



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE  
LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN EN UN CENTRO DE  
DATOS**

**Línea de investigación:**

**Sistemas Eléctricos y Electrónicos**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

**Autor:**

Quispe Machaca, Luis Fernando

**Asesor:**

Madrid Cisneros, Juan Francisco

ORCID: 0000-0001-5128-0901

**Jurado:**

Flores Masias, Edward José

Rosales Fernández, José Hilarión

Peña Carrillo, César Serapio

**Lima - Perú**

**2024**



# PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN EN UN CENTRO DE DATOS

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

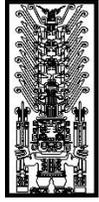
PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://repositorio.untels.edu.pe">repositorio.untels.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	<a href="https://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.przetargi.info">www.przetargi.info</a> Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE  
LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN EN UN CENTRO DE DATOS

**Línea de investigación:**

Sistemas Eléctricos y Electrónicos

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico

**Autor:**

Quispe Machaca, Luis Fernando

**Asesor:**

Madrid Cisneros, Juan Francisco

ORCID: 0000-0001-5128-0901

**Jurado:**

Flores Masias, Edward José

Rosales Fernández, José Hilarión

Peña Carrillo, César Serapio

**Lima – Perú**

2024

**Dedicatoria**

A mis maravillosos padres Rolando y Norma,  
quienes me formaron como persona y son mi  
más grande apoyo en la vida.

### **Agradecimiento**

Agradecerle a Dios quien me permite salir adelante siempre, y a mis padres por el enorme esfuerzo que realizaron en mi crecimiento profesional.

## Índice

Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Descripción y formulación del problema.....	13
1.1.1 Formulación del problema.....	15
1.2 Antecedentes.....	16
1.2.1 Antecedentes internacionales.....	16
1.2.2 Antecedentes nacionales.....	18
1.3 Objetivos.....	22
1.3.1 Objetivo general.....	22
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
1.4 Justificación.....	22
1.4.1 Justificación práctica.....	22
1.4.2 Justificación económica.....	23
1.4.3 Justificación tecnológica.....	23
1.5 Hipótesis.....	23
1.5.1 Hipótesis general.....	23
1.5.2 Hipótesis específicas.....	23
II. MARCO TEÓRICO.....	25
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	25
2.1.1 Mantenimiento.....	25
2.1.2 Plan de mantenimiento preventivo.....	26

2.1.3	Clasificación de los mantenimientos según tipos de industrias .....	26
2.1.4	Mantenimiento preventivo .....	27
2.1.5	Mantenimiento correctivo .....	29
2.1.6	Mantenimiento predictivo .....	31
2.1.7	Modelos de mantenimientos .....	32
2.1.8	Mantenimiento productivo total TPM .....	33
2.1.9	Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.....	33
2.1.10	Planificación del mantenimiento.....	34
2.1.11	Pasos para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo .....	35
2.1.12	Programación del mantenimiento .....	36
2.1.13	Determinación de fallas .....	37
2.1.14	Indicadores de mantenimiento .....	38
2.1.15	Equipos de aire acondicionado de precisión.....	40
2.1.16	Centros de datos .....	40
III.	MÉTODO .....	42
3.1	Tipo de investigación .....	42
3.1.1	Diseño de la investigación .....	42
3.2	Ámbito temporal y espacial.....	43
3.2.1	Ámbito temporal .....	43
3.2.2	Ámbito espacial .....	43
3.3	Variables.....	43
3.3.1	Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo .....	43
3.3.2	Variable dependiente: Disponibilidad.....	43

3.4	Población y muestra .....	43
3.4.1	Población.....	43
3.4.2	Muestra .....	44
3.5	Instrumentos.....	45
3.5.1	Técnicas .....	45
3.5.2	Instrumentos.....	45
3.6	Procedimientos .....	45
3.7	Análisis de datos.....	46
3.7.1	Análisis descriptivo.....	46
3.7.2	Análisis Inferencial .....	47
IV.	RESULTADOS .....	48
4.1	Estadística descriptiva .....	48
4.1.1	Cantidad de fallas de equipos .....	48
4.1.2	Tiempo medio entre fallas MTBF de equipos .....	49
4.1.3	Tiempo medio para reparación MTTR de equipos .....	51
4.1.4	Disponibilidad de equipos.....	52
4.2	Estadística inferencial .....	54
4.2.1	Hipótesis específica 1 .....	54
4.2.2	Hipótesis específica 2 .....	56
4.2.3	Hipótesis específica 3 .....	58
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	61
VI.	CONCLUSIONES .....	63
VII.	RECOMENDACIONES .....	64

VIII. REFERENCIAS .....	66
IX. ANEXOS .....	72

**Índice de tablas**

Tabla 1 Lista de equipos de aire acondicionado de precisión.....	44
Tabla 2 Estadística descriptiva de cantidad de fallas totales de los equipos .....	48
Tabla 3 Estadística descriptiva de MTBF promedio de los equipos.....	49
Tabla 4 Estadística descriptiva de MTTR promedio de los equipos .....	51
Tabla 5 Estadística descriptiva de disponibilidad promedio de los equipos.....	52
Tabla 6 Prueba de normalidad .....	54
Tabla 7 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	55
Tabla 8 Estadísticos de prueba.....	55
Tabla 9 Prueba de normalidad .....	56
Tabla 10 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	57
Tabla 11 Estadísticos de prueba.....	57
Tabla 12 Prueba de normalidad .....	58
Tabla 13 Prueba de rangos con signo de Wilcoxon.....	59
Tabla 14 Estadísticos de prueba.....	60

## Índice de figuras

Figura 1 Equipamiento TI de Sala CPD0, Centro de datos de Lince .....	15
Figura 2 Personal de mantenimiento.....	25
Figura 3 Mantenimiento preventivo en equipo de aire acondicionado de precisión .....	28
Figura 4 Equipo de aire acondicionado de precisión .....	40
Figura 5 Centro de datos .....	41
Figura 6 Comparación de cantidad de fallas semanales de los equipos .....	48
Figura 7 Comparación de cantidad de fallas totales de los equipos .....	49
Figura 8 Comparación de MTBF semanal de los equipos .....	50
Figura 9 Comparación de MTBF promedio de los equipos.....	50
Figura 10 Comparación de MTTR semanal de los equipos.....	51
Figura 11 Comparación de MTTR promedio de los equipos .....	52
Figura 12 Comparación de disponibilidad semanal de los equipos .....	53
Figura 13 Comparación de disponibilidad promedio de los equipos.....	53

## Resumen

La presente investigación muestra los problemas de operación de los equipos de aire acondicionado de precisión durante el año 2020, de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince, los tiempos en los cuales los equipos estaban inoperativos era algo que generaba preocupación a la empresa propietaria del centro de datos, por lo que tomaron la decisión de contar con la colaboración de una nueva empresa de servicios tercerizados que pueda mejorar esta situación. Esta investigación tiene como objetivo principal implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince. Tiene un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental, se tomó como muestra la cantidad de fallas de 11 equipos de aire acondicionado de precisión registrados durante 27 semanas. Los resultados obtenidos de disponibilidad promedio, cantidad de fallas, tiempo medio entre fallas MTBF promedio y tiempo medio para reparación MTTR promedio de las 27 semanas antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo fueron de 96.58%, 33 fallas, 1507.11 hrs y 44.30 hrs respectivamente, y luego con la implementación del plan de mantenimiento preventivo los resultados fueron de 98.88%, 20 fallas, 1727.48 hrs y 17.85 hrs respectivamente, por lo que se concluye que la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión tuvo un aumento debido a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

**Palabras clave:** disponibilidad, mantenimiento preventivo, centro de datos.

## Abstract

The present investigation shows the operation problems of precision air conditioning equipment during the year 2020, of a company that provides data center services in the district of Lince, the times in which the equipment was inoperative was something that generated concern to the company that owns the data center, so they made the decision to have the collaboration of a new outsourced services company that can improve this situation. The main objective of this research is to implement a preventive maintenance plan to improve the availability of precision air conditioning equipment of a company that provides data center services in the Lince district. It has a quantitative approach, applied type, explanatory level and experimental design, the number of failures of 11 precision air conditioning equipment recorded during 27 weeks was taken as a sample. The results obtained for average availability, number of failures, average time between failures, average MTBF and average time to repair MTTR for the 27 weeks before the implementation of the preventive maintenance plan were 96.58%, 33 failures, 1507.11 hrs and 44.30 hrs. respectively, and then with the implementation of the preventive maintenance plan the results were 98.88%, 20 failures, 1727.48 hrs and 17.85 hrs respectively, so it is concluded that the availability of precision air conditioning equipment had an increase due to the implementation of the preventive maintenance plan.

**Keywords:** availability, preventive maintenance, data center.

## I. INTRODUCCIÓN

Los centros de datos cumplen un rol importante, ya que permiten que se logren servicios online, el manejo de datos digitales que facilitan la vida cotidiana y el desarrollo de la conectividad. Para esto se necesita que los equipos de infraestructura TI (tecnología de la información) que se encuentran en los centros de datos puedan trabajar sin problemas, un punto importante es la correcta climatización de estos y se logra con los equipos de aire acondicionado de precisión, mantener su correcta operación es primordial. Es por ello que la presente tesis muestra la mejora de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

El Capítulo I, se formula la problemática del estudio, se presentan los antecedentes, se muestran los objetivos, justificación e hipótesis a manejar. El Capítulo II, se refiere al marco teórico y conceptos que apoyarán a nuestra investigación, las cuales tendrán relación con nuestras variables independiente y dependiente. El Capítulo III, se enfoca en el método de la investigación, tipo, nivel y diseño utilizado, describiremos el ámbito temporal y espacial del estudio, se identificará la variable independiente y dependiente, finalmente se hará descripción de la población, muestra, técnicas, instrumentos y procedimientos de la investigación. El Capítulo IV, mostrará los resultados de la presente tesis, mediante un análisis descriptivo e inferencial. El Capítulo V, se muestra la discusión de resultados, los cuales serán relacionados y comparados con estudios anteriores. El Capítulo VI, se definen las conclusiones de la investigación. El Capítulo VII, se harán recomendaciones para mantener y mejorar los resultados obtenidos en la investigación. El Capítulo VIII, se muestran las referencias de donde se obtuvieron los antecedentes y bases teóricas de la investigación. El Capítulo IX, tendremos los anexos.

## **1.1 Descripción y formulación del problema**

La empresa del estudio es un proveedor de centros de información que se encarga de dar servicios de centro de datos, se encuentra ubicado en el distrito de Lince, Lima, brinda servicios de alquiler de espacios con recursos necesarios para la operación de equipos de infraestructura TI con funciones de almacenamiento, procesamiento y distribución de datos. Igualmente se brinda servicios de alquiler de equipos de infraestructura TI para funciones específicas.

Estos equipos de infraestructura TI como servidores, switches, routers y otros, desempeñan una operación crítica, ya que su paralización puede generar graves consecuencias para los propietarios y clientes de los equipos TI. Estos equipos están diseñados para trabajar las 24 horas del día bajo ciertas condiciones establecidas, una de estas condiciones es trabajar con un suministro ininterrumpido de energía eléctrica, para lo cual la empresa cuenta con equipos UPS sistemas de alimentación ininterrumpida en sus instalaciones, capaces de mantener un constante suministro de energía eléctrica y sin fluctuaciones de voltaje. Otra condición para la correcta operación de estos equipos de infraestructura TI es mantener un ambiente con temperatura y humedad controlada, ya que durante su funcionamiento disipan calor que puede terminar dañando el hardware interno y reducir su vida útil, es por ello que la empresa dispone de equipos de aire acondicionado de precisión en las distintas salas del centro de datos capaces de satisfacer esta necesidad.

Durante el año 2020 se presentaron numerosas interrupciones en la operación de los equipos de aire acondicionado de precisión que se encuentran ubicados en 4 salas de la empresa que brinda servicio de centro de datos, sufren fallas imprevistas, lo cual puede perjudicar los servicios que se ofrecen para los equipos de infraestructuras TI. La empresa propietaria del centro de datos contaba con la colaboración de una empresa de servicios tercerizados encargada de la gestión de sus instalaciones, pese a esto el buen manejo de la disponibilidad en los equipos de aire

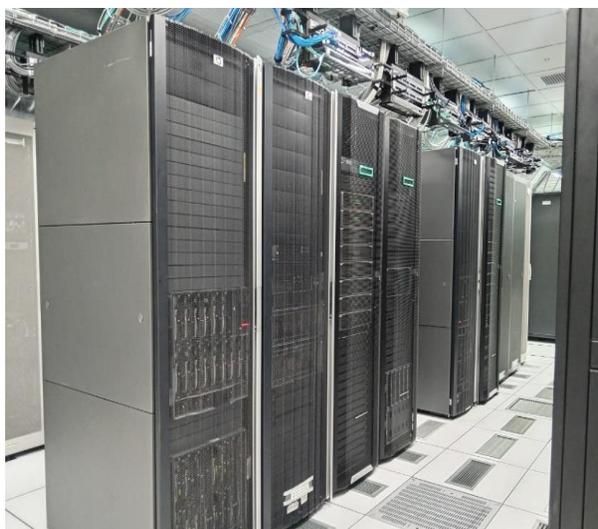
acondicionado de precisión era algo que no se podía lograr con éxito, aquella gestión se desarrollaba principalmente de forma manual, a través de anotaciones de las paradas ocurridas en los equipos y las soluciones correctivas realizadas, no se manejaban cronogramas de actividades programadas, no se realizaban tareas de mantenimientos preventivos y principalmente no se registraban indicadores que midan la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión.

A partir de enero del año 2021 la empresa propietaria del centro de datos contó con la colaboración de una nueva empresa de servicios tercerizados que se encargue de la gestión de sus instalaciones, donde uno de los principales objetivos es llevar un buen manejo de la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión. Esta nueva gestión se desarrolló mediante la planificación y programación de cronogramas, elaboración de tablas de registros, procedimientos de actividades, entre ellas las actividades de mantenimiento preventivo que darán inicio con la tarea de reducir la probabilidad de que se presenten fallas en los equipos.

Es por ello que la presente tesis muestra la manera de cómo reducir las interrupciones en la operación de los equipos de aire acondicionado de precisión, esto mediante revisiones frecuentes, registros de parámetros y procedimientos preventivos, esto forma parte de un plan cuyo propósito es mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión.

## Figura 1

*Equipamiento TI de Sala CPD0, Centro de datos de Lince*



*Nota.* Elaboración propia

### **1.1.1 Formulación del problema**

**1.1.1.1 Problema general.** ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?

**1.1.1.2 Problemas específicos.** PE1: ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá reducir la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?

PE2: ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá mejorar el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?

PE3: ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá mejorar el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?

## **1.2 Antecedentes**

### ***1.2.1 Antecedentes internacionales***

Ruiz et al. (2019) presentaron la tesis “Propuesta para incrementar la disponibilidad del equipo codificador domino C16 de la línea de producción "Paleta 2" de la empresa Meals de Colombia S.A.S.”, tesis presentada en la Universidad ECCI de Colombia, donde trata sobre la creación de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad del codificador domino C16. La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento que se aplique a los equipos codificadores domino C16, no se manejan históricos y tampoco una trazabilidad de las actividades de mantenimiento, las actividades realizadas son únicamente correctivos lo que toma mucho tiempo, generando sobrecostos y pérdidas económicas a la empresa. La falta de una gestión de mantenimiento genera valores bajos en los indicadores de disponibilidad, confiabilidad y reduce la vida útil del equipo codificador. El tipo de investigación es descriptiva experimental. Los resultados que se hallarán luego de la aplicación del plan de mantenimiento serán la reducción del número de paradas del equipo hasta un 50% y con ello mejorar el indicador de disponibilidad y confiabilidad. Se concluye que con la implementación del plan de mantenimiento el porcentaje de paradas del equipo se verá disminuido, se identificarán las causas que generan la baja disponibilidad y se permitirá conocer cuanta pérdida económica se presentó por la inactividad del equipo. De este antecedente se considera la importancia del manejo de un registro de fallas que nos permita conocer que equipo presenta más irregularidades en su operación.

Díaz (2019) autor de la tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento para la disponibilidad del core sampler en un ingenio azucarero, utilizando el diagrama de Ishikawa para elevar la confiabilidad del sistema de muestreo.”, tesis presentada en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se elabora una propuesta de un plan de mantenimiento y con esto aumentar la

disponibilidad del core sampler, el core sampler se utiliza en la industria azucarera con la cual se extraen muestras de caña para analizarlas. Mediante la información obtenida al aplicar el diagrama de Ishikawa en la azucarera nos damos cuenta de que no existe un plan de mantenimiento para la maquinaria, el personal operativo carece de capacitaciones y no se les brinda entrenamientos para actividades de mantenimiento. También se encontraron los componentes que generan mayor tiempo de inactividad al core sampler cuando estos sufren averías. Los resultados que se hallaron servirán para elaborar las acciones y actividades que se desarrollarán en el mantenimiento del core sampler, se definirán puntos como son; las fechas en las que se realizarán los mantenimientos, el personal a cargo del mantenimiento, y el formato de observaciones encontradas. Se concluye que al utilizar el plan de mantenimiento para el core sampler, este mejorará su disponibilidad e incrementará su vida útil. De este antecedente se consideró la utilización de la herramienta del diagrama de Ishikawa para identificar las posibles causas que estén generando el problema y con ello poder implementar la solución.

Delgado (2019) presentó la tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento en función a la disponibilidad de los grupos de bombeo de la Empresa Interagua C.Ltda.”, presentada en la Universidad de Guayaquil. Se propone un plan de mantenimiento hacia los grupos de bombeo y con ello aumentar su disponibilidad. Los equipos utilizados en la captación y bombeo de agua potable presentan paradas inesperadas correspondientes a fallas mecánicas y eléctricas, lo cual genera una reducción de la confiabilidad de los equipos de captación y bombeo, todo esto se contabiliza en un total de 573 horas anuales sin producción para la empresa. El tipo de investigación es descriptivo y no experimental. Los resultados al aplicar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad mejorarán los indicadores de disponibilidad y confiabilidad a un 99.81% y 99.80% respectivamente y se podrá recuperar 373 horas anuales de producción, con lo

que se concluye que al aplicar un plan de mantenimiento con metodología centrada a la confiabilidad RCM a los equipos de captación y bombeo se podrá incrementar la productividad de la empresa. De este antecedente se obtuvo del indicador de disponibilidad con relación a las horas planificadas y las horas reales de operación de un equipo.

Negrette et al. (2019) elaboraron el trabajo denominado “Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la empresa Vitelsa Mosquera S.A., mediante el método de los 19 pasos de mantenimiento preventivo.”, tesis presentada en la Universidad ECCI de Colombia. Esta investigación tiene como objetivo la mejora del plan de mantenimiento de la empresa, al aplicar el método de los 19 pasos de mantenimiento preventivo, la razón por la que se decidió trabajar en esto es que la empresa productora de vidrios presentaba constantes fallas y averías en sus maquinarias, lo que afectaba a la producción y generaba una mala percepción a sus clientes. El trabajo se enfoca principalmente en el taladro Skill Drill el cual presentaba una baja disponibilidad y confiabilidad, todo ello fue lo que incitó la propuesta de la mejora del plan de mantenimiento y con esto mejorar los indicadores ya mencionados anteriormente. Los resultados hallados luego de la propuesta mejorarán significativamente lo obtenido en el área de producción de la empresa productora de vidrio, y mejorarán los indicadores de disponibilidad y confiabilidad, por lo que se concluye que el método de los 19 pasos de mantenimiento preventivo servirá de manera positiva a la gestión de mantenimiento de la empresa. De este antecedente se obtuvo la variable plan de mantenimiento y sus procedimientos.

### ***1.2.2 Antecedentes nacionales***

Reynoso (2021) autor de la tesis “Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la Empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán – Pasco - 2019”, presentada en la Universidad

Continental en Huancayo, desea encontrar como la implementación de un plan de mantenimiento preventivo influye en la disponibilidad de los equipos que alquila la empresa, estos se dividen en equipos de línea blanca y línea amarilla que realizan trabajos de perforación, carga y transporte para la minera Nexa Resources. Las averías y fallas imprevistas que sufren estos equipos solo eran atendidas mediante mantenimientos correctivos o actividades esporádica que ayudan a la operatividad de los equipos, no se cuenta con una gestión de mantenimiento preventivo para minimizar la probabilidad de ocurrencia de fallas, por lo que se propone y ejecuta la implementación de un plan de mantenimiento preventivo. El estudio tiene un método cuantitativo con investigación aplicada y experimental. Los resultados obtenidos de disponibilidad promedio de los equipos de línea blanca y amarilla antes de la implementación del plan de mantenimiento son del 77% y 88% respectivamente, lo que generaba perdidas para la empresa propietaria de los equipos. Luego de la implementación del plan de mantenimiento se obtuvieron valores de disponibilidad promedio del 94% y 95% respectivamente para la línea blanca y amarilla, por lo que se concluye que, con una gestión de plan de mantenimiento preventivo en los equipos, los niveles de disponibilidad aumentan considerablemente. De este antecedente se consideró la relación que tienen la variable independiente y dependiente como son el plan de mantenimiento preventivo y disponibilidad.

Chavez y Robles (2021) autores de la tesis “Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos hidráulicos en la flota de una empresa pesquera, Lima 2021”, presentada en la Universidad Nacional del Callao. Trata sobre la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo con lo cual se mejorará la disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparación en los equipos pesqueros. En esta empresa se realizan actividades de extracción de peces mediante equipos hidráulicos especializados, que de sufrir averías o paradas

no programadas generarán pérdidas económicas. Las únicas tareas realizadas por la empresa pesquera eran del tipo correctivo solo cuando sus equipos presentaban fallas, esto generaba un costo elevado por reparación, por lo que se aplicará un plan de mantenimiento preventivo para reducir los problemas mencionados. Esta investigación presenta un enfoque cuantitativo tipo aplicada pre-experimental transversal. Los resultados de disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparación antes de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo fueron de 86.61%, 216.64hrs, 27.88hrs respectivamente, con lo cual se inicia la ejecución del plan de mantenimiento preventivo y así se logró obtener valores de 93.81%, 414.23hrs, 24.77hrs de disponibilidad, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparación respectivamente. Se concluye que el valor de disponibilidad aumento en 7.2% con lo que se logra su mejora, el valor de tiempo medio entre fallas aumentó en 197.59hrs con lo que se logra su mejora y el tiempo medio para reparación disminuyó en 3.11hrs con lo que también se logra su mejora. De este antecedente se consideró las dimensiones del indicador de disponibilidad, como son la cantidad de fallas, tiempo medio entre fallas y tiempo medio para reparación.

Revolledo (2021) autor de la tesis “Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Agrícola, en la Empresa Agronegocios Arteaga S.A.C, JAÉN. 2021”, presentada en la Universidad Nacional de Jaén. Se muestra la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y con ello aumentar la disponibilidad y confiabilidad de las maquinarias agrícolas en la empresa, dentro de la flota que maquinarias se cuentan con un tractor Ferguson 4290, un tractor Holland TB110 y una cosechadora Zukai 4LZ-350. La decisión por la cual se propuso elaborar un plan de mantenimiento preventivo fue debido a que las principales actividades realizadas eran de tipo mantenimiento correctivo, esto significaba que únicamente se intervenían a las maquinarias cuando estas sufrían alguna avería y dejaban de funcionar. Mediante visitas a campo y encuestas se pudo determinar

que los valores de disponibilidad y confiabilidad son de 80% y 85% para el tractor Ferguson 4290, 82% y 86% para el tractor Holland TB110, finalmente 85% y 90% para la cosechadora Zukai 4LZ-350. La investigación es aplicada, descriptiva y no experimental. Los resultados que se hallarán luego de aplicar el plan de mantenimiento preventivo elaborado para cada maquinaria serán valores superiores a los mostrados anteriormente, con lo que se concluye que los indicadores de mantenimiento preventivo como la disponibilidad y confiabilidad aumentarán. De este antecedente se consideró la dimensión del indicador disponibilidad

Campos y Ruíz (2021) presentaron la tesis nombrada “Mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los camiones mineros de una empresa minera ubicada en la región Ancash”, presentada en la Universidad Privada del Norte en Cajamarca, donde trata sobre el incremento de la disponibilidad de los camiones mineros, al mejorar el plan de mantenimiento preventivo que se manejaba en ellos, esto debido a las constantes fallas y averías principalmente en los sistemas de motor, sistemas hidráulicos, tren de potencia y chasis Aframe, con lo cual el indicador de disponibilidad mostraba un 88% en su valor y generaba pérdidas a la empresa. La mejora del plan de mantenimiento preventivo hacia los camiones mineros estará basada en recomendaciones del fabricante, especialistas en maquinarias mineras de la misma marca y antecedentes de otros centros mineros. La investigación es aplicada, explicativa, cuasi experimental y cuantitativa. Los resultados luego de la mejora del plan de mantenimiento preventivo nos muestran un valor de disponibilidad de 97.09% en los camiones mineros, así como la mejora de otros indicadores de mantenimiento, con lo que se concluye que, al mejorar el plan de mantenimiento preventivo de los camiones mineros, esto incrementa satisfactoriamente en la disponibilidad favoreciendo a la empresa. De este antecedente se consideró como la variable

dependiente disponibilidad se ve condicionada por la variable independiente plan de mantenimiento preventivo.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

OE1: Implementar un plan de mantenimiento preventivo para reducir la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

OE2: Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

OE3: Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

### **1.4 Justificación**

#### ***1.4.1 Justificación práctica***

La presente tesis mejoró la disponibilidad, que es el tiempo de operación de los equipos de aire acondicionado de precisión, al implementar un plan de mantenimiento preventivo que se desarrolló mediante la planificación y programación de las actividades, procedimientos, cronogramas mediante diagramas Gantt, diagramas causa y efecto de la problemática, así como

registros de incidencias de los equipos y que servirá para determinar nuevos valores de disponibilidad gracias a datos obtenidos como el tiempo de inoperatividad, cantidad de fallas presentes, tiempo en el cual se puede presentar una falla y tiempo de reparación de una falla.

#### **1.4.2 *Justificación económica***

Se redujo los gastos en reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión, ya que con el plan de mantenimiento preventivo se disminuyó la presencia de fallas, también se redujo el riesgo de afectación en el funcionamiento de los equipos de infraestructura TI, lo que permitió evitar pérdidas económicas.

#### **1.4.3 *Justificación tecnológica***

La importancia que tienen los centros de datos para dar soporte a los servicios online y continuar con el desarrollo de tecnologías de conectividad, procesamiento y distribución de datos debe ser manejada con cuidado, parte fundamental de la operación de un centro de datos se da gracias a la climatización de los equipos de infraestructura TI y ello se logra con los equipos de aire acondicionado de precisión por lo que mantenerlos siempre disponibles es imprescindible.

### **1.5 Hipótesis**

#### **1.5.1 *Hipótesis general***

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

#### **1.5.2 *Hipótesis específicas***

HE1: La implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

HE2: La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

HE3: La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1 *Mantenimiento*

Grupo de tareas a desarrollar con el fin de garantizar la disponibilidad de los activos para mantener las operaciones deseadas, todo esto va de la mano con una buena gestión para un mayor beneficio (Salazar, 2019).

Mantenimiento es el conjunto de actividades que serán realizadas a equipos o instalaciones que cumplen un proceso de producción, con el objetivo de mantener las condiciones de funcionamiento requerido. Estas actividades de mantenimiento necesitan de conocimientos teóricos y prácticos por parte del equipo de mantenimiento y en muchas ocasiones colaboraciones con las distintas áreas. (Pérez, 2021).

#### **Figura 2**

*Personal de mantenimiento*



*Nota.* <https://www.tallerspacs.com/es/que-es-el-mantenimiento-industrial-correctivo/>

### ***2.1.2 Plan de mantenimiento preventivo***

Se sabe que no existe la posibilidad de eliminar completamente la presencia de fallas en los equipos, pero si se puede disminuir la probabilidad de que ocurran. El plan de mantenimiento preventivo es la gestión y agrupación de intervenciones preventivas que nos permitirán alcanzar grandes resultados como son la mejora de disponibilidad de nuestros activos, reducción de costos innecesarios en mantenimientos no programados, alargar la vida operacional de los equipos, y generará un mejor beneficio a la empresa (Eurofins, 2021).

### ***2.1.3 Clasificación de los mantenimientos según tipos de industrias***

**2.1.3.1 Mantenimiento de emergencia.** Serán ejecutados cuando se presente de manera inesperada una falla o avería en los equipos que estén relacionados con actividades críticas de producción, lo cual puede convertirse en problemas mayores de no encontrarse la solución en el debido momento (Hammad, 2020).

**2.1.3.2 Mantenimiento periódico.** Se considerarán los periodos de tiempo de funcionamiento de los activos de la empresa, y dependerá de ello el realizar actividades de inspección o mantenimiento (Pérez, 2021).

**2.1.3.3 Mantenimiento sintomático.** Este tipo de mantenimiento se da debido a los síntomas que puedan presentar nuestras máquinas, ya sean del tipo visual, sonoro, monitoreado y con ello prevenir problemas mayores que afecten su operación (Llanos, 2019).

**2.1.3.4 Mantenimiento continuo.** Estas se darán de manera permanente y constante a los equipos y máquinas que presenten o no fallas en sus componentes y funcionamiento (Pérez, 2021).

**2.1.3.5 Mantenimiento por over haul.** También conocido como el mantenimiento cero horas, ya que con las intervenciones que se le dará a la máquina se espera recuperar su estado de operación inicial, esto gracias al cambio de componentes desgastados por el pasar de los años y recomendaciones de especialistas en mantenimiento (**Amendola, 2018**).

#### **2.1.4 *Mantenimiento preventivo***

El mantenimiento preventivo es el conjunto de labores a ejecutar en plazos determinados de tiempos programados a los activos de una organización y garantizar que estos puedan continuar con la operación. El mantenimiento preventivo minimizará la probabilidad de presencia de paradas no deseadas y estará compuesto por distintas técnicas, recomendaciones de personal conocedores del tema, mejoras continuas en nuestras instalaciones, cambio de repuestos y evaluaciones de funcionamiento. La complejidad del mantenimiento preventivo va de la mano con la criticidad del equipo en la empresa, así como también necesitamos saber cuántos años viene operando, todo con el fin de elaborar un buen plan de mantenimiento preventivo que nos permita lograr nuestros principales objetivos (Pérez, 2021).

Dentro de las organizaciones que trabajan con máquinas de producción es importante la existencia de una gestión de mantenimiento que desarrolle actividades, inspecciones y modificaciones, lo que permitirá mantener la línea de producción sin paradas ni interrupciones. El mantenimiento preventivo nos permitirá mejorar la disponibilidad y confiabilidad de nuestros procesos, cuidar el estado de nuestros activos y finalmente mejorar el control de nuestros gastos en actividades no programadas (INFRASPEAK, 2022).

**Figura 3**

*Mantenimiento preventivo en equipo de aire acondicionado de precisión*



*Nota.* Elaboración propia

**2.1.4.1 Objetivos principales del mantenimiento preventivo.** Pérez (2021) menciona los objetivos con más relevancia:

- Garantizar y mejorar la disponibilidad de los equipos o sistemas de producción.
- Alargar la vida útil de los equipos o sistemas.
- Minimizar la probabilidad de presencia de fallas en equipos o sistemas de producción.

**2.1.4.2 Ventajas y desventajas del mantenimiento preventivo.** Pérez (2021) menciona ventajas y desventajas asociadas al mantenimiento preventivo:

**Ventajas**

- Minimizar la cantidad de intervenciones correctivas.
- Minimizar los sobrecostos en actividades de mantenimiento correctivo.
- Un mejor control de materiales y repuestos a utilizar en las intervenciones.

- Disminuye las horas extras en actividades correctivas y con esto los sobrepagos al personal.
- Reducción de costos en materiales, repuestos y refacciones.
- Menos pérdidas en las líneas de producción y permite mejorar la calidad.
- Mayor seguridad para el personal que trabaja directamente con los equipos y maquinarias.
- Mejorar los valores de los indicadores de gestión de mantenimiento y producción.

### **Desventajas**

- Incremento de costos al iniciar el programa de mantenimiento preventivo.
- Incremento en las horas del personal para la organización y planificación del programa de mantenimiento cuando este inicia por primera vez en la empresa.
- Tiempo en elaboración y búsqueda de manuales, procedimientos e inventarios de repuestos asociados al programa de mantenimiento.
- Tiempo en capacitaciones y entrenamientos para personal técnico que no cuenten con conocimientos de mantenimiento preventivo.

#### **2.1.5 *Mantenimiento correctivo***

El mantenimiento correctivo se hará presente cuando se requiera la reparación de un sistema que afecte la operación de una empresa, el mantenimiento correctivo puede estar compuesto por reemplazos, correcciones, ajustes entre otras actividades necesarias que permitan devolver la operatividad (Arribas, 2019).

En este tipo de mantenimiento podemos mencionar que las actividades deben realizarse de manera inmediata ya que se perdería mucho si nuestras máquinas no están en operación, pero también existen los mantenimientos correctivos programados, estos necesitan ser evaluados según

la criticidad y servicios que ofrecen los equipos, cabe añadir que los de este tipo podrían no afectar altamente en la operación por lo que se decide realizar una programación para efectuarla (Pérez, 2021).

**2.1.5.1 Objetivo principal del mantenimiento correctivo.** Pérez (2021) menciona el objetivo principal:

- Recuperar el estado de operación de un sistema y minimizar las pérdidas.

**2.1.5.2 Ventajas y desventajas del mantenimiento correctivo.** Pérez (2021) menciona ventajas y desventajas asociadas al mantenimiento correctivo:

#### **Ventajas**

- Gracias a las intervenciones realizadas, permiten alargar la vida útil de los equipos.
- Como no se sabe el momento en el que se presenta, este no genera gastos fijos.
- En muchos casos no necesita una planificación y programación.
- Únicamente se invierte dinero cuando hay que reparar algo.
- Si se atiende en el menor tiempo los resultados son mejores.

#### **Desventajas**

- No nos podemos anticipar a la presencia de fallas.
- La falla que no se atiende a tiempo puede ocasionar problemas mayores.
- No se puede manejar un buen control de repuestos en stock.
- La producción se puede ver afectada.
- La vida útil del equipo puede verse afectada drásticamente.
- Aumenta la intervención de personal en los trabajos no programados y genera

riesgos de seguridad.

### **2.1.6 Mantenimiento predictivo**

Se considera al mantenimiento predictivo como el mantenimiento en el que se puede conocer el estado de un equipo mediante pruebas y mediciones de parámetros físicos relacionados a su funcionamiento y operación. Gracias a esto es posible interpretar en qué momento podría verse afectado algún componente del equipo y disminuir considerablemente el tiempo en que el equipo pueda estar inhabilitado. El mantenimiento predictivo tiene la ventaja ante los otros tipos de mantenimiento ya que este no implica desmontajes complejos y en casos no es necesario realizar las pruebas con los equipos apagados. Gracias a que se puede conocer el punto en el que puede fallar algún componente o parte del equipo es que se realiza la programación anticipada del correctivo, y a su vez evita manejar un alto número de repuestos en stock que no se están utilizando. Las aplicaciones más usadas son la termografía, análisis vibracional, análisis de estado de aceite, ultrasonidos entre otros (Pérez, 2021).

**2.1.6.1 Objetivo principal del mantenimiento predictivo.** Pérez (2021) menciona el objetivo principal:

- Aumentar la disponibilidad y vida útil de los equipos mediante pruebas y análisis que anticipen la presencia de fallas a tal manera de ser predecible.

**2.1.6.2 Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo.** Pérez (2021) menciona ventajas y desventajas asociadas al mantenimiento predictivo:

#### **Ventajas**

- Nos permite programar alguna intervención con tiempo y minimizar el tiempo de paradas.
- Nos permite manejar un stock de repuestos necesarios para actividades programadas.

- Se puede lograr un mejor control de gastos invertidos en mantenimientos correctivos.

- Mantener un correcto ciclo de vida útil de los equipos.

### **Desventajas**

- Es necesario invertir en la adquisición de equipos que permitan monitorear los parámetros de funcionamiento.

- No es recomendable en equipos no complejos ni críticos.

### **2.1.7 Modelos de mantenimientos**

**2.1.7.1 Modelo Correctivo.** Este modelo será aplicable en instalaciones donde en caso se presente alguna avería en la máquina no se tendrán consecuencias graves o relevantes para el propietario, (INFRASPEAK, 2022).

Este modelo de mantenimiento normalmente consta de actividades básicas como la inspección visual y lubricación, se realiza a equipos que no cumplan una función crítica, es decir que cuando el equipo sufra alguna avería o parada, esta no afectará significativamente a la producción (Tictap, 2021).

**2.1.7.2 Modelo condicional.** La inspección visual y lubricación cuentan como actividades para este modelo de mantenimiento, también se deben realizar unas pruebas simples de verificación de estado en los equipos para saber si presentan observaciones en su funcionamiento, y de esto dependerá la ejecución de alguna intervención posteriormente. Este modelo de mantenimiento se aplica a equipos que no tiene muchas horas de uso al día o equipos que tienen baja probabilidad de fallas (Tictap, 2021).

**2.1.7.3 Modelo sistemático.** Este modelo de mantenimiento se aplica a equipos que cumplan funciones críticas medias, se realizarán pruebas y mediciones para conocer el estado actual del equipo, y dependerá de ello si se requieren algunas otras revisiones más complejas, si se presenta alguna avería esta se tiene que solucionar, ya que podría generar inconvenientes en la producción (**Tictap, 2021**).

### **2.1.8 *Mantenimiento productivo total TPM***

Es una metodología de mantenimiento que tiene como objetivo mejorar la productividad de una empresa, esto mediante el correcto funcionamiento de los equipos y máquinas en las líneas de producción. El mantenimiento productivo total busca incorporar la participación de todo aquel personal que tenga relación con los equipos y máquinas, podemos incluir a los operarios de producción ya que ellos los manipulan y conocen su funcionamiento. Lo que el mantenimiento productivo total logra es que los operarios puedan realizar tareas de mantenimiento básico como inspección visual, limpieza exterior, engrases, ajustes menores, registro de parámetros de funcionamiento, si a esto le sumamos las actividades de mantenimiento preventivo realizado por el personal técnico se puede reducir aún más la probabilidad de que ocurran paradas no programadas en las líneas de producción, con el mantenimiento productivo total se quiere eliminar toda avería en equipos, eliminar gastos innecesarios de mantenimientos, eliminar riesgos para el personal técnico y lograr una mejor eficiencia de los activos de producción. (Salazar, 2019).

### **2.1.9 *Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM***

El mantenimiento centrado en la confiabilidad se enfoca en la búsqueda de las posibles causas de problemas que afectan a un equipo o sistema para así elaborar un procedimiento que ayude a maximizar su capacidad y aumentar la confiabilidad de su operación. Esta metodología

buscará la mejor opción a desarrollar entre mantenimiento correctivo, preventivo, predictivo y proactivo, esto nos permite ser más selectivo con el cuidado de nuestros equipos (Trujillo, 2020).

### ***2.1.10 Planificación del mantenimiento***

Planificación es tener en claro lo que se va a hacer, como se va a hacer y lo que se quiere lograr, el proceso de planificación abarca todo lo relacionado con las actividades y medidas que se ejecutarán hasta llegar al objetivo trazado. La planificación en mantenimiento es un proceso que se realizará con la finalidad principal de cumplir con el mantenimiento y esto dará como resultado el aumento de vida útil de los equipos y máquinas, así como la reducción de la probabilidad de presencia de fallas (Pérez, 2021).

Pérez (2021) menciona algunas características de la planificación del mantenimiento:

- El buen resultado de la planificación del mantenimiento en parte es gracias a la coordinación y colaboración con otras áreas de la organización.
- Minimizará tiempos perdidos por el personal técnico de mantenimiento.
- Elaboración de formatos de ordenes de trabajo
- Permitirá actualizar información acerca de los equipos.
- Se utilizarán correctamente los recursos que se tienen en el área de mantenimiento.

Pérez (2021) menciona algunos puntos para lograr una planificación efectiva:

- Conocer las necesidades que presentan los equipos.
- Conocer las causas de las averías o fallas en los equipos.
- Elaborar un listado de actividades que servirán como soluciones.
- Programar las actividades que se definieron en el proceso de planificación.
- Control y evaluación de la programación.

### ***2.1.11 Pasos para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo***

**2.1.11.1 Planteamiento de objetivos.** En este paso definiremos los objetivos que se quieren lograr con el plan de mantenimiento preventivo, nos referimos a garantizar la operación constante de los equipos de la empresa, minimizar la probabilidad de fallas que se puedan presentar, reducir los costos no planificados de mantenimiento, alargar la vida útil de los equipos y maximizar la producción (INFRASPEAK, 2022).

**2.1.11.2 Inventario de activos y lista de actividades.** Debemos elaborar una lista de todos los equipos a los que se les dará el servicio de mantenimiento, dentro de esto se debe mostrar información que permita identificar, conocer y diferenciar al equipo, también debemos saber el grado de criticidad y revisar registros históricos para conocer como fueron atendidos anteriormente. Todo esto nos ayudará a elegir la frecuencia del mantenimiento a ejecutar y elaborar la lista de actividades con los procedimientos para cada equipo (INFRASPEAK, 2022).

**2.1.11.3 Gestión de prioridades y recurso.** Al llegar a este paso ya habremos elaborado la lista de actividades de mantenimiento que se debe realizar para cada equipo, lo que corresponde ahora es otorgar responsabilidades al personal adecuado para efectuar las tareas de mantenimiento y realizar la buena gestión de todo lo que se va a necesitar como materiales, herramientas, instrumentos y por supuesto la disponibilidad de los técnicos especialistas para la debida programación (INFRASPEAK, 2022).

**2.1.11.4 Manejo de indicadores de mantenimiento.** Los indicadores nos permitirán conocer si los resultados luego de la ejecución del mantenimiento preventivo son los que esperábamos, entre los indicadores más conocidos tenemos a la disponibilidad, tiempo medio entre fallas MTBF, tiempo medio para reparación MTTR, índice de cumplimiento y eficacia general del equipo OEE, (INFRASPEAK, 2022).

**2.1.11.5 Verificar y mejorar.** Si luego de la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo no obtenemos los objetivos que nos planteamos al inicio, tendremos que revisar nuestro plan de mantenimiento y reformular aquello que no nos permite avanzar o aquello que no es necesario (INFRASPEAK, 2022).

### ***2.1.12 Programación del mantenimiento***

Es el proceso donde se definirá el orden de la secuencia y tiempos de las actividades del mantenimiento, esto teniendo en cuenta los recursos necesarios como son las herramientas, materiales, instrumentos y la disponibilidad del personal técnico de mantenimiento. La programación puede ser mensual, trimestral, cuatrimestral, semestral o anual, esto dependerá de la criticidad de los equipos a tratar (Pérez, 2021).

Pérez (2021) menciona algunas características de la programación del mantenimiento:

- Cuando se elabore la programación se debe considerar lo que pueda ocurrir en el momento del mantenimiento, es por ello por lo que debemos acercarnos más a lo realista.
- Se debe priorizar los tipos de trabajos con relación al grado de criticidad o urgencia.
- Debe presentar flexibilidad ante posibles actualizaciones en el programa de mantenimiento.
- Contará con todos los materiales listos para los trabajos de mantenimiento.

Pérez (2021) menciona algunos puntos para lograr una programación efectiva:

- Conocer la disponibilidad del personal técnico que realizará las actividades de mantenimiento.
- Tener disponibilidad de repuestos y manejo de su reabastecimiento.
- Conocer la disponibilidad de los equipos a tratar, saber los horarios en los cuales se realizan producción.

- Manejar un estándar de tiempos para las actividades de mantenimiento.
- Priorizar trabajos específicos de mantenimiento, esto en colaboración con el área de producción.
- Las ordenes de trabajo deberán describir las tareas a ejecutar, los procedimientos a seguir, los técnicos que realizarán las labores, materiales, herramientas y repuestos a utilizar.
- Conocer aquellos trabajos que se encuentran en estado pendiente o atrasados en la programación.

### **2.1.13 Determinación de fallas**

#### **2.1.13.1 Tipos de fallas.**

##### **Fallas funcionales**

El CMMS (2019) menciona que este tipo de fallas son aquellas que inhabilitan la función principal del equipo, esto quiere decir que no se podrá continuar con la operación en la planta, generando pérdidas económicas para el propietario.

##### **Fallas potenciales**

El CMMS (2019) indica que las fallas del tipo potencial no paralizan la función principal del equipo, solo generan una operación anormal, esto a la larga puede convertirse en una falla funcional si no se atiende de la mejor manera en su momento.

**2.1.13.2 Fuentes informativas para determinar fallas.** A continuación, se presentan las principales fuentes para la determinación de fallas

##### **Histórico de averías**

Se debe contar con un registro en el cual estén identificadas las fallas que hayan sucedido anteriormente en los equipos, en el registro debe haber información como la fecha, hora, repuesto dañado, la operación anormal que se presentó, el técnico que la atendió entre otros. El manejo de

este documento nos permitirá tener una idea de que equipos y componentes son aquellos que tienen mayor probabilidad de fallar (Predictiva21, 2019).

### **Técnico de mantenimiento**

Una buena manera de obtención de información acerca de los equipos es consultando con el personal técnico de mantenimiento, quienes son los encargados de realizar mantenimientos de todo tipo. El personal de mantenimiento conocerá las fallas que se hayan presentado en su momento, por lo que es muy importante contar con ciertas aptitudes durante su desempeño (Predictiva21, 2021).

### **Personal de producción**

Los operarios son otra fuente de información para la determinación de fallas en los equipos, ya que ellos conocen como es el funcionamiento, que operación anormal puede presentar, esto debido a que trabajan día a día con los equipos y son responsables de su cuidado (Funcion.info, 2022).

#### ***2.1.14 Indicadores de mantenimiento***

Los indicadores de mantenimiento son métricas que nos ayudarán a conocer que tan cerca o lejos estamos de lo que queremos lograr y con los resultados obtenidos poder actuar y mejorarlos. Existirán distintos tipos de indicadores para los diferentes tipos de industrias en el mercado, de los cuales se escogerán los más convenientes para sus procesos (Pérez, 2021).

**2.1.14.1 Tiempo medio entre fallas (MTBF).** De sus siglas en ingles Mean Time Between Failures o Tiempo Medio Entre Fallas, es el tiempo que ha transcurrido entre cada falla detectada en un equipo, este indicador nos ayuda a tener una idea de cuánto tiempo puede trabajar nuestro equipo sin presentar alguna perturbación, un valor alto del MTBF significa una buena fiabilidad de un equipo y se calcula mediante la relación de las horas reales de operación entre la cantidad de fallas, las horas reales de operación es la diferencia de horas planificadas de operación y las horas con equipo en falla (**Sierra, 2021**).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Horas planificadas de operación} - \text{horas con equipo en falla}}{\text{Cantidad de fallas}}$$

**2.1.14.2 Tiempo medio para reparación (MTTR).** De sus siglas en ingles Mean Time To Repair o Tiempo Medio Para Reparación, es el tiempo que demora la eliminación de las fallas en un equipo y permitir que este pueda trabajar en sus condiciones normales, un valor bajo del MTTR significa una buena mantenibilidad de un equipo y se calcula mediante la relación de las horas con equipo en falla entre la cantidad de fallas (**Sierra, 2021**).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Horas con equipo en falla}}{\text{Cantidad de fallas}}$$

**2.1.14.3 Disponibilidad.** Sierra (2021) indica que la disponibilidad es el porcentaje de tiempo donde el equipo se encuentra útil para producir, se calcula mediante la relación de las horas reales de operación del equipo entre las horas planificadas de operación, de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas reales de operación}}{\text{Horas planificadas de operación}}$$

Conociendo las fórmulas del MTBF y MTTR, se puede llegar a la siguiente conclusión:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

### ***2.1.15 Equipos de aire acondicionado de precisión***

Equipos diseñados con el único propósito de mantener condiciones ambientales de temperatura y humedad para el buen funcionamiento del equipamiento TI en centro de datos, salas de redes y salas de tecnologías. Estos equipos suministran un flujo de aire frío el cual ingresa por la parte frontal del equipamiento TI y evita un sobrecalentamiento que pueda perjudicar su operación y estado (Vertiv, 2021).

#### **Figura 4**

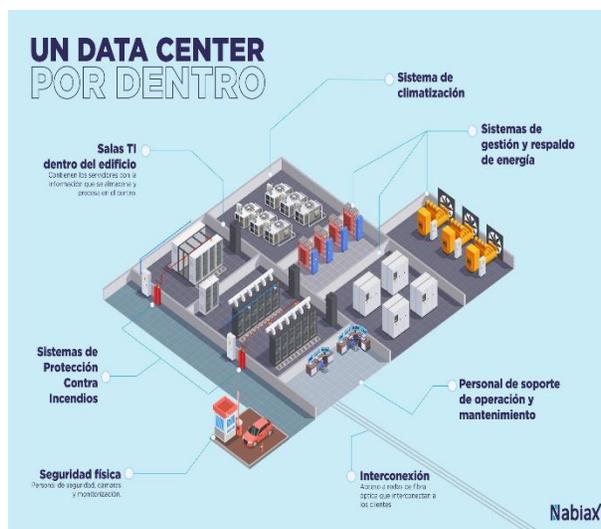
*Equipo de aire acondicionado de precisión*



*Nota.* Elaboración propia

### ***2.1.16 Centros de datos***

Son instalaciones físicas dentro de las cuales existen sistemas y componentes que permitirán el buen manejo de datos de las empresas, me refiero a equipos de infraestructura TI, pero no solo se cuentan con estos, sino también se encontrarán equipos de alimentación eléctrica, equipos de refrigeración y ventilación, equipos de detección y eliminación de incendios, equipos de videovigilancia, plantas de emergencia y conexiones a redes externas, todo ello permitirá tener una buena gestión del manejo del centro de datos (Cisco, 2020).

**Figura 5***Centro de datos*

*Nota.* <https://nabiax.com/como-es-un-centro-de-datos-por-dentro/>

### III. MÉTODO

#### 3.1 Tipo de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativa, tipo aplicada con nivel explicativa, aplicada porque busca solución a la problemática del estudio con los conocimientos que se tienen y explicativa ya que estudian el por qué se dan los sucesos, además también permite entender la relación entre la variable independiente y dependiente como son el plan de mantenimiento preventivo y la disponibilidad.

Hernández y Mendoza (2018) mencionan que el enfoque de investigación cuantitativa logra generar datos numéricos mediante técnicas matemáticas y estadísticas.

Mar et al. (2020) mencionan que el tipo de investigación aplicada es aquella que se apoya en las teorías y conocimientos para resolver problemas en la realidad.

Hernández y Mendoza (2018) mencionan que el nivel de investigación explicativa pretende encontrar las razones por las que se generan los problemas y establecer relaciones entre variables.

##### 3.1.1 *Diseño de la investigación*

El diseño de la investigación es experimental debido a que la manipulación en la variable independiente tendrá efectos en la variable dependiente, el plan de mantenimiento preventivo como variable independiente al ser aplicada en los equipos de aire acondicionado de precisión generará resultados en la variable dependiente disponibilidad.

Hernández y Mendoza (2018) mencionan que la investigación es experimental cuando se manipula de manera deliberada a la variable independiente y ello genera efectos en la variable dependiente.

## **3.2** **Ámbito temporal y espacial**

### **3.2.1** *Ámbito temporal*

La investigación mostrará resultados de los años 2020 y 2021.

### **3.2.2** *Ámbito espacial*

La investigación se desarrolló en una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

## **3.3** **Variables**

### **3.3.1** *Variable independiente: Plan de mantenimiento preventivo*

El plan de mantenimiento preventivo es un conjunto de procesos que se encuentran programados, cuya finalidad es garantizar que los equipos o activos trabajen correctamente el mayor tiempo (Datision, 2021).

### **3.3.2** *Variable dependiente: Disponibilidad*

La disponibilidad es la capacidad del equipo o sistema que le permite realizar su operación de manera normal, la cual se puede representar de manera porcentual y ser medible (Gutiérrez & Tena, 2019).

## **3.4** **Población y muestra**

### **3.4.1** *Población*

Hernández y Mendoza (2018) mencionan que la población es el conjunto de elementos, personas, casos entre otros que concuerdan en determinadas especificaciones.

Para la presente investigación, la población estará conformada por la cantidad de fallas de 20 equipos de aire acondicionado de precisión de la empresa que brinda servicios de centro de datos.

### 3.4.2 Muestra

Hernández y Mendoza (2018) mencionan que la muestra es un subconjunto de la población, de la cual se extraerán datos que represente a la población.

Hernández y Mendoza (2018) mencionan que la muestra del tipo no probabilístico depende de las decisiones del investigador, ya que no todos los elementos de la población tienen la posibilidad de ser escogidos.

Para la presente investigación, la muestra estará conformada por la cantidad de fallas de 11 equipos de aire acondicionado de precisión de la empresa que brinda servicios de centro de datos, las cuales estarán registradas durante 27 semanas.

**Tabla 1**

*Lista de equipos de aire acondicionado de precisión*

Tipo	Sala	Código de equipo	Marca	Modelo	Capacidad (TR)
Aire Acondicionado de Precisión	CPD0	AAP-01-CPD0	Liebert	DH380A-DA	30 TR
Aire Acondicionado de Precisión	CPD0	AAP-02-CPD0	Liebert	DH380A-DA	30 TR
Aire Acondicionado de Precisión	CPD0	AAP-03-CPD0	Liebert	DH380A-DA	30 TR
Aire Acondicionado de Precisión	CPD0	AAP-04-CPD0	Liebert	DH380A-DA	30 TR
Aire Acondicionado de Precisión	CPD0	AAP-05-CPD0	Liebert	DH380A-DA	30 TR
Aire Acondicionado de Precisión	SAM	AAP-01-SAM	Data Aire	DA AD10.3	10 TR
Aire Acondicionado de Precisión	SAM	AAP-02-SAM	Data Aire	DA AD10.3	10 TR
Aire Acondicionado de Precisión	TRANSMISIONES	AAP-01-TX	Liebert	BU067A-DA	5 TR
Aire Acondicionado de Precisión	TRANSMISIONES	AAP-02-TX	Liebert	BU067A-DA	5 TR
Aire Acondicionado de Precisión	AXE	AAP-01-AXE	Liebert	BU067A-DA	5 TR
Aire Acondicionado de Precisión	AXE	AAP-02-AXE	Liebert	BU067A-DA	5 TR

*Nota.* La lista menciona los equipos a los que se le aplica el estudio, elaboración propia.

### **3.5 Instrumentos**

#### **3.5.1 Técnicas**

Se empleó la técnica de la observación, con lo cual se puede saber el estado de los equipos y validar la presencia de fallas, así como la verificación del correcto cumplimiento de los mantenimientos preventivos. También se utilizó la revisión documental como técnica, con ello poder conocer las soluciones a las fallas, los tiempos y fechas de intervenciones que se presentaron en los equipos, a su vez la revisión de artículos, fichas técnicas y manuales que brinden más información acerca de las variables plan de mantenimiento preventivo y disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión.

#### **3.5.2 Instrumentos**

El instrumento utilizado en esta investigación fue la ficha de registro de datos.

### **3.6 Procedimientos**

El propósito de la implementación del plan de mantenimiento preventivo es el de reducir la probabilidad de presencia de fallas y extender la vida útil de los equipos de aire acondicionado de precisión, dicho en otras palabras, el incremento de la disponibilidad del servicio que estos ofrecen.

Se levantó información sobre los equipos de aire acondicionado de precisión de la empresa que brinda servicios de centro de datos, asignando un código para la identificación.

Se revisaron historiales existentes de fallas correspondientes al año 2020 que se hayan presentado en los equipos de aire acondicionado de precisión, lo que ayudó a elaborar un diagrama de Ishikawa (ver anexo C) con las principales causas de fallas en los equipos.

Se conoció la importancia que tiene cada equipo y lo que sucedería si estos llegan a fallar, con ello priorizar la atención mediante actividades preventivas.

Se elaboraron los procedimientos de mantenimientos preventivos para cada equipo de aire acondicionado de precisión, teniendo en cuenta la frecuencia con la que se ejecutará cada mantenimiento programado.

Se realizó la planificación y programación de las inspecciones y mantenimientos preventivos, para ello se elaboró un diagrama de Gantt (ver anexo E) que ayudó a visualizar de una mejor manera todo lo programado en el plan de mantenimiento.

Al iniciar con la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se crearon registros de incidencias (ver anexo F), donde se anotan las fallas que ocurran en los equipos de aire acondicionado de precisión, con información como: que equipos fueron afectados, cuantas fallas se presentaron, cuando empezaron las fallas, cuanto tiempo duró la falla y cuando se corrigió.

Los resultados obtenidos antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se calcularon mediante los indicadores cantidad de fallas, tiempo medio entre fallas (MTBF), tiempo medio para reparación (MTTR) y disponibilidad.

Se utilizaron gráficas para una mejor interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación.

### **3.7 Análisis de datos**

#### **3.7.1 Análisis descriptivo**

Se utilizó la estadística del tipo descriptiva, la cual nos ayudó a entender de una mejor manera la información, esto mediante tablas y gráficas. Para el caso de la presente investigación se tuvo resultados de la variable dependiente y sus dimensiones, estos fueron comparados para determinar cuánto fue su variación luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado de precisión.

### **3.7.2 *Análisis Inferencial***

Se realizó la prueba de normalidad, con ello determinar si los datos tienen una distribución normal (paramétrica) o una distribución no normal (no paramétrica), luego dependiendo del resultado se evaluó la prueba de hipótesis a utilizar.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Estadística descriptiva

Se calcularon valores de los indicadores cantidad de fallas, MTBF, MTTR y disponibilidad para el 1er periodo comprendido por 27 semanas que dan inicio el 01/07/2020 al 05/01/2021, y se compararon con nuevos valores obtenidos del 2do periodo comprendido por 27 semanas que dan inicio el 23/02/2021 al 30/08/2021, estos nuevos valores registrados a partir del año 2021 se dan gracias a la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

#### 4.1.1 Cantidad de fallas de equipos

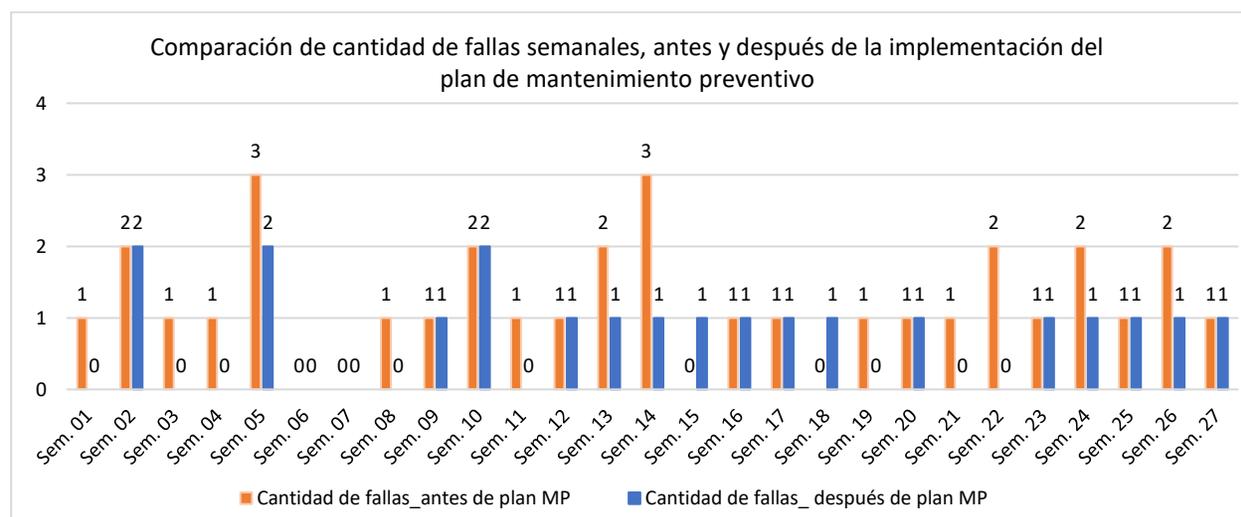
**Tabla 2**

*Estadística descriptiva de cantidad de fallas totales de los equipos*

	Periodo de estudio	Cantidad de fallas totales
1er periodo	Antes de implementación de plan de mantenimiento preventivo	33
2do periodo	Después de implementación de plan de mantenimiento preventivo	20

**Figura 6**

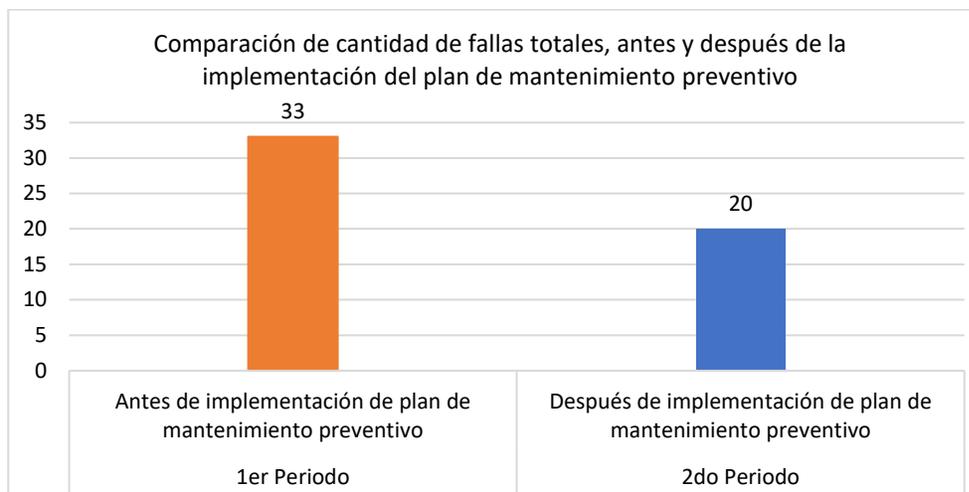
*Comparación de cantidad de fallas semanales de los equipos*



*Nota.* En la Figura 6 se observa la cantidad de fallas semanales registradas, antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Los registros se ven en los anexos J y K.

### Figura 7

*Comparación de cantidad de fallas totales de los equipos*



*Nota.* En la Figura 7 se observan unas 33 fallas en los equipos de aire acondicionado de precisión durante el 1er periodo. Después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se muestran 20 fallas correspondientes al 2do periodo, con lo que se aprecia una mejora en este indicador.

#### 4.1.2 Tiempo medio entre fallas MTBF de equipos

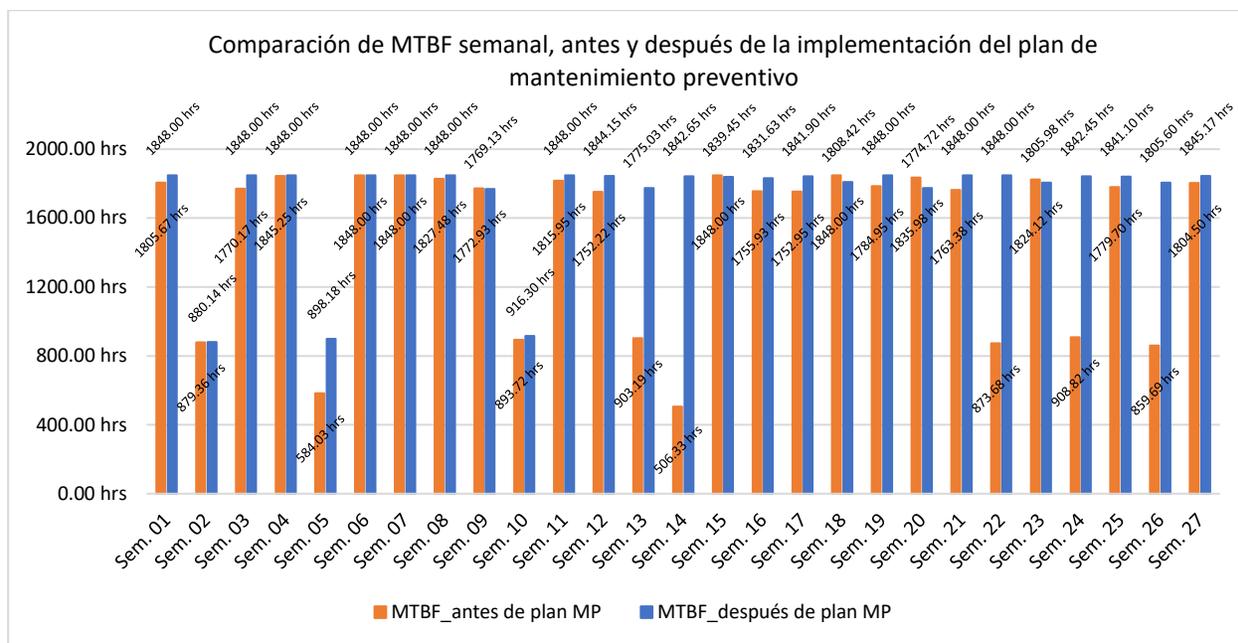
**Tabla 3**

*Estadística descriptiva de MTBF promedio de los equipos*

Periodo de estudio	MTBF promedio
1er periodo Antes de implementación de plan de mantenimiento preventivo	1507.11 hrs
2do periodo Después de implementación de plan de mantenimiento preventivo	1727.48 hrs

**Figura 8**

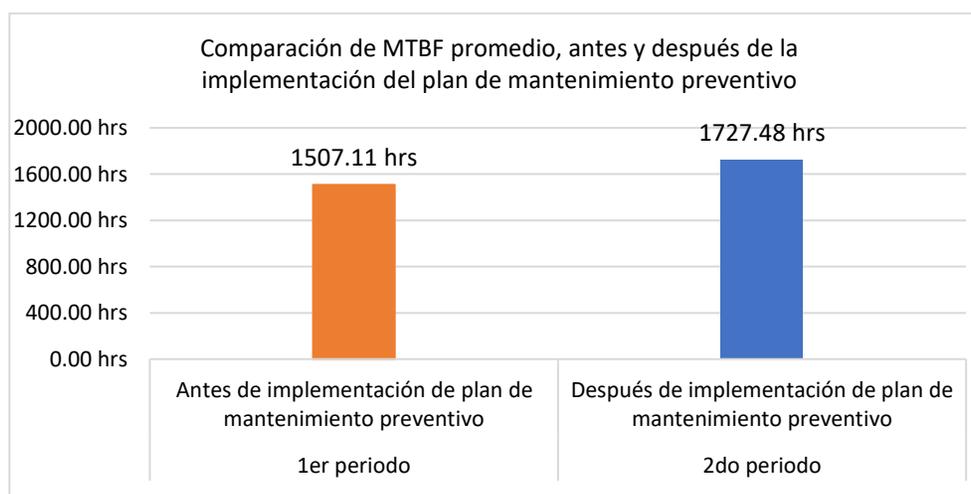
*Comparación de MTBF semanal de los equipos*



*Nota.* En la Figura 8 se observa el tiempo medio entre fallas MTBF semanal, antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Los registros se ven en los anexos L y M.

**Figura 9**

*Comparación de MTBF promedio de los equipos*



*Nota.* En la Figura 9 se observa un tiempo medio entre fallas MTBF promedio de 1507.11 hrs en los equipos de aire acondicionado de precisión durante el 1er periodo. Después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se muestra un valor de tiempo medio entre fallas MTBF promedio de 1727.48 hrs correspondientes al 2do periodo, con lo que se aprecia una mejora en este indicador.

#### 4.1.3 Tiempo medio para reparación MTTR de equipos

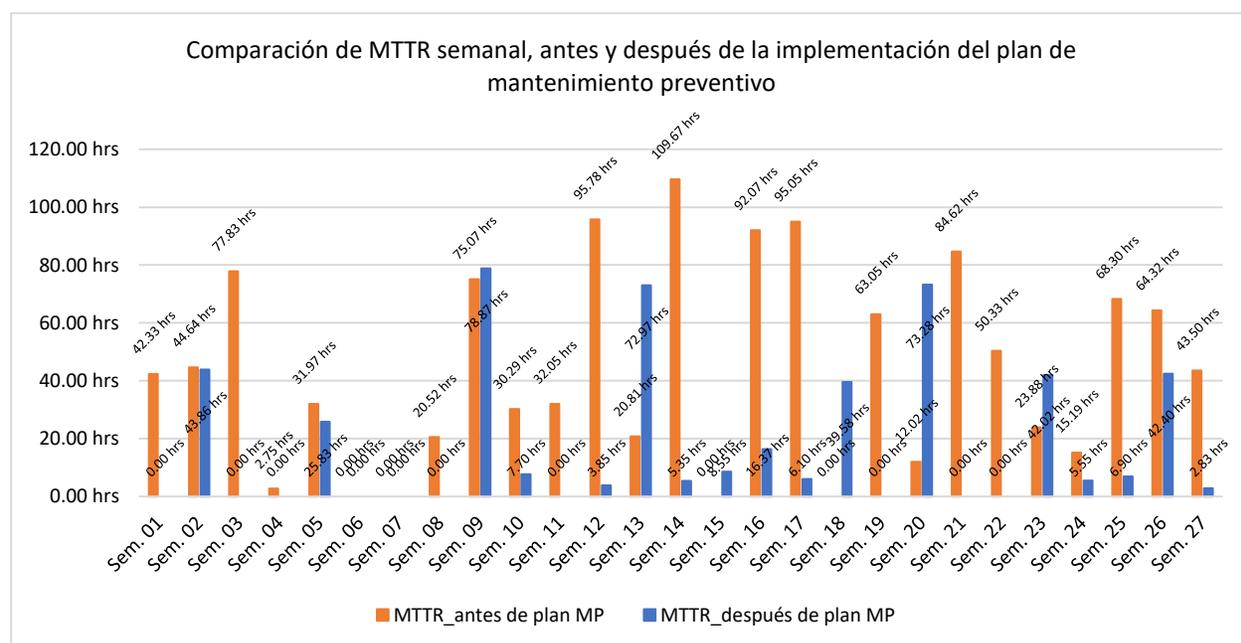
**Tabla 4**

*Estadística descriptiva de MTTR promedio de los equipos*

	Periodo de estudio	MTTR promedio
1er periodo	Antes de implementación de plan de mantenimiento preventivo	44.30 hrs
2do periodo	Después de implementación de plan de mantenimiento preventivo	17.85 hrs

**Figura 10**

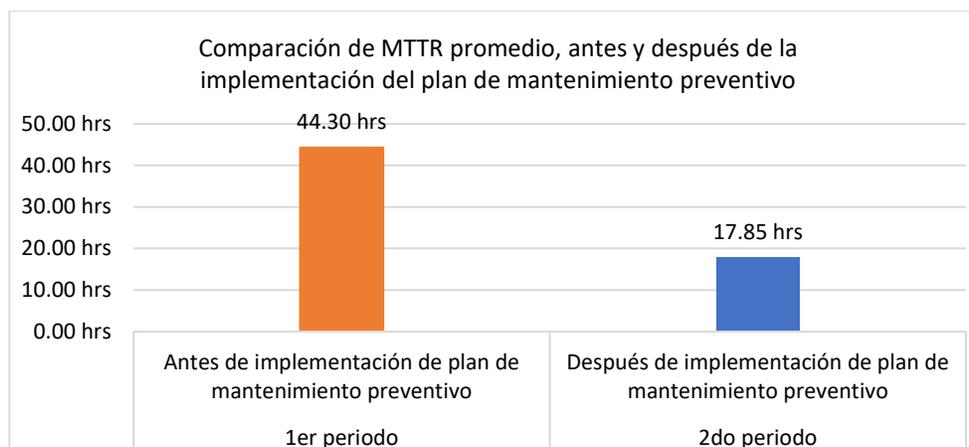
*Comparación de MTTR semanal de los equipos*



*Nota.* En la Figura 10 se observa el tiempo medio para reparación MTTR semanal, antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Los registros se ven en los anexos N y Ñ.

### Figura 11

*Comparación de MTTR promedio de los equipos*



*Nota.* En la Figura 11 se observa un tiempo medio para reparación MTTR promedio de 44.30 hrs en los equipos de aire acondicionado de precisión durante el 1er periodo. Después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se muestra un valor de tiempo medio para reparación MTTR promedio de 17.85 hrs correspondientes al 2do periodo, con lo que se aprecia una mejora en este indicador.

#### 4.1.4 Disponibilidad de equipos

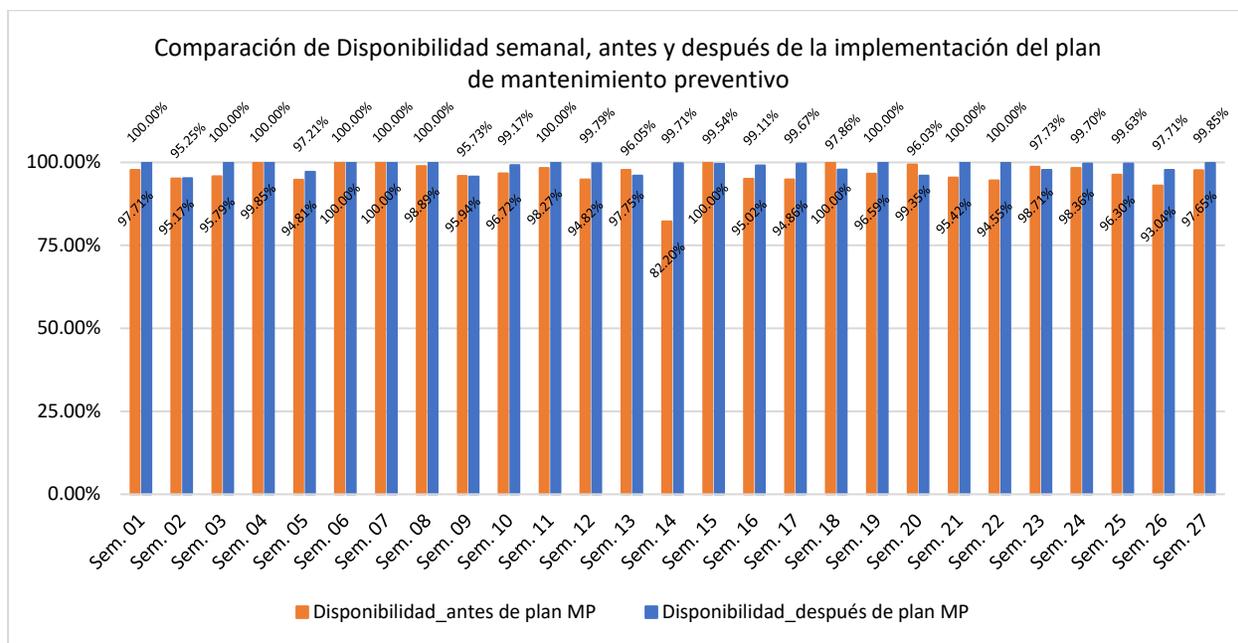
##### Tabla 5

*Estadística descriptiva de disponibilidad promedio de los equipos*

Periodo de estudio	Disponibilidad promedio
1er periodo Antes de implementación de plan de mantenimiento preventivo	96.58%
2do periodo Después de implementación de plan de mantenimiento preventivo	98.88%

**Figura 12**

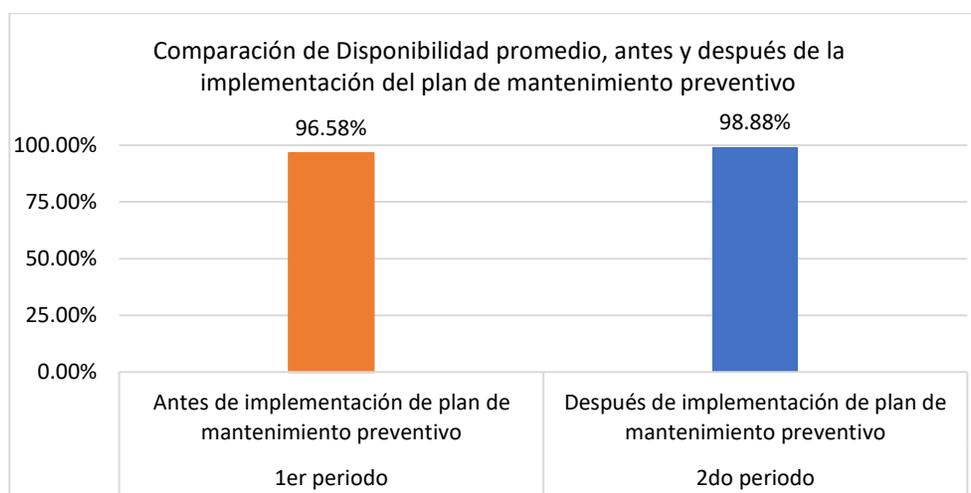
*Comparación de disponibilidad semanal de los equipos*



*Nota.* En la Figura 12 se observa la disponibilidad semanal, antes y después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Los registros se ven en los anexos O y P.

**Figura 13**

*Comparación de disponibilidad promedio de los equipos*



*Nota.* En la Figura 13 se observa una disponibilidad promedio de 96.58 % en los equipos de aire acondicionado de precisión durante el 1er periodo. Después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo se muestra un valor de disponibilidad promedio de 98.88 % correspondientes al 2do periodo, con lo que se aprecia una mejora en este indicador.

## 4.2 Estadística inferencial

Se inició con la prueba de normalidad y con ello determinar si los datos presentan una distribución normal (paramétrica) o una distribución no normal (no paramétrica).

### 4.2.1 Hipótesis específica 1

**4.2.1.1 Prueba de normalidad.** Se escogió la prueba de Shapiro-Wilks ya que nuestro tamaño muestral es menor de 50, luego de ello se inició con la prueba de verificación de las hipótesis.

Ho: Los datos presentan una distribución normal (paramétrica).

H1: Los datos no presentan una distribución normal (no paramétrica).

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

**Regla de decisión:** Sí  $p \leq 0.05$  la Ho se rechaza

**Tabla 6**

*Prueba de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_test	,313	27	,000	,841	27	,001
Post_test	,283	27	,000	,782	27	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* En la tabla 6 se muestra un nivel de significancia p de 0,001 para el Pre\_test y un nivel de significancia p de 0,000 para el Post\_test, para ambos casos el valor de p es inferior a 0,05 ( $p <$

0,05 entonces  $H_0$  se rechaza), por lo que se concluye que el tipo de distribución es no normal (no paramétrica).

**4.2.1.2 Prueba de hipótesis específica 1.** Se utilizó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, ya que es un tipo de prueba no paramétrico.

$H_0$ : La implementación de un plan de mantenimiento preventivo no reduce la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

$H_1$ : La implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0,05$

**Regla de decisión:** Sí  $p \leq 0,05$  la  $H_0$  se rechaza

**Tabla 7**

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon*

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Pre_test -	Rangos negativos	2 <sup>a</sup>	7,00	14,00
Post_test	Rangos positivos	13 <sup>b</sup>	8,15	106,00
	Empates	12 <sup>c</sup>		
	Total	27		

a. Pre\_test < Post\_test

b. Pre\_test > Post\_test

c. Pre\_test = Post\_test

**Tabla 8**

*Estadísticos de prueba*

Pre_test -
Post_test

Z	-2,829 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,005

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

*Nota.* En la tabla 8 se muestra un nivel de significancia p de 0,005 el cual es inferior a 0,05 ( $p < 0,05$  entonces  $H_0$  se rechaza), por lo que se concluye que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

#### 4.2.2 Hipótesis específica 2

**4.2.2.1 Prueba de normalidad.** Se escogió la prueba de Shapiro-Wilks ya que nuestro tamaño muestral es menor de 50, luego de ello se inició con la prueba de verificación de las hipótesis.

$H_0$ : Los datos presentan una distribución normal (paramétrica).

$H_1$ : Los datos no presentan una distribución normal (no paramétrica).

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

**Regla de decisión:** Sí  $p \leq 0.05$  la  $H_0$  se rechaza

**Tabla 9**

*Prueba de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_test	,401	27	,000	,680	27	,000
Post_test	,444	27	,000	,430	27	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* En la tabla 9 se muestra un nivel de significancia p de 0,000 para el Pre\_test y un nivel de significancia p de 0,000 para el Post\_test, para ambos casos el valor de p es inferior a 0,05 ( $p <$

0,05 entonces  $H_0$  se rechaza), por lo que se concluye que el tipo de distribución es no normal (no paramétrica).

**4.2.2.2 Prueba de hipótesis específica 2.** Se utilizó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, ya que es un tipo de prueba no paramétrico.

$H_0$ : La implementación de un plan de mantenimiento preventivo no mejora el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

$H_1$ : La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0,05$

**Regla de decisión:** Sí  $p \leq 0,05$  la  $H_0$  se rechaza

**Tabla 10**

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon*

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Post_test -	Rangos negativos	5 <sup>a</sup>	6,60	33,00
Pre_test	Rangos positivos	20 <sup>b</sup>	14,60	292,00
	Empates	2 <sup>c</sup>		
	Total	27		

a. Post\_test < Pre\_test

b. Post\_test > Pre\_test

c. Post\_test = Pre\_test

**Tabla 11**

*Estadísticos de prueba*

Post_test -
Pre_test

Z	-3,484b
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

*Nota.* En la tabla 11 se muestra un nivel de significancia  $p$  de 0,000 el cual es inferior a 0,05 ( $p < 0,05$  entonces  $H_0$  se rechaza), por lo que se concluye que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

### 4.2.3 Hipótesis específica 3

**4.2.3.1 Prueba de normalidad.** Se escogió la prueba de Shapiro-Wilks ya que nuestro tamaño muestral es menor de 50, luego de ello se inició con la prueba de verificación de las hipótesis.

$H_0$ : Los datos presentan una distribución normal (paramétrica).

$H_1$ : Los datos no presentan una distribución normal (no paramétrica).

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0.05$

**Regla de decisión:** Sí  $p \leq 0.05$  la  $H_0$  se rechaza

**Tabla 12**

*Prueba de normalidad*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pre_test	,121	27	,200*	,935	27	,091
Post_test	,310	27	,000	,726	27	,000

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota.* En la tabla 12 se muestra un nivel de significancia  $p$  de 0,091 para el Pre\_test y un nivel de significancia  $p$  de 0,000 para el Post\_test, considerando el menor valor de  $p$  es inferior a 0,05 ( $p < 0,05$  entonces  $H_0$  se rechaza), por lo que se concluye que el tipo de distribución es no normal (no paramétrica).

**4.2.3.1 Prueba de hipótesis específica 3.** Se utilizó la prueba de Wilcoxon para muestras relacionadas, ya que es un tipo de prueba no paramétrico.

$H_0$ : La implementación de un plan de mantenimiento preventivo no mejora el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

$H_1$ : La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

**Nivel de significancia:**  $\alpha = 0,05$

**Regla de decisión:** Sí  $p \leq 0,05$  la  $H_0$  se rechaza

**Tabla 13**

*Prueba de rangos con signo de Wilcoxon*

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Pre_test -	Rangos negativos	6 <sup>a</sup>	10,00	60,00
Post_test	Rangos positivos	19 <sup>b</sup>	13,95	265,00
	Empates	2 <sup>c</sup>		
	Total	27		

a. Pre\_test < Post\_test

b. Pre\_test > Post\_test

c. Pre\_test = Post\_test

**Tabla 14***Estadísticos de prueba*

	Pre_test - Post_test
Z	-2,758 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,006

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

*Nota.* En la tabla 14 se muestra un nivel de significancia p de 0,006 el cual es inferior a 0,05 ( $p < 0,05$  entonces  $H_0$  se rechaza), por lo que se concluye que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la presente investigación, al implementar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado de precisión de la empresa que brinda servicios de centro de datos, se notó una variación positiva que presentó la disponibilidad de los equipos. Los datos del 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021) permitieron determinar una disponibilidad promedio del 96.58% y luego con la implementación del plan de mantenimiento preventivo el valor de disponibilidad promedio fue de 98.88% para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021). Del mismo modo Campos y Ruíz (2021) lograron mejorar la disponibilidad de sus equipos en su investigación gracias al plan de mantenimiento preventivo y este valor aumentó de 88% a 97.09%.

En la investigación realizada por Ruiz et al. (2019) demuestran que gracias a la creación de un plan de mantenimiento para sus equipos, el tiempo de operación se incrementó y la cantidad de fallas se redujo hasta en un 50%. En la presente investigación realizada también se logró reducir la cantidad de fallas al implementar un plan de mantenimiento preventivo, 33 fallas en el 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021), y luego con la implementación del plan de mantenimiento preventivo se logró obtener 20 fallas para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021).

En el trabajo realizado por Chavez y Robles (2021) determinaron que el tiempo medio entre fallas MTBF promedio de sus equipos se incrementó de 216.64 hrs a 414.23 hrs, con lo que demuestran que al implementar un plan de mantenimiento preventivo se alargó el tiempo en el que pudo presentarse una falla. Los resultados mencionados tienen relación con la presente investigación realizada, ya que se obtuvo una mejora del tiempo medio entre fallas MTBF promedio, 1507.11 hrs en el 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021), y luego con la implementación del plan de mantenimiento preventivo este valor se incrementó a 1727.48 hrs para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021). De igual manera del antecedente anteriormente

mencionado, se determinó que el tiempo medio para reparación MTTR promedio de sus equipos disminuyó de 27.88 hrs a 24.77 hrs, con lo que demuestran que al implementar un plan de mantenimiento preventivo se redujo el tiempo en el que se pudo solucionar una falla. Estos resultados mencionados también tienen relación con la presente investigación realizada, ya que se obtuvo una mejora del tiempo medio para reparación MTTR promedio, 44.30 hrs en el 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021), y luego con la implementación del plan de mantenimiento preventivo este valor disminuyó a 17.85 hrs para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021).

## VI. CONCLUSIONES

6.1 Al implementar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de lince, se logró mejorar la disponibilidad promedio en 2.30% (42.50 hrs más por semana) para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021), en referencia al 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021).

6.2 Al implementar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de lince, se logró reducir la cantidad de fallas de 33 a 20, lo que muestra una reducción del 39.39% para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021), en referencia al 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021).

6.3 Al implementar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de lince, se logró mejorar el tiempo medio entre fallas MTBF promedio en 220.37 hrs (14.62%) para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021), en referencia al 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021).

6.4 Al implementar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de lince, se logró mejorar el tiempo medio para reparación MTTR promedio en 26.45 hrs (59.70%) para el 2do periodo (23/02/2021 al 30/08/2021), en referencia al 1er periodo (01/07/2020 al 05/01/2021).

## VII. RECOMENDACIONES

7.1 Realizar correctamente las intervenciones preventivas en cada sección de los equipos, con esto garantizar la operación de cada componente, esto permitirá que todo el equipo trabaje sin presentar interrupciones, y su disponibilidad sea la esperada.

7.2 Registrar todas las observaciones que se puedan presentar en la operación de los equipos y atenderlas, esto evitará que una falla similar vuelva a ocurrir en el equipo. Reducir la cantidad de fallas se logra con actividades preventivas como ajustes, reemplazos, limpiezas y diagnósticos.

7.3 Realizar una buena inspección durante las actividades de mantenimiento preventivo, ya que el identificar posibles fallas antes de que estas sucedan favorece a la vida útil del equipo, estas fallas serán solucionadas a tiempo, el daño se reducirá y con ello disminuye la probabilidad de que el equipo presente inconvenientes en su operación, esto influye positivamente en el indicador tiempo medio entre fallas MTBF.

7.4 Manejar continuamente un stock de repuestos y materiales críticos para la solución de fallas en los equipos, ello nos permitirá reducir el tiempo de intervención en el equipo y evitar demoras en actividades correctivas, esto influirá positivamente en el indicador tiempo medio para reparación MTTR.

7.5 Revisar frecuentemente los procedimientos y actualizar en caso sea necesario, con el fin de una mejora continua en la gestión del mantenimiento.

7.6 Reforzar las capacitaciones hacia el personal técnico para cumplir correctamente con los procedimientos de mantenimiento preventivo e inspecciones y así detectar a tiempo las posibles fallas.

7.7 Adquirir un software de gestión de mantenimiento para un mejor manejo de la información y un mejor seguimiento de actividades programadas.

7.8 Considerando la cantidad de años de operación constante de los equipos y el desgaste, se recomienda el reemplazo del equipo y con ello lograr una disponibilidad del 100% sin interrupciones en su operación.

## VIII. REFERENCIAS

- Amendola, L. (2018). *Estrategias y Tácticas de Overhaul*. Obtenido de [https://mcusercontent.com/0fb5889da9e47c3bc9babf688/files/cbfeb73a-761c-c94c-87d3-eb4ef7b6ffcc/Primer\\_cap%C3%ADtulo\\_Estrategias\\_y\\_T%C3%A1cticas\\_de\\_Overhaul.pdf](https://mcusercontent.com/0fb5889da9e47c3bc9babf688/files/cbfeb73a-761c-c94c-87d3-eb4ef7b6ffcc/Primer_cap%C3%ADtulo_Estrategias_y_T%C3%A1cticas_de_Overhaul.pdf)
- Arribas, M. (2019). *Gestión de archivos*. Obtenido de [https://books.google.com.pe/books?id=pda0DwAAQBAJ&pg=PA78&dq=mantenimiento+preventivo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewiag5\\_SppL6AhU5rZUCHd5WDHA4FBD0AXoECAIQAg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=pda0DwAAQBAJ&pg=PA78&dq=mantenimiento+preventivo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewiag5_SppL6AhU5rZUCHd5WDHA4FBD0AXoECAIQAg#v=onepage&q&f=false)
- Campos, B., & Ruíz, Y. (2021). *Mejora del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los camiones mineros de una empresa minera ubicada en la región Ancash [Tesis de Pregrado, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28753>
- Chavez, B., & Robles, J. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos hidráulicos en la flota de una empresa pesquera, Lima 2021 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional del Callao]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/6376>
- Cimec. (17 de Marzo de 2023). *Muestreo probabilístico y no probabilístico*. Obtenido de [https://www.cimec.es/muestreo-probabilistico-y-no-probabilistico/#Muestreo\\_no\\_probabilistico](https://www.cimec.es/muestreo-probabilistico-y-no-probabilistico/#Muestreo_no_probabilistico)

Cisco. (16 de Octubre de 2020). *¿Qué es un centro de datos?* Obtenido de Cisco:

[https://www.cisco.com/c/es\\_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/data-center-virtualization/what-is-a-data-center.html)

CMMS. (05 de Diciembre de 2019). *Parte II: Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. Obtenido de <https://cmms.pe/parte-ii-criterios-generales-de-la-metodologia-del-mantenimiento-centrado-en-la-confiabilidad-rcm/#>

Datision. (13 de Mayo de 2021). *Cómo hacer un plan de mantenimiento industrial*. Obtenido de <https://datision.com/blog/plan-mantenimiento-industrial/>

Delgado, D. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento en función a la disponibilidad de los grupos de bombeo de la Empresa Interagua C.Ltda. [Tesis de Pregado, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/46227>

Díaz, L. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la disponibilidad del core sampler en un ingenio azucarero, utilizando el diagrama de Ishikawa para elevar la confiabilidad del sistema de muestreo [Tesis de Postgrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/12352>

Eurofins. (27 de Abril de 2021). *Cómo crear un plan de mantenimiento preventivo*. Obtenido de <https://envira.es/es/como-crear-plan-mantenimiento-preventivo/>

Funcion.info. (17 de Enero de 2022). *Función de un Operador de Producción*. Obtenido de <https://www.funcion.info/operador-de-produccion/>

- Gutiérrez, E., & Tena, E. (2019). *Plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de los equipos y máquinas del laboratorio de mecánica de fluidos y máquinas térmicas de la FIME-UNAC 2018*. [Tesis de Postgrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/4397>
- Hammad, M. (30 de Octubre de 2020). *Advantages and Disadvantages of Emergency Maintenance (EM)*. Recuperado el 12 de Setiembre de 2022, de GeeksforGeeks: <https://www.geeksforgeeks.org/advantages-and-disadvantages-of-emergency-maintenance-em/>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta*. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>
- INFRASPEAK. (06 de Febrero de 2022). *Mantenimiento correctivo: qué es, ventajas y ejemplos [2022]*. Obtenido de <https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-correctivo/>
- INFRASPEAK. (09 de Enero de 2022). *Mantenimiento preventivo: guía definitiva [2022]*. Obtenido de <https://blog.infraspeak.com/es/mantenimiento-preventivo/>
- INFRASPEAK. (05 de Enero de 2022). *Plan de mantenimiento preventivo en 5 pasos [2022]*. Obtenido de <https://blog.infraspeak.com/es/plan-de-mantenimiento-preventivo/>
- Llanos, G. (2019). *Servicio de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los sistemas auxiliares de motores de combustión interna [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/4803>

Mar, C., Barbosa, A., & Molar, J. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas.*

Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books?id=e5otEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=tipos+de+investigaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=e5otEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=tipos+de+investigaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Negrette, J., Suarez, J., & Flórez, A. (2019). *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento de la empresa Vitelsa Mosquera S.A., mediante el método de los 19 pasos de mantenimiento preventivo [Tesis de Postgrado, Universidad ECCI de Colombia].* Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1957>

Ormeño, C., & Zavala, J. (2017). *Propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento para el sistema electromecánico del centro de datos en una entidad bancaria del Perú [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].* Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/621265>

Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial.* Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/33276>

Predictiva21. (17 de Junio de 2019). *El lenguaje de las máquinas.* Obtenido de <https://predictiva21.com/lenguaje-maquinas-historial-fallas/>

Predictiva21. (23 de Septiembre de 2021). *Técnico en mantenimiento.* Obtenido de <https://predictiva21.com/mantenimiento-tecnico-en-mantenimiento/>

Revolledo, J. (2021). *Plan de Mantenimiento Preventivo para la Maquinaria Agrícola, en la Empresa Agronegocios Arteaga S.A.C, JAÉN. 2021 [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Jaén].* Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/223>

- Reynoso, J. (2021). *Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo y su influencia en la disponibilidad mecánica en la línea blanca y amarilla de la Empresa Multiservicios San Francisco de Asís Yarusyacán - Pasco - 2019 [Tesis de Pregrado, Universidad Continental]*. Repositorio intitucional. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9748>
- Ruiz, A., Redondo, O., & Ballén, W. (2019). *Propuesta para incrementar la disponibilidad del equipo codificador domino C16 de la línea de producción "Paletera 2" de la empresa Meals de Colombia S.A.S.[Tesis de Postgrado, Universidad ECCI de Colombia]*. Repositorio intitucional. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2640>
- Salazar, B. (04 de Noviembre de 2019). *¿Qué es la Gestión del Mantenimiento?* Obtenido de Ingeniería Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/gestion-de-mantenimiento/que-es-la-gestion-del-mantenimiento/>
- Salazar, B. (01 de Noviembre de 2019). *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Obtenido de Ingeniería Industrial Online: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>
- Sierra, J. (06 de Mayo de 2021). *Sobre el Indicador Disponibilidad en Mantenimiento*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/sobre-el-indicador-disponibilidad-en-mantenimiento-sierra-porta/?originalSubdomain=es>
- Tictap. (19 de Febrero de 2021). *4 tipos de modelos de mantenimiento que puedes aplicar para instalaciones y equipos de trabajo*. Obtenido de <https://www.tictap.me/blog/4-tipos-de-modelos-de-mantenimiento-que-puedes-aplicar-para-instalaciones-y-equipos-de-trabajo/>

Trujillo, A. (14 de Julio de 2020). *QUE ES, BENEFICIOS Y COMO IMPLEMENTAR*

*MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD – RCM*. Obtenido de Congreso de Mantenimiento & Confiabilidad: <https://cmc-latam.com/2020/07/14/que-es-beneficios-y-como-implementar-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm/#respond>

Vertiv. (03 de Junio de 2021). *¿Qué significa actualmente el aire acondicionado de precisión?*

*¿Sigue siendo necesario para los espacios de TI?* Obtenido de Vertiv:

<https://www.vertiv.com/es-latam/about/news-and-insights/articles/educational-articles/what-does-precision-air-conditioning-mean-now-and-is-it-still-a-necessity-for-it-spaces/>

## IX. ANEXOS

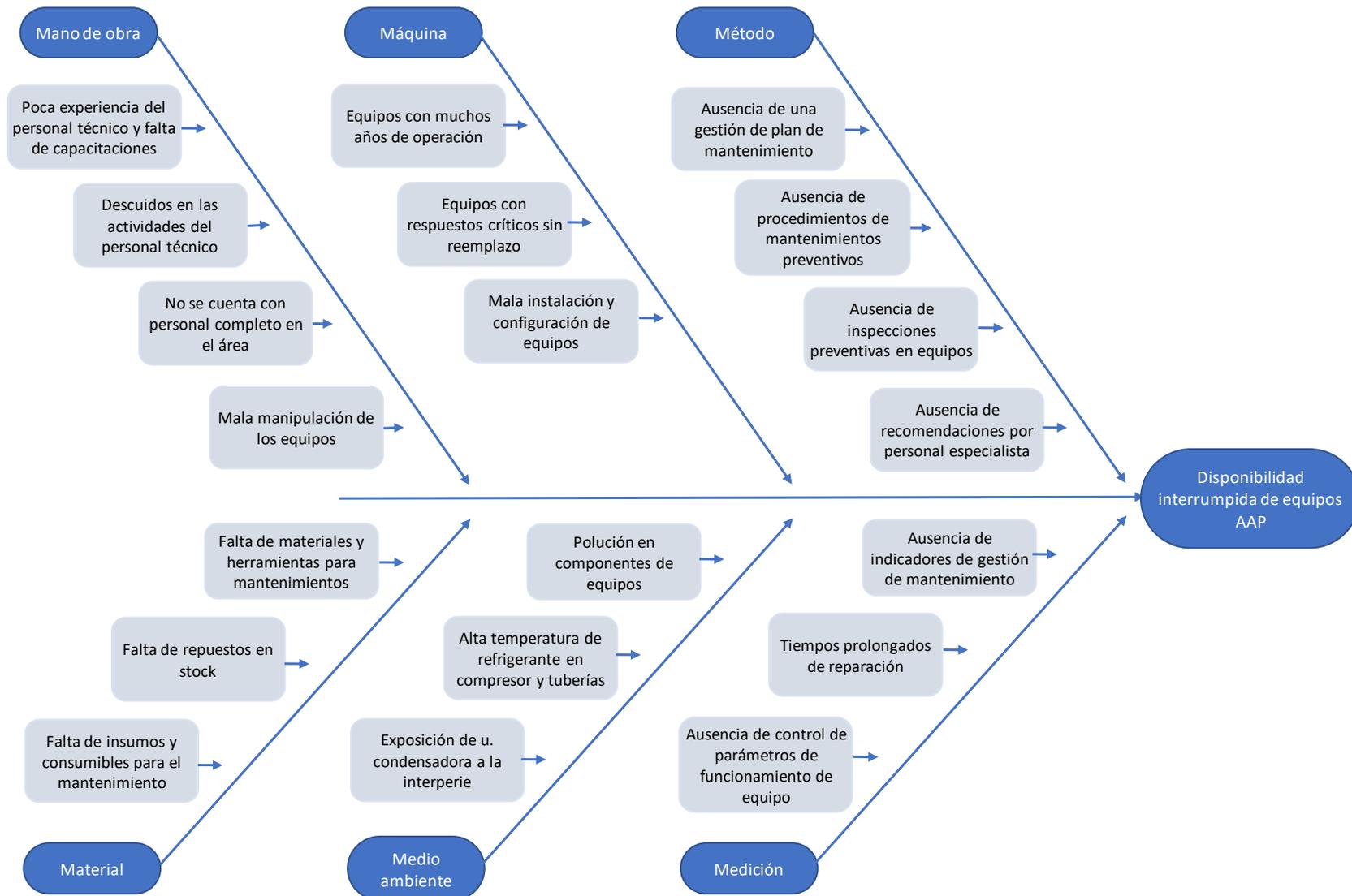
## Anexo A: Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable, Dimensión e Indicador	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?</p> <p><b>Problema específico 1:</b> ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá reducir la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?</p> <p><b>Problema específico 2:</b> ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá mejorar el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?</p> <p><b>Problema específico 3:</b> ¿De qué manera la implementación de un plan de mantenimiento preventivo podrá mejorar el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p> <p><b>Objetivo específico 1:</b> Implementar un plan de mantenimiento preventivo para reducir la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p> <p><b>Objetivo específico 2:</b> Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p> <p><b>Objetivo específico 3:</b> Implementar un plan de mantenimiento preventivo para mejorar el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p> <p><b>Hipótesis específica 1:</b> La implementación de un plan de mantenimiento preventivo reduce la cantidad de fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p> <p><b>Hipótesis específica 2:</b> La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio entre fallas de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p> <p><b>Hipótesis específica 3:</b> La implementación de un plan de mantenimiento preventivo mejora el tiempo medio para reparación de los equipos de aire acondicionado de precisión de una empresa que brinda servicios de centro de datos en el distrito de Lince.</p>	<p><b>1. Plan de mantenimiento preventivo</b></p> <p>1.1. Registros</p> <p>1.1.1. Histórico de fallas</p> <p>1.1.2. Lista e identificación de equipos</p> <p>1.1.3. Registro de indicadores principales de mantenimiento</p> <p>1.1.4. Orden de trabajo</p> <p>1.2. Planificación y programación</p> <p>1.2.1. Procedimientos de mantenimiento preventivo</p> <p>1.2.2. Procedimientos de inspección preventiva</p> <p>1.2.3. Rutinas diarias</p> <p>1.2.4. Cronograma de actividades</p> <p><b>2. Disponibilidad</b></p> <p>2.1. Cantidad de fallas</p> <p>2.1.1. Índice de cantidad de fallas</p> <p>2.2. Tiempo medio entre fallas</p> <p>2.2.1. Índice de tiempo medio entre fallas (MTBF)</p> <p>2.3. Tiempo medio para reparación</p> <p>2.3.1. Índice de tiempo medio para reparación (MTTR)</p> <p>2.4. Disponibilidad</p> <p>2.4.1. Índice de disponibilidad</p>	<p><b>Enfoque de investigación:</b> Cuantitativa</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Población y muestra:</b> Está compuesta por los equipos AAP del centro de datos, y el estudio se aplicó a 11 específicamente</p> <p><b>Técnicas e instrumentos:</b> Observación, revisión documental y ficha de registro de datos</p>

### Anexo B: Lista e identificación de equipos

Sistema	Tipo	Sala	Marca	Código de equipo	Modelo	Serie	Cap. (TR)	Año Fabricación	Frecuencia de mantenimiento
AA	Precisión	CPD 0	Liebert	AAP-01-CPD0	DH380A-DA	229703-007	30	1999	Bimestral
AA	Precisión	CPD 0	Liebert	AAP-02-CPD0	DH380A-DA	229703-004	30	1999	Bimestral
AA	Precisión	CPD 0	Liebert	AAP-03-CPD0	DH380A-DA	229703-008	30	1999	Bimestral
AA	Precisión	CPD 0	Liebert	AAP-04-CPD0	DH380A-DA	229703-006	30	1999	Bimestral
AA	Precisión	CPD 0	Liebert	AAP-05-CPD0	DH380A-DA	229703-005	30	1999	Bimestral
AA	Precisión	SAM	Data Aire	AAP-01-SAM	DA AD10.3	I00-567	10	1996	Trimestral
AA	Precisión	SAM	Data Aire	AAP-02-SAM	DA AD10.3	E00-567	10	1996	Trimestral
AA	Precisión	TRANSMISIONES	Liebert	AAP-01-TX	BU067A-DA	221111-079	5	1997	Trimestral
AA	Precisión	TRANSMISIONES	Liebert	AAP-02-TX	BU067A-DA	221111-113	5	1997	Trimestral
AA	Precisión	AXE	Liebert	AAP-01-AXE	BU067A-DA	221111106	5	1997	Trimestral
AA	Precisión	AXE	Liebert	AAP-02-AXE	BU067A-DA	221111063	5	1997	Trimestral

### Anexo C: Diagrama de Ishikawa

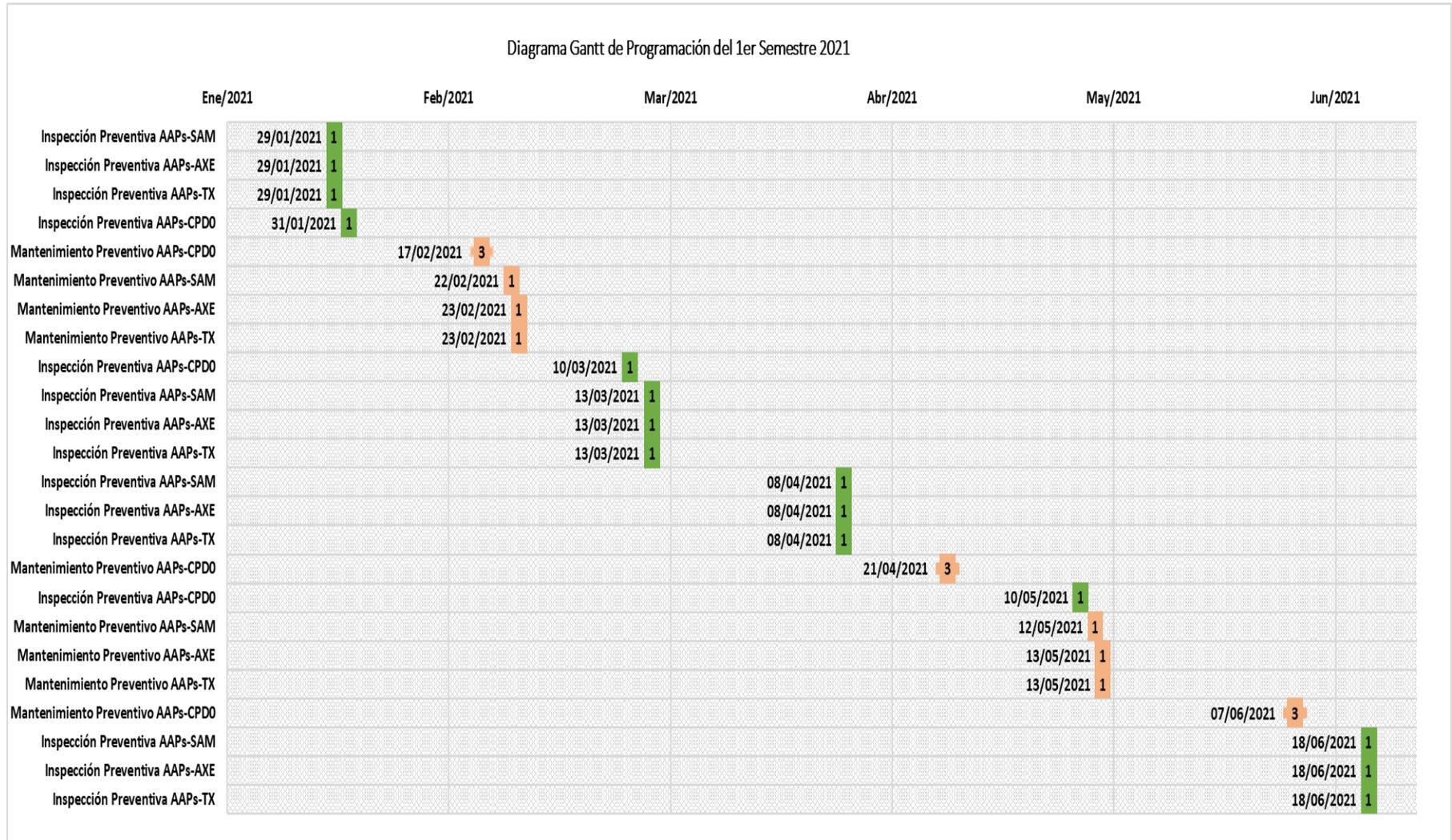


### Anexo D: Formato de programación de mantenimientos e inspecciones preventivas de equipos AAP

Sistema	Código de equipo	Sala	Ene-2021				Feb-2021				Mar-2021				Abr-2021				May-2021				Jun-2021			
			Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT
AA	AAP-01-CPDO	CPDO	B	31-Ene	31-Ene	120211017	A	19-Feb	19-Feb	120212017	B	10-Mar	12-Mar	120213017	A	23-Abr	23-Abr	120214017	B	10-May	10-May	120215017	A	09-Jun	09-Jun	120216017
AA	AAP-02-CPDO	CPDO	B	31-Ene	31-Ene	120211027	A	18-Feb	18-Feb	120212027	B	10-Mar	10-Mar	120213027	A	22-Abr	22-Abr	120214027	B	10-May	10-May	120215027	A	08-Jun	08-Jun	120216027
AA	AAP-03-CPDO	CPDO	B	31-Ene	31-Ene	120211037	A	18-Feb	18-Feb	120212037	B	10-Mar	10-Mar	120213037	A	22-Abr	22-Abr	120214037	B	10-May	10-May	120215037	A	08-Jun	08-Jun	120216037
AA	AAP-04-CPDO	CPDO	B	31-Ene	31-Ene	120211047	A	17-Feb	17-Feb	120212047	B	10-Mar	10-Mar	120213047	A	21-Abr	21-Abr	120214047	B	10-May	10-May	120215047	A	07-Jun	07-Jun	120216047
AA	AAP-05-CPDO	CPDO	B	31-Ene	31-Ene	120211057	A	17-Feb	17-Feb	120212057	B	10-Mar	10-Mar	120213057	A	21-Abr	21-Abr	120214057	B	10-May	10-May	120215057	A	07-Jun	07-Jun	120216057
AA	AAP-01-SAM	SAM	B	29-Ene	29-Ene	120211011	A	22-Feb	22-Feb	120212011	B	13-Mar	13-Mar	120213011	B	8-Abr	8-Abr	120214011	A	12-May	12-May	120215011	B	18-Jun	18-Jun	120216011
AA	AAP-02-SAM	SAM	B	29-Ene	29-Ene	120211021	A	22-Feb	22-Feb	120212021	B	13-Mar	13-Mar	120213021	B	8-Abr	8-Abr	120214021	A	12-May	12-May	120215021	B	18-Jun	18-Jun	120216021
AA	AAP-01-TX	TRANSMISIONES	B	29-Ene	29-Ene	120211019	A	23-Feb	23-Feb	120212019	B	13-Mar	13-Mar	120213019	B	8-Abr	8-Abr	120214019	A	13-May	13-May	120215019	B	18-Jun	18-Jun	120216019
AA	AAP-02-TX	TRANSMISIONES	B	29-Ene	29-Ene	120211029	A	23-Feb	23-Feb	120212029	B	13-Mar	13-Mar	120213029	B	8-Abr	8-Abr	120214029	A	13-May	13-May	120215029	B	18-Jun	18-Jun	120216029
AA	AAP-01-AXE	AXE	B	29-Ene	29-Ene	1202110110	A	23-Feb	23-Feb	1202120110	B	13-Mar	13-Mar	1202130110	B	8-Abr	8-Abr	1202140110	A	13-May	13-May	1202150110	B	18-Jun	18-Jun	1202160110
AA	AAP-02-AXE	AXE	B	29-Ene	29-Ene	1202110210	A	23-Feb	23-Feb	1202120210	B	13-Mar	13-Mar	1202130210	B	8-Abr	8-Abr	1202140210	A	13-May	13-May	1202150210	B	18-Jun	18-Jun	1202160210

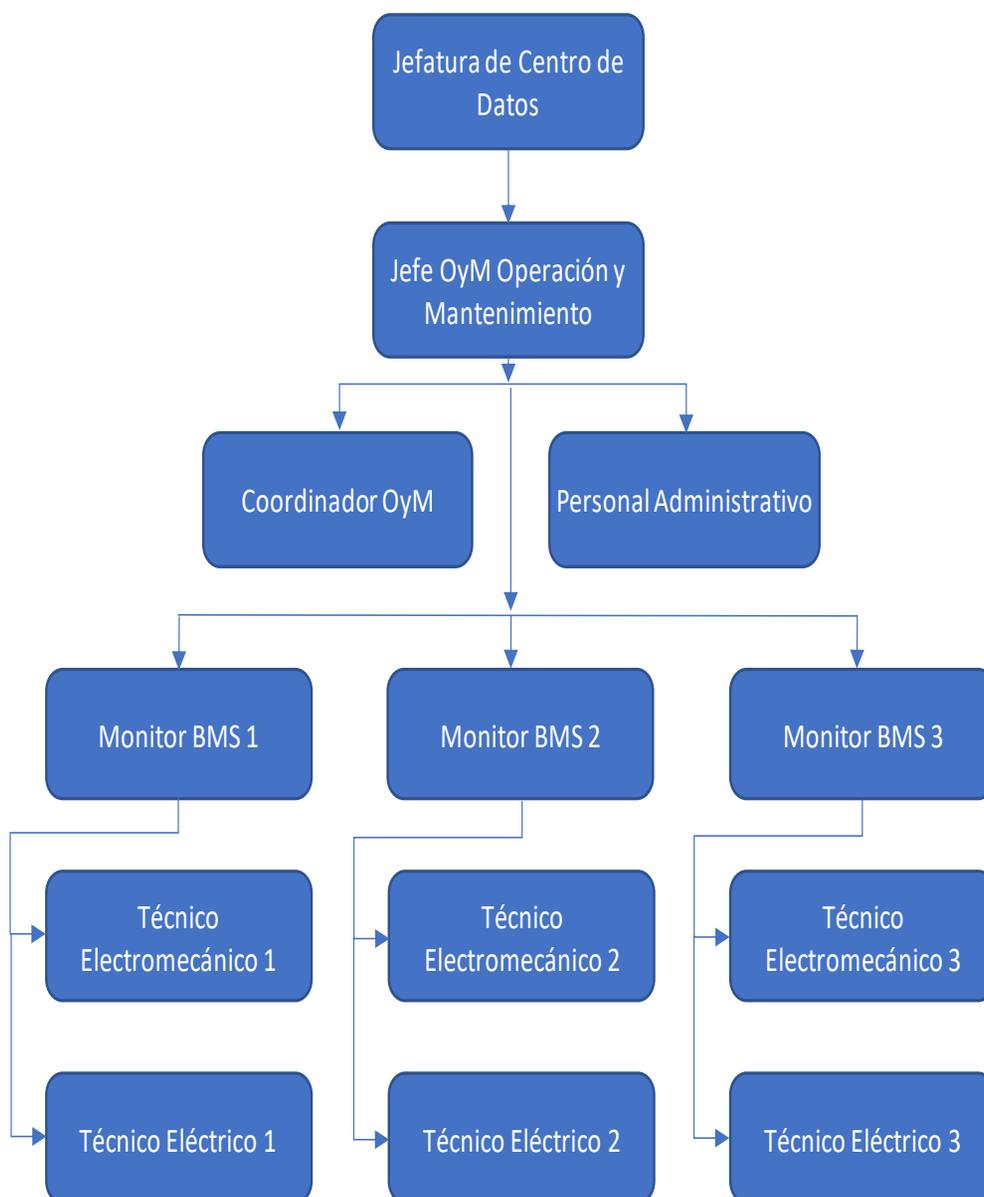
Sistema	Código de equipo	Sala	Jul-2021				Ago-2021				Set-2021				Oct-2021				Nov-2021				Dic-2021			
			Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT	Nivel	F. Prog	F. Ejec	OT
AA	AAP-01-CPDO	CPDO	B	08-Jul	08-Jul	120217017	A	11-Ago	11-Ago	120218017	B	06-Set	06-Set	120219017	A	06-Oct	06-Oct	1202110017	B	04-Nov	04-Nov	1202111017	A	08-Dic	08-Dic	1202112017
AA	AAP-02-CPDO	CPDO	B	08-Jul	08-Jul	120217027	A	10-Ago	10-Ago	120218027	B	06-Set	06-Set	120219027	A	05-Oct	05-Oct	1202110027	B	04-Nov	04-Nov	1202111027	A	07-Dic	07-Dic	1202112027
AA	AAP-03-CPDO	CPDO	B	08-Jul	08-Jul	120217037	A	10-Ago	10-Ago	120218037	B	06-Set	06-Set	120219037	A	05-Oct	05-Oct	1202110037	B	04-Nov	04-Nov	1202111037	A	07-Dic	07-Dic	1202112037
AA	AAP-04-CPDO	CPDO	B	08-Jul	08-Jul	120217047	A	09-Ago	09-Ago	120218047	B	06-Set	06-Set	120219047	A	04-Oct	04-Oct	1202110047	B	04-Nov	04-Nov	1202111047	A	06-Dic	06-Dic	1202112047
AA	AAP-05-CPDO	CPDO	B	08-Jul	11-Jul	120217057	A	09-Ago	09-Ago	120218057	B	06-Set	06-Set	120219057	A	04-Oct	04-Oct	1202110057	B	04-Nov	04-Nov	1202111057	A	06-Dic	06-Dic	1202112057
AA	AAP-01-SAM	SAM	B	10-Jul	10-Jul	120217011	A	16-Ago	16-Ago	120218011	B	09-Set	09-Set	120219011	B	14-Oct	14-Oct	1202110011	A	11-Oct	11-Oct	1202111011	B	13-Dic	13-Dic	1202112011
AA	AAP-02-SAM	SAM	B	10-Jul	10-Jul	120217021	A	16-Ago	16-Ago	120218021	B	09-Set	09-Set	120219021	B	14-Oct	14-Oct	1202110021	A	11-Oct	11-Oct	1202111021	B	13-Dic	13-Dic	1202112021
AA	AAP-01-TX	TRANSMISIONES	B	10-Jul	10-Jul	120217019	A	17-Ago	17-Ago	120218019	B	09-Set	09-Set	120219019	B	14-Oct	14-Oct	1202110019	A	12-Oct	12-Oct	1202111019	B	13-Dic	13-Dic	1202112019
AA	AAP-02-TX	TRANSMISIONES	B	10-Jul	10-Jul	120217029	A	17-Ago	17-Ago	120218029	B	09-Set	09-Set	120219029	B	14-Oct	14-Oct	1202110029	A	12-Oct	12-Oct	1202111029	B	13-Dic	13-Dic	1202112029
AA	AAP-01-AXE	AXE	B	10-Jul	10-Jul	1202170110	A	17-Ago	17-Ago	1202180110	B	09-Set	09-Set	1202190110	B	14-Oct	15-Oct	12021100110	A	12-Oct	12-Oct	12021110110	B	13-Dic	13-Dic	12021120110
AA	AAP-02-AXE	AXE	B	10-Jul	10-Jul	1202170210	A	17-Ago	17-Ago	1202180210	B	09-Set	09-Set	1202190210	B	14-Oct	14-Oct	12021100210	A	12-Oct	12-Oct	12021110210	B	13-Dic	13-Dic	12021120210

### Anexo E: Formato Diagrama Gantt de programación del 2021



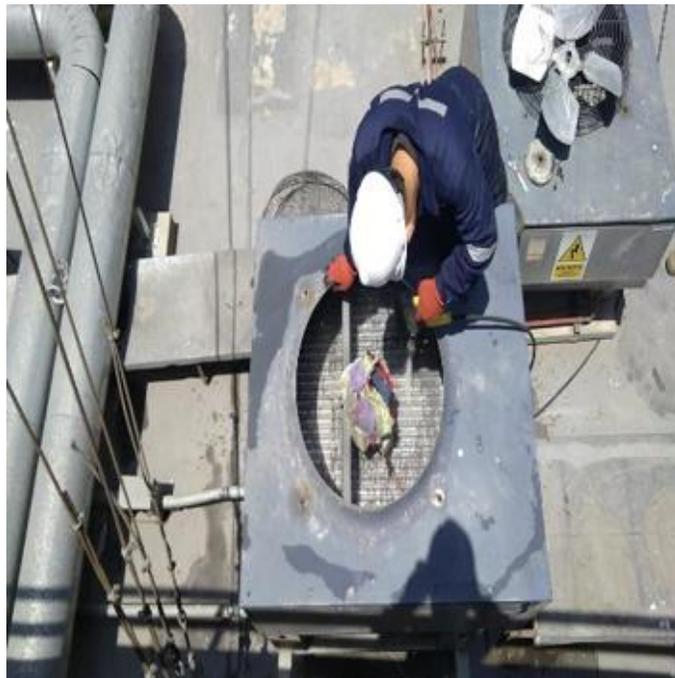
## Anexo F: Formato de registro de incidencias

Equipo	Sala	Año	OT	Fecha inicio de falla	Duraci	Fecha final de falla	Descripción Incidencia	Medidas correctivas	Estado de incidenc	Técnico electromecánico a cargo
AAP-01-TX	TRANSMISIONES	2021	20211100	01/01/2021 00:00	43.50	02/01/2021 19:30	Incidente registrado el 11/11/2020 y no se tomaron medidas correctivas.	Se programa correctivo. Reemplazo de compresor hermético en equipo.	Resuelto	Miguel casiano
AAP-01-SAM	SAM	2021	202117910	07/01/2021 09:10	32.22	08/01/2021 17:23	Display controlador de equipo presenta averías, no permite encendido de compresor.	Se valida que display controlador trabaja irregularmente ya que apaga el compresor sin previo aviso. Se propone el reemplazo de display controlador por un termostato digital y mejorar el control del equipo.	Resuelto	Higinio Silva
AAP-04-CPDO	CPDO	2021	2021115718	15/01/2021 07:18	63.62	17/01/2021 22:55	Alarma de baja presión en sistema 02 de equipo	Se realiza medición de presión en sistema de refrigeración. Se nota fuga de refrigerante por fisura en tubería de sistema 02. Se programa el correctivo. Se realiza soldadura, limpieza, presurizado y vacío de sistema. Recarga de gas refrigerante. Pruebas de funcionamiento en equipo, queda operativo. Se colocó aislante de vibración en sector de tubería.	Resuelto	Rick Ayala
AAP-03-CPDO	CPDO	2021	2021131240	31/01/2021 02:40	19.50	31/01/2021 22:10	Durante la inspección se nota nivel bajo de aceite en compresor 01	Se coordina el abastecimiento de aceite en compresor. Pruebas de funcionamiento, equipo continúa operativo.	Resuelto	Miguel casiano
AAP-03-CPDO	CPDO	2021	20212297	02/02/2021 09:07	15.77	03/02/2021 00:53	Alarma general en equipo. Se nota que contactor de compresor no enclava correctamente	Se coordina el reemplazo de contactor de fuerza de compresor, equipo queda operativo.	Resuelto	Rick Ayala
AAP-01-AXE	AXE	2021	2021292010	09/02/2021 20:10	36.17	11/02/2021 08:20	Durante inspección se realiza medición de temperatura de suministro y me muestra un valor no menor a 20 grados	Se realiza medición de presiones en sistema de refrigeración, donde se nota que no corresponde al nivel indicado. Se realiza recarga de refrigerante y se monitorea nivel, luego de un tiempo no se nota variaciones en presiones nuevamente, por lo que posiblemente el sistema de refrigeración este mezclado con otro tipo de refrigerante que no corresponda. Se coordina la limpieza de sistema y posteriormente pruebas de enfriamiento.	Resuelto	Rick Ayala
AAP-04-CPDO	CPDO	2021	2021361213	06/03/2021 12:13	6.67	06/03/2021 18:53	Hélice desvalanceada en motor de u.c.	Se realiza balanceo mecánico de hélice y ajuste en eje de rotor de motor. Se realizan pruebas de funcionamiento, equipo queda operativo.	Resuelto	Miguel casiano
AAP-01-CPDO	CPDO	2021	2021381820	08/03/2021 18:20	81.05	12/03/2021 03:23	Alarma de baja presión en sistema 02 de equipo	Se realiza medición de presiones en sistema de refrigeración notando que no corresponde al nivel, se realiza recarga de gas pero se muestra que nivel no se mantiene, por lo que debe presentar fuga en la tubería. Se coordina correctivo de fuga de gas refrigerante en tubería de equipo.	Resuelto	Miguel casiano
AAP-05-CPDO	CPDO	2021	202132600	26/03/2021 00:00	24.83	27/03/2021 00:50	Alarma de ciclo corto en sistema 02 de equipo	Se revisa el equipo, donde se nota que control de válvula solenoide de paso de refrigerante hacia el compresor no modula correctamente. Se valida un mal funcionamiento en relay que energiza la válvula solenoide por lo que se requiere el cambio. Se coordina el reemplazo de componente y realizan pruebas de funcionamiento, equipo queda operativo.	Resuelto	Rick Ayala
AAP-01-TX	TRANSMISIONES	2021	20213291147	29/03/2021 11:47	26.82	30/03/2021 14:36	Equipo no se encuentra enfriando	Se realizan pruebas de encendido de equipo mediante el termostato, notando que este presenta desgaste en los contactos de relay interno lo que no permite un buen encendido del equipo. Se coordina el reemplazo de termostato de encendido, se realizan pruebas de funcionamiento, equipo queda operativo.	Resuelto	Rick Ayala
AAP-02-SAM	SAM	2021	20214202230	20/04/2021 22:30	78.87	24/04/2021 05:22	Equipo apagado con compresor 01 averiado	Se realizan pruebas de encendido de compresor, donde se nota que no trabaja, también se nota que contactor de fuerza se encuentra dañado y no permite la activación del compresor. Se reemplaza contactor a modo de prueba para encender compresor pero no enciende, por lo que se determina averiado. Se coordina el reemplazo de compresor, pruebas de funcionamiento, equipo queda operativo.	Resuelto	Higinio Silva

**Anexo G: Organigrama del proyecto OyM Operación y Mantenimiento**

**Anexo H: Mantenimiento preventivo en equipos AAP CPD0, SAM, TX y Axe**









**Anexo J: Cantidad de fallas de los 11 equipos en el 1er periodo, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo**

	Indicador		Cantidad de fallas
	Periodo		01/07/2020 - 05/01/2021
	Fórmula		Suma de fallas
	Semanas		Cantidad de fallas
Semana 01	01/07/2020	07/07/2020	1
Semana 02	08/07/2020	14/07/2020	2
Semana 03	15/07/2020	21/07/2020	1
Semana 04	22/07/2020	28/07/2020	1
Semana 05	29/07/2020	04/08/2020	3
Semana 06	05/08/2020	11/08/2020	0
Semana 07	12/08/2020	18/08/2020	0
Semana 08	19/08/2020	25/08/2020	1
Semana 09	26/08/2020	01/09/2020	1
Semana 10	02/09/2020	08/09/2020	2
Semana 11	09/09/2020	15/09/2020	1
Semana 12	16/09/2020	22/09/2020	1
Semana 13	23/09/2020	29/09/2020	2
Semana 14	30/09/2020	06/10/2020	3
Semana 15	07/10/2020	13/10/2020	0
Semana 16	14/10/2020	20/10/2020	1
Semana 17	21/10/2020	27/10/2020	1
Semana 18	28/10/2020	03/11/2020	0
Semana 19	04/11/2020	10/11/2020	1
Semana 20	11/11/2020	17/11/2020	1
Semana 21	18/11/2020	24/11/2020	1
Semana 22	25/11/2020	01/12/2020	2
Semana 23	02/12/2020	08/12/2020	1
Semana 24	09/12/2020	15/12/2020	2
Semana 25	16/12/2020	22/12/2020	1
Semana 26	23/12/2020	29/12/2020	2
Semana 27	30/12/2020	05/01/2021	1
<b>Suma total</b>			<b>33</b>

**Anexo K: Cantidad de fallas de los 11 equipos en el 2do periodo, después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo**

Indicador			Cantidad de fallas
Periodo			23/02/2021 - 30/08/2021
Fórmula			Suma de fallas
Semanas			Cantidad de fallas
Semana 01	23/02/2021	01/03/2021	0
Semana 02	02/03/2021	08/03/2021	2
Semana 03	09/03/2021	15/03/2021	0
Semana 04	16/03/2021	22/03/2021	0
Semana 05	23/03/2021	29/03/2021	2
Semana 06	30/03/2021	05/04/2021	0
Semana 07	06/04/2021	12/04/2021	0
Semana 08	13/04/2021	19/04/2021	0
Semana 09	20/04/2021	26/04/2021	1
Semana 10	27/04/2021	03/05/2021	2
Semana 11	04/05/2021	10/05/2021	0
Semana 12	11/05/2021	17/05/2021	1
Semana 13	18/05/2021	24/05/2021	1
Semana 14	25/05/2021	31/05/2021	1
Semana 15	01/06/2021	07/06/2021	1
Semana 16	08/06/2021	14/06/2021	1
Semana 17	15/06/2021	21/06/2021	1
Semana 18	22/06/2021	28/06/2021	1
Semana 19	29/06/2021	05/07/2021	0
Semana 20	06/07/2021	12/07/2021	1
Semana 21	13/07/2021	19/07/2021	0
Semana 22	20/07/2021	26/07/2021	0
Semana 23	27/07/2021	02/08/2021	1
Semana 24	03/08/2021	09/08/2021	1
Semana 25	10/08/2021	16/08/2021	1
Semana 26	17/08/2021	23/08/2021	1
Semana 27	24/08/2021	30/08/2021	1
<b>Suma total</b>			<b>20</b>

**Anexo L: Tiempo medio entre fallas MTBF de los 11 equipos en el 1er periodo, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo**

Indicador	Tiempo medio entre fallas MTBF						
Periodo	01/07/2020 - 05/01/2021						
Fórmula	$\text{MTBF} = \frac{\text{Horas planificadas de operación} - \text{Horas con equipo en falla}}{\text{Cantidad de fallas}}$						
Semanas			Cantidad de fallas	Horas planificadas de operación	Horas con equipo en falla	Horas reales de operación	Tiempo medio entre fallas MTBF
Semana 01	01/07/2020	07/07/2020	1	1848.00	42.33	1805.67	1805.67
Semana 02	08/07/2020	14/07/2020	2	1848.00	89.28	1758.72	879.36
Semana 03	15/07/2020	21/07/2020	1	1848.00	77.83	1770.17	1770.17
Semana 04	22/07/2020	28/07/2020	1	1848.00	2.75	1845.25	1845.25
Semana 05	29/07/2020	04/08/2020	3	1848.00	95.92	1752.08	584.03
Semana 06	05/08/2020	11/08/2020	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 07	12/08/2020	18/08/2020	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 08	19/08/2020	25/08/2020	1	1848.00	20.52	1827.48	1827.48
Semana 09	26/08/2020	01/09/2020	1	1848.00	75.07	1772.93	1772.93
Semana 10	02/09/2020	08/09/2020	2	1848.00	60.57	1787.43	893.72
Semana 11	09/09/2020	15/09/2020	1	1848.00	32.05	1815.95	1815.95
Semana 12	16/09/2020	22/09/2020	1	1848.00	95.78	1752.22	1752.22
Semana 13	23/09/2020	29/09/2020	2	1848.00	41.62	1806.38	903.19
Semana 14	30/09/2020	06/10/2020	3	1848.00	329.00	1519.00	506.33
Semana 15	07/10/2020	13/10/2020	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 16	14/10/2020	20/10/2020	1	1848.00	92.07	1755.93	1755.93
Semana 17	21/10/2020	27/10/2020	1	1848.00	95.05	1752.95	1752.95
Semana 18	28/10/2020	03/11/2020	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 19	04/11/2020	10/11/2020	1	1848.00	63.05	1784.95	1784.95
Semana 20	11/11/2020	17/11/2020	1	1848.00	12.02	1835.98	1835.98
Semana 21	18/11/2020	24/11/2020	1	1848.00	84.62	1763.38	1763.38
Semana 22	25/11/2020	01/12/2020	2	1848.00	100.65	1747.35	873.68
Semana 23	02/12/2020	08/12/2020	1	1848.00	23.88	1824.12	1824.12
Semana 24	09/12/2020	15/12/2020	2	1848.00	30.37	1817.63	908.82
Semana 25	16/12/2020	22/12/2020	1	1848.00	68.30	1779.70	1779.70
Semana 26	23/12/2020	29/12/2020	2	1848.00	128.63	1719.37	859.69
Semana 27	30/12/2020	05/01/2021	1	1848.00	43.50	1804.50	1804.50
<b>MTBF promedio</b>							<b>1507.11</b>

**Anexo M: Tiempo medio entre fallas MTBF de los 11 equipos en el 2do periodo, después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo**

Indicador	Tiempo medio entre fallas MTBF						
Periodo	23/02/2021 - 30/08/2021						
Fórmula	$MTBF = \frac{\text{Horas planificadas de operación} - \text{Horas con equipo en falla}}{\text{Cantidad de fallas}}$						
Semanas			Cantidad de fallas	Horas planificadas de operación	Horas con equipo en falla	Horas reales de operación	Tiempo medio entre fallas MTBF
Semana 01	23/02/2021	01/03/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 02	02/03/2021	08/03/2021	2	1848.00	87.72	1760.28	880.14
Semana 03	09/03/2021	15/03/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 04	16/03/2021	22/03/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 05	23/03/2021	29/03/2021	2	1848.00	51.65	1796.35	898.18
Semana 06	30/03/2021	05/04/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 07	06/04/2021	12/04/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 08	13/04/2021	19/04/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 09	20/04/2021	26/04/2021	1	1848.00	78.87	1769.13	1769.13
Semana 10	27/04/2021	03/05/2021	2	1848.00	15.4	1832.60	916.30
Semana 11	04/05/2021	10/05/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 12	11/05/2021	17/05/2021	1	1848.00	3.85	1844.15	1844.15
Semana 13	18/05/2021	24/05/2021	1	1848.00	72.97	1775.03	1775.03
Semana 14	25/05/2021	31/05/2021	1	1848.00	5.35	1842.65	1842.65
Semana 15	01/06/2021	07/06/2021	1	1848.00	8.55	1839.45	1839.45
Semana 16	08/06/2021	14/06/2021	1	1848.00	16.37	1831.63	1831.63
Semana 17	15/06/2021	21/06/2021	1	1848.00	6.1	1841.90	1841.90
Semana 18	22/06/2021	28/06/2021	1	1848.00	39.58	1808.42	1808.42
Semana 19	29/06/2021	05/07/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 20	06/07/2021	12/07/2021	1	1848.00	73.28	1774.72	1774.72
Semana 21	13/07/2021	19/07/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 22	20/07/2021	26/07/2021	0	1848.00	0.00	1848.00	1848.00
Semana 23	27/07/2021	02/08/2021	1	1848.00	42.02	1805.98	1805.98
Semana 24	03/08/2021	09/08/2021	1	1848.00	5.55	1842.45	1842.45
Semana 25	10/08/2021	16/08/2021	1	1848.00	6.90	1841.10	1841.10
Semana 26	05/01/1900	23/08/2021	1	1848.00	42.4	1805.60	1805.60
Semana 27	24/08/2021	30/08/2021	1	1848.00	2.83	1845.17	1845.17
<b>MTBF promedio</b>							<b>1727.48</b>

**Anexo N: Tiempo medio para reparación MTTR de los 11 equipos en el 1er periodo, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo**

Indicador	Tiempo medio para reparación MTTR				
Periodo	01/07/2020 - 05/01/2021				
Fórmula	$MTTR = \frac{\text{Horas con equipo en falla}}{\text{Cantidad de fallas}}$				
Semanas			Cantidad de fallas	Horas con equipo en falla	Tiempo medio para reparación MTTR
Semana 01	01/07/2020	07/07/2020	1	42.33	42.33
Semana 02	08/07/2020	14/07/2020	2	89.28	44.64
Semana 03	15/07/2020	21/07/2020	1	77.83	77.83
Semana 04	22/07/2020	28/07/2020	1	2.75	2.75
Semana 05	29/07/2020	04/08/2020	3	95.92	31.97
Semana 06	05/08/2020	11/08/2020	0	0.00	0.00
Semana 07	12/08/2020	18/08/2020	0	0.00	0.00
Semana 08	19/08/2020	25/08/2020	1	20.52	20.52
Semana 09	26/08/2020	01/09/2020	1	75.07	75.07
Semana 10	02/09/2020	08/09/2020	2	60.57	30.29
Semana 11	09/09/2020	15/09/2020	1	32.05	32.05
Semana 12	16/09/2020	22/09/2020	1	95.78	95.78
Semana 13	23/09/2020	29/09/2020	2	41.62	20.81
Semana 14	30/09/2020	06/10/2020	3	329.00	109.67
Semana 15	07/10/2020	13/10/2020	0	0.00	0.00
Semana 16	14/10/2020	20/10/2020	1	92.07	92.07
Semana 17	21/10/2020	27/10/2020	1	95.05	95.05
Semana 18	28/10/2020	03/11/2020	0	0.00	0.00
Semana 19	04/11/2020	10/11/2020	1	63.05	63.05
Semana 20	11/11/2020	17/11/2020	1	12.02	12.02
Semana 21	18/11/2020	24/11/2020	1	84.62	84.62
Semana 22	25/11/2020	01/12/2020	2	100.65	50.33
Semana 23	02/12/2020	08/12/2020	1	23.88	23.88
Semana 24	09/12/2020	15/12/2020	2	30.37	15.19
Semana 25	16/12/2020	22/12/2020	1	68.30	68.30
Semana 26	23/12/2020	29/12/2020	2	128.63	64.32
Semana 27	30/12/2020	05/01/2021	1	43.50	43.50
<b>MTTR promedio</b>					<b>44.30</b>

**Anexo Ñ: Tiempo medio para reparación MTTR de los 11 equipos en el 2do periodo,  
después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo**

Indicador	Tiempo medio para reparación MTTR				
Periodo	23/02/2021 - 30/08/2021				
Fórmula	$MTTR = \frac{\text{Horas con equipo en falla}}{\text{Cantidad de fallas}}$				
Semanas	Cantidad de fallas	Horas con equipo en falla	Tiempo medio para reparación MTTR		
Semana 01	23/02/2021	01/03/2021	0	0.00	0.00
Semana 02	02/03/2021	08/03/2021	2	87.72	43.86
Semana 03	09/03/2021	15/03/2021	0	0.00	0.00
Semana 04	16/03/2021	22/03/2021	0	0.00	0.00
Semana 05	23/03/2021	29/03/2021	2	51.65	25.83
Semana 06	30/03/2021	05/04/2021	0	0.00	0.00
Semana 07	06/04/2021	12/04/2021	0	0.00	0.00
Semana 08	13/04/2021	19/04/2021	0	0.00	0.00
Semana 09	20/04/2021	26/04/2021	1	78.87	78.87
Semana 10	27/04/2021	03/05/2021	2	15.4	7.70
Semana 11	04/05/2021	10/05/2021	0	0.00	0.00
Semana 12	11/05/2021	17/05/2021	1	3.85	3.85
Semana 13	18/05/2021	24/05/2021	1	72.97	72.97
Semana 14	25/05/2021	31/05/2021	1	5.35	5.35
Semana 15	01/06/2021	07/06/2021	1	8.55	8.55
Semana 16	08/06/2021	14/06/2021	1	16.37	16.37
Semana 17	15/06/2021	21/06/2021	1	6.1	6.10
Semana 18	22/06/2021	28/06/2021	1	39.58	39.58
Semana 19	29/06/2021	05/07/2021	0	0.00	0.00
Semana 20	06/07/2021	12/07/2021	1	73.28	73.28
Semana 21	13/07/2021	19/07/2021	0	0.00	0.00
Semana 22	20/07/2021	26/07/2021	0	0.00	0.00
Semana 23	27/07/2021	02/08/2021	1	42.02	42.02
Semana 24	03/08/2021	09/08/2021	1	5.55	5.55
Semana 25	10/08/2021	16/08/2021	1	6.90	6.90
Semana 26	17/08/2021	23/08/2021	1	42.4	42.40
Semana 27	24/08/2021	30/08/2021	1	2.83	2.83
<b>MTTR promedio</b>					<b>17.85</b>

### Anexo O: Disponibilidad de los 11 equipos en el 1er periodo, antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo

Indicador	Disponibilidad %				
Periodo	01/07/2020 - 05/01/2021				
Fórmula	Disponibilidad = $\frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$				
Semanas	Tiempo medio entre fallas MTBF	Tiempo medio para reparación MTTR	Disponibilidad %		
Semana 01	01/07/2020	07/07/2020	1805.67	42.33	97.71%
Semana 02	08/07/2020	14/07/2020	879.36	44.64	95.17%
Semana 03	15/07/2020	21/07/2020	1770.17	77.83	95.79%
Semana 04	22/07/2020	28/07/2020	1845.25	2.75	99.85%
Semana 05	29/07/2020	04/08/2020	584.03	31.97	94.81%
Semana 06	05/08/2020	11/08/2020	1848.00	0.00	100.00%
Semana 07	12/08/2020	18/08/2020	1848.00	0.00	100.00%
Semana 08	19/08/2020	25/08/2020	1827.48	20.52	98.89%
Semana 09	26/08/2020	01/09/2020	1772.93	75.07	95.94%
Semana 10	02/09/2020	08/09/2020	893.72	30.29	96.72%
Semana 11	09/09/2020	15/09/2020	1815.95	32.05	98.27%
Semana 12	16/09/2020	22/09/2020	1752.22	95.78	94.82%
Semana 13	23/09/2020	29/09/2020	903.19	20.81	97.75%
Semana 14	30/09/2020	06/10/2020	506.33	109.67	82.20%
Semana 15	07/10/2020	13/10/2020	1848.00	0.00	100.00%
Semana 16	14/10/2020	20/10/2020	1755.93	92.07	95.02%
Semana 17	21/10/2020	27/10/2020	1752.95	95.05	94.86%
Semana 18	28/10/2020	03/11/2020	1848.00	0.00	100.00%
Semana 19	04/11/2020	10/11/2020	1784.95	63.05	96.59%
Semana 20	11/11/2020	17/11/2020	1835.98	12.02	99.35%
Semana 21	18/11/2020	24/11/2020	1763.38	84.62	95.42%
Semana 22	25/11/2020	01/12/2020	873.68	50.33	94.55%
Semana 23	02/12/2020	08/12/2020	1824.12	23.88	98.71%
Semana 24	09/12/2020	15/12/2020	908.82	15.19	98.36%
Semana 25	16/12/2020	22/12/2020	1779.70	68.30	96.30%
Semana 26	23/12/2020	29/12/2020	859.69	64.32	93.04%
Semana 27	30/12/2020	05/01/2021	1804.50	43.50	97.65%
<b>Disponibilidad promedio</b>					<b>96.58%</b>

### Anexo P: Disponibilidad de los 11 equipos en el 2do periodo, después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo

Indicador	Disponibilidad %				
Periodo	23/02/2021 - 30/08/2021				
Fórmula	Disponibilidad = $\frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$				
Semanas	Tiempo medio entre fallas MTBF	Tiempo medio para reparación MTTR	Disponibilidad %		
Semana 01	23/02/2021	01/03/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 02	02/03/2021	08/03/2021	880.14	43.86	95.25%
Semana 03	09/03/2021	15/03/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 04	16/03/2021	22/03/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 05	23/03/2021	29/03/2021	898.18	25.83	97.21%
Semana 06	30/03/2021	05/04/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 07	06/04/2021	12/04/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 08	13/04/2021	19/04/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 09	20/04/2021	26/04/2021	1769.13	78.87	95.73%
Semana 10	27/04/2021	03/05/2021	916.30	7.70	99.17%
Semana 11	04/05/2021	10/05/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 12	11/05/2021	17/05/2021	1844.15	3.85	99.79%
Semana 13	18/05/2021	24/05/2021	1775.03	72.97	96.05%
Semana 14	25/05/2021	31/05/2021	1842.65	5.35	99.71%
Semana 15	01/06/2021	07/06/2021	1839.45	8.55	99.54%
Semana 16	08/06/2021	14/06/2021	1831.63	16.37	99.11%
Semana 17	15/06/2021	21/06/2021	1841.90	6.10	99.67%
Semana 18	22/06/2021	28/06/2021	1808.42	39.58	97.86%
Semana 19	29/06/2021	05/07/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 20	06/07/2021	12/07/2021	1774.72	73.28	96.03%
Semana 21	13/07/2021	19/07/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 22	20/07/2021	26/07/2021	1848.00	0.00	100.00%
Semana 23	27/07/2021	02/08/2021	1805.98	42.02	97.73%
Semana 24	03/08/2021	09/08/2021	1842.45	5.55	99.70%
Semana 25	10/08/2021	16/08/2021	1841.10	6.90	99.63%
Semana 26	17/08/2021	23/08/2021	1805.60	42.40	97.71%
Semana 27	24/08/2021	30/08/2021	1845.17	2.83	99.85%
<b>Disponibilidad promedio</b>					<b>98.88%</b>

**Anexo Q: Procedimiento de mantenimiento preventivo de equipos AAP-01, AAP-02, AAP-03, AAP-04 y AAP- 05 de sala CPD0**

MP	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		N° OT
	Título	Equipo Intervenido	Sala
INFORMACION	<b>MANTENIMIENTO BIMESTRAL</b>	<b>AAP-XX-CPD0</b>	<b>CPD 0</b>
	Equipo de Aire Acondicionado de Precisión AAP-XX-CPD0 Liebert		
DESCRIPCIÓN DE LA CRITICIDAD	En la Sala CPD 0 se encuentra el equipo AAP-XX-CPD0 de 30TR de criticidad alta	<b>Nivel de MP</b>	<b>Fecha y hora de las actividades</b>
		<b>A</b>	
PERSONAL NECESARIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 técnico Electromecánico</li> <li>- 1 técnico Eléctrico</li> </ul>	- 2 técnicos apoyo eléctrico/electromecánico	
EQUIPOS DE PROTECION PERSONAL NECESARIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cascos de seguridad 3M</li> <li>- Lentes de seguridad 3M</li> <li>- Guantes multipropósito 3M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zapatos de seguridad</li> <li>- Tapones auditivos de seguridad 3M</li> </ul>	
MATERIALES NECESARIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trapos industriales</li> <li>- Limpia contactos</li> <li>- Conos de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Letrero imantado</li> <li>- Escalera</li> </ul>	
HERRAMIENTAS NECESARIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego de llaves mixtas milimétricas y pulgadas</li> <li>- Juego de destornilladores tipo plano y estrella</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego de Alicates</li> <li>- Juego de llaves Allen milimétricas y pulgadas</li> <li>- Brochas de limpieza</li> </ul>	
INSTRUMENTOS NECESARIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pinza amperimétrica Fluke</li> <li>- Megóhmetro Amprobe</li> <li>- Voltímetro Fluke</li> <li>- Manómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alineador de Polea Laser SKF</li> <li>- Medidor de tensión de Faja SKF</li> <li>- Termohigrómetro HOBO</li> </ul>	

Paso	1. Mantenimiento preventivo de equipo AAP-XX-CPD0	Check
1.01	Elaboración de ATS Análisis de Trabajo Seguro	✓
1.02	Informar al cliente el inicio del mantenimiento	✓
1.03	Confirmación de cliente para el inicio del mantenimiento	✓
1.04	Solicitar la desactivación del FM200 (sistema contra incendios) en la sala con el personal de seguridad	✓
1.05	Confirmación de la desactivación del FM200 en la sala con el personal de seguridad	✓
1.06	<b>Mantenimiento preventivo de unidad evaporadora de equipo AAP-XX-CPD0</b>	✓
1.07	Colocar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.08	Verificación del estado actual de la unidad evaporadora	✓
1.09	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-CPD0: SUB-TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO N°X STTA-X	✓
1.10	Des-energizar equipo AAP-XX-CPD0: Apagar desde display del equipo y pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en SUB-TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO N°X STTA-X, y colocar kit de bloqueo	✓
1.11	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad evaporadora	✓
1.12	Apertura y retiro de las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de protector de inversor de fase	✓

1.14	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de los transformadores del tablero eléctrico	✓
1.16	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjetas de control	✓
1.17	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y humedad	✓
1.18	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de humidificador	✓
1.19	Inspección, limpieza y ajuste de contactores de fuerza en panel eléctrico	✓
1.20	Inspección, limpieza y ajustes de contactos del sensor de aniego	✓
1.21	Inspección, limpieza y ajuste de válvulas solenoides de sistemas de refrigeración	✓
1.22	Inspección, medición, limpieza y ajustes de borneras del motor de la unidad evaporadora	✓
1.23	Limpieza del ventilador (Impulsor de aire)	✓
1.24	Verificar estado de fajas, cambiar si es necesario	✓
1.25	Inspección del estado de poleas, rodamientos y engrase	✓
1.26	Verificación del alineamiento entre canal de la polea del motor con el canal de la polea del ventilador con el uso del alineador de poleas laser SKF	✓
1.27	Inspección y limpieza de serpentín de unidad evaporadora	✓
1.28	Inspección, limpieza y ajuste de bandeja de condensación	✓
1.29	Inspección y limpieza de ducto de suministro de aire	✓
1.30	Inspección y limpieza de ducto de retorno de aire	✓
1.31	Inspección, limpieza y ajuste de las borneras de los compresores	✓
1.32	Inspección del nivel de aceite de los compresores	✓
1.33	Inspección de nivel de gas refrigerante de compresores	✓
1.34	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.35	Inspección y limpieza de los filtros de aire de alta eficiencia, de ser necesario cambiarlos	✓
1.36	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.37	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.38	Energizar equipo AAP-XX-CPD0: Retirar kit de bloqueo, pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en SUB-TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO N°X STTA-X y encender desde display del equipo	✓
1.39	Realizar pruebas de funcionamiento, pruebas de enfriamiento y suministro de aire	✓
1.40	Realizar registro final de parámetros eléctricos y de funcionamiento de equipo	✓
1.41	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-CPD0	✓
1.42	Cerrar las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.43	Retirar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.44	Informar al jefe O&M la culminación del mantenimiento preventivo en el equipo AAP-XX-CPD0 (evaporadora y condensadora)	✓
1.45	Solicitar la activación del FM200 (sistema contra incendios) en la sala con el personal de seguridad	✓
1.46	Confirmación de la activación del FM200 en la sala con el personal de seguridad	✓
1.47	Jefe O&M debe informar sobre la culminación del mantenimiento preventivo al cliente	✓

	<b>Mantenimiento preventivo de unidad condensadora de equipo AAP-XX-CPD0</b>	<b>Check</b>
1.01	Colocar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.02	Verificación del estado actual de la unidad condensadora	✓
1.03	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-CPD0: SUB-TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO N°X STTA-X	✓
1.04	Des-energizar equipo AAP-XX-CPD0: Pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en SUB-TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO N°X STTA-X, y colocar kit de bloqueo	✓
1.05	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad condensadora	✓

1.06	Apertura y retiro de las tapas frontales de la unidad condensadora	✓
1.07	Retiro, limpieza y medición de los motores ventiladores	✓
1.08	Inspección del estado de rodamientos, engrase y cambiarlas si es necesario	✓
1.09	Inspección y lavado del serpentín de la unidad condensadora con hidrolavadora	✓
1.10	Secado de la unidad condensadora	✓
1.11	Colocar motores ventiladores	✓
1.12	Inspección, limpieza y ajuste de contactores de los motores	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste del transformador de control	✓
1.14	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjeta de control	✓
1.16	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y presión	✓
1.17	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.18	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.19	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.20	Energizar equipo AAP-XX-CPD0: Retirar kit de bloqueo y pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en SUB-TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO N°X STTA-X	✓
1.21	Realizar pruebas de funcionamiento y registro final de parámetros eléctricos	✓
1.22	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-CPD0	✓
1.23	Cerrar las tapas frontales de la unidad condensadora	✓
1.24	Retirar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓

### Anexo R: Procedimiento de mantenimiento preventivo de equipos AAP-01 y AAP-02 de sala SAM

MP	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		N° OT
	Título	Equipo Intervenido	Sala
<b>INFORMACION</b>	<b>MANTENIMIENTO TRIMESTRAL</b> Equipo de Aire Acondicionado de Precisión AAP-XX-SAM Data Aire	<b>AAP-XX-SAM</b>	<b>SAM</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA CRITICIDAD</b>	En la Sala SAM se encuentra el equipo AAP-XX-SAM de 10TR de criticidad media-alta.	<b>Nivel de MP</b>	<b>Fecha y hora de las actividades</b>
		<b>A</b>	
<b>PERSONAL NECESARIO</b>	- 1 técnico Electromecánico - 1 técnico Eléctrico	- 2 técnicos apoyo eléctrico/electromecánico	
<b>EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL NECESARIOS</b>	- Cascos de seguridad 3M - Lentes de seguridad 3M - Guantes multipropósito 3M	- Zapatos de seguridad - Tapones auditivos de seguridad 3M	
<b>MATERIALES NECESARIOS</b>	- Trapos industriales - Limpia contactos - Conos de seguridad	- Letrero imantado - Escalera	

<b>HERRAMIENTAS NECESARIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego de llaves mixtas milimétricas y pulgadas</li> <li>- Juego de destornilladores tipo plano y estrella</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego de Alicates</li> <li>- Juego de llaves Allen milimétricas y pulgadas</li> <li>- Brochas de limpieza</li> </ul>
<b>INSTRUMENTOS NECESARIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pinza amperimétrica Fluke</li> <li>- Megóhmetro Amprobe</li> <li>- Voltímetro Fluke</li> <li>- Manómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alineador de Polea Laser SKF</li> <li>- Medidor de tensión de Faja SKF</li> <li>- Termohigrómetro HOBO</li> </ul>

Paso	1. Mantenimiento preventivo de equipo AAP-XX-SAM	Check
1.01	Elaboración de ATS Análisis de Trabajo Seguro	✓
1.02	Informar al cliente el inicio del mantenimiento	✓
1.03	Confirmación de cliente para el inicio del mantenimiento	✓
1.04	Solicitar la desactivación del FM200 (sistema contra incendios) en la sala con el personal de seguridad	✓
1.05	Confirmación de la desactivación del FM200 en la sala con el personal de seguridad	✓
1.06	<b>Mantenimiento preventivo de unidad evaporadora de equipo AAP-XX-SAM</b>	✓
1.07	Colocar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.08	Verificación del estado actual de la unidad evaporadora	✓
1.09	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-SAM: TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO AIRDATA	✓
1.10	Des-energizar equipo AAP-XX-SAM: Apagar y pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO AIRDATA, y colocar kit de bloqueo	✓
1.11	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad evaporadora	✓
1.12	Apertura y retiro de las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de protector de inversor de fase	✓
1.14	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de los transformadores del tablero eléctrico	✓
1.16	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjetas de control	✓
1.17	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y humedad	✓
1.18	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de humidificador	✓
1.19	Inspección, limpieza y ajuste de contactores de fuerza en panel eléctrico	✓
1.20	Inspección, limpieza y ajustes de contactos del sensor de aniego	✓
1.21	Inspección, limpieza y ajuste de válvulas solenoides de sistemas de refrigeración	✓
1.22	Inspección, medición, limpieza y ajustes de borneras del motor de la unidad evaporadora	✓
1.23	Limpieza del ventilador (Impulsor de aire)	✓
1.24	Verificar estado de fajas, cambiar si es necesario	✓
1.25	Inspección del estado de poleas, rodamientos y engrase	✓
1.26	Verificación del alineamiento entre canal de la polea del motor con el canal de la polea del ventilador con el uso del alineador de poleas laser SKF	✓
1.27	Inspección y limpieza de serpentín de unidad evaporadora	✓
1.28	Inspección, limpieza y ajuste de bandeja de condensación	✓
1.29	Inspección y limpieza de ducto de suministro de aire	✓
1.30	Inspección y limpieza de ducto de retorno de aire	✓
1.31	Inspección, limpieza y ajuste de las borneras de los compresores	✓
1.32	Inspección del nivel de aceite de los compresores	✓
1.33	Inspección de nivel de gas refrigerante de compresores	✓
1.34	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.35	Inspección y limpieza de los filtros de malla metálica	✓

1.36	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.37	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.38	Energizar equipo AAP-XX-SAM: Retirar kit de bloqueo, pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO AIRDATA y encender	✓
1.39	Realizar pruebas de funcionamiento, pruebas de enfriamiento y suministro de aire	✓
1.40	Realizar registro final de parámetros eléctricos y de funcionamiento de equipo	✓
1.41	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-SAM	✓
1.42	Cerrar las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.43	Retirar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.44	Informar al jefe O&M la culminación del mantenimiento preventivo en el equipo AAP-XX-SAM (evaporadora y condensadora)	✓
1.45	Solicitar la activación del FM200 (sistema contra incendios) en la sala con el personal de seguridad	✓
1.46	Confirmación de la activación del FM200 en la sala con el personal de seguridad	✓
1.47	Jefe O&M debe informar sobre la culminación del mantenimiento preventivo al cliente	✓

	<b>Mantenimiento preventivo de unidad condensadora de equipo AAP-XX-SAM</b>	<b>Check</b>
1.01	Colocar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.02	Verificación del estado actual de la unidad condensadora	✓
1.03	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-SAM: TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO AIRDATA	✓
1.04	Des-energizar equipo AAP-XX-SAM: Apagar y pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO CKTO AIRDATA, y colocar kit de bloqueo	✓
1.05	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad condensadora	✓
1.06	Apertura y retiro de las tapas frontales de la unidad condensadora	✓
1.07	Retiro, limpieza y medición de los motores ventiladores	✓
1.08	Inspección y lavado del serpentín de la unidad condensadora con hidrolavadora	✓
1.09	Secado de la unidad condensadora	✓
1.10	Colocar motores ventiladores	✓
1.11	Inspección, limpieza y ajuste de contactores de los motores	✓
1.12	Inspección, limpieza y ajuste del transformador de control	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.14	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjeta de control	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y presión	✓
1.16	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.17	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.18	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.19	Energizar equipo AAP-XX-SAM: Retirar kit de bloqueo, pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en TABLERO DE AIRE ACONDICIONADO AIRDATA y encender	✓
1.20	Realizar pruebas de funcionamiento y registro final de parámetros eléctricos	✓
1.21	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-SAM	✓
1.22	Cerrar las tapas frontales de la unidad condensadora	✓
1.23	Retirar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓

**Anexo S: Procedimiento de mantenimiento preventivo de equipos AAP-01 y AAP-02 de sala TRANSMISIONES (TX)**

MP	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		N° OT
	Título	Equipo Intervenido	Sala
INFORMACION	<b>MANTENIMIENTO TRIMESTRAL</b>	<b>AAP-XX-TX</b>	<b>TX</b>
	Equipo de Aire Acondicionado de Precisión AAP-XX-TX Liebert		
DESCRIPCIÓN DE LA CRITICIDAD	En la Sala TX se encuentra el equipo AAP-XX-TX de 05TR de criticidad media-alta.	<b>Nivel de MP</b>	<b>Fecha y hora de las actividades</b>
		<b>A</b>	
PERSONAL NECESARIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 técnico Electromecánico</li> <li>- 1 técnico Eléctrico</li> </ul>	- 2 técnicos apoyo eléctrico/electromecánico	
EQUIPOS DE PROTECION PERSONAL NECESARIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cascos de seguridad 3M</li> <li>- Lentes de seguridad 3M</li> <li>- Guantes multipropósito 3M</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zapatos de seguridad</li> <li>- Tapones auditivos de seguridad 3M</li> </ul>	
MATERIALES NECESARIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trapos industriales</li> <li>- Limpia contactos</li> <li>- Conos de seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Letrero imantado</li> <li>- Escalera</li> </ul>	
HERRAMIENTAS NECESARIAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego de llaves mixtas milimétricas y pulgadas</li> <li>- Juego de destornilladores tipo plano y estrella</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego de Alicates</li> <li>- Juego de llaves Allen milimétricas y pulgadas</li> <li>- Brochas de limpieza</li> </ul>	
INSTRUMENTOS NECESARIOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pinza amperimétrica Fluke</li> <li>- Megóhmetro Amprobe</li> <li>- Voltímetro Fluke</li> <li>- Manómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alineador de Polea Laser SKF</li> <li>- Medidor de tensión de Faja SKF</li> <li>- Termohigrómetro HOBO</li> </ul>	

Paso	1. Mantenimiento preventivo de equipo AAP-XX-TX	Check
1.01	Elaboración de ATS Análisis de Trabajo Seguro	✓
1.02	Informar al cliente el inicio del mantenimiento	✓
1.03	Confirmación de cliente para el inicio del mantenimiento	✓
1.04	<b>Mantenimiento preventivo de unidad evaporadora de equipo AAP-XX-TX</b>	✓
1.05	Colocar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.06	Verificación del estado actual de la unidad evaporadora	✓
1.07	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-TX: Tablero A/A Sala TX – Liebert	✓
1.08	Des-energizar equipo AAP-XX-TX: Apagar y pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en Tablero A/A Sala TX – Liebert, y colocar kit de bloqueo	✓
1.09	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad evaporadora	✓
1.10	Apertura y retiro de las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.11	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de protector de inversor de fase	✓
1.12	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de los transformadores del tablero eléctrico	✓

1.14	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjetas de control	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y humedad	✓
1.16	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de humidificador	✓
1.17	Inspección, limpieza y ajuste de contactores de fuerza en panel eléctrico	✓
1.18	Inspección, limpieza y ajustes de contactos del sensor de aniego	✓
1.19	Inspección, limpieza y ajuste de válvulas solenoides de sistemas de refrigeración	✓
1.20	Inspección, medición, limpieza y ajustes de borneras del motor de la unidad evaporadora	✓
1.21	Limpieza del ventilador (Impulsor de aire)	✓
1.22	Verificar estado de faja, cambiar si es necesario	✓
1.23	Inspección del estado de poleas, rodamientos y engrase	✓
1.24	Verificación del alineamiento entre canal de la polea del motor con el canal de la polea del ventilador con el uso del alineador de poleas laser SKF	✓
1.25	Inspección y limpieza de serpentín de unidad evaporadora	✓
1.26	Inspección, limpieza y ajuste de bandeja de condensación	✓
1.27	Inspección y limpieza de ducto de suministro de aire	✓
1.28	Inspección y limpieza de ducto de retorno de aire	✓
1.29	Inspección, limpieza y ajuste de las borneras del compresor	✓
1.30	Inspección del nivel de aceite del compresor	✓
1.31	Inspección de nivel de gas refrigerante del compresor	✓
1.32	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.33	Inspección y limpieza de los filtros de aire de alta eficiencia, de ser necesario reemplazar	✓
1.34	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.35	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.36	Energizar equipo AAP-XX-TX: Retirar kit de bloqueo, pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en Tablero A/A Sala TX – Liebert y encender	✓
1.37	Realizar pruebas de funcionamiento, pruebas de enfriamiento y suministro de aire	✓
1.38	Realizar registro final de parámetros eléctricos y de funcionamiento de equipo	✓
1.39	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-TX	✓
1.40	Cerrar las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.41	Retirar etiqueta de “equipo en mantenimiento preventivo”	✓
1.42	Informar al jefe O&M la culminación del mantenimiento preventivo en el equipo AAP-XX-TX (evaporadora y condensadora)	✓
1.43	Jefe O&M debe informar sobre la culminación del mantenimiento preventivo al cliente	✓

	<b>Mantenimiento preventivo de unidad condensadora de equipo AAP-XX-TX</b>	<b>Check</b>
1.01	Colocar etiqueta de “equipo en mantenimiento preventivo”	✓
1.02	Verificación del estado actual de la unidad condensadora	✓
1.03	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-TX: Tablero A/A Sala TX – Liebert	✓
1.04	Des-energizar equipo AAP-XX-TX: Apagar y pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en Tablero A/A Sala TX – Liebert, y colocar kit de bloqueo	✓
1.05	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad condensadora	✓
1.06	Apertura y retiro de la tapa frontal de la unidad condensadora	✓
1.07	Retiro, limpieza y medición del motor ventilador	✓
1.08	Inspección del estado de rodamientos, engrase y cambiarlas si es necesario	✓

1.09	Inspección y lavado del serpentín de la unidad condensadora con hidrolavadora	✓
1.10	Secado de la unidad condensadora	✓
1.11	Colocar motor ventilador	✓
1.12	Inspección, limpieza y ajuste de contactor de motor	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste del transformador de control	✓
1.14	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjeta de control/variador de frecuencia	✓
1.16	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y presión	✓
1.17	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.18	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.19	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.20	Energizar equipo AAP-XX-TX: Retirar kit de bloqueo, pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en Tablero A/A Sala TX – Liebert y encender	✓
1.21	Realizar pruebas de funcionamiento y registro final de parámetros eléctricos	✓
1.22	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-TX	✓
1.23	Cerrar la tapa frontal de la unidad condensadora	✓
1.24	Retirar etiqueta de “equipo en mantenimiento preventivo”	✓

### Anexo T: Procedimiento de mantenimiento preventivo de equipos AAP-01 y AAP-02 de sala AXE

MP	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		N° OT
	Título	Equipo Intervenido	Sala
<b>INFORMACION</b>	<b>MANTENIMIENTO TRIMESTRAL</b> Equipo de Aire Acondicionado de Precisión AAP-XX-AXE Liebert	<b>AAP-XX-AXE</b>	<b>AXE</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA CRITICIDAD</b>	En la Sala AXE se encuentra el equipo AAP-XX-AXE de 05TR de criticidad media-alta.	<b>Nivel de MP</b>	<b>Fecha y hora de las actividades</b>
		<b>A</b>	
<b>PERSONAL NECESARIO</b>	- 1 técnico Electromecánico - 1 técnico Eléctrico	- 2 técnicos apoyo eléctrico/electromecánico	
<b>EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL NECESARIOS</b>	- Cascos de seguridad 3M - Lentes de seguridad 3M - Guantes multipropósito 3M	- Zapatos de seguridad - Tapones auditivos de seguridad 3M	
<b>MATERIALES NECESARIOS</b>	- Trapos industriales - Limpia contactos - Conos de seguridad	- Letrero imantado - Escalera	
<b>HERRAMIENTAS NECESARIAS</b>	- Juego de llaves mixtas milimétricas y pulgadas - Juego de destornilladores tipo plano y estrella	- Juego de Alicates - Juego de llaves Allen milimétricas y pulgadas - Brochas de limpieza	
<b>INSTRUMENTOS NECESARIOS</b>	- Pinza amperimétrica Fluke - Megóhmetro Amprobe	- Alineador de Polea Laser SKF - Medidor de tensión de Faja SKF	

	- Voltímetro Fluke - Manómetro	- Termohigrómetro HOBO
--	-----------------------------------	------------------------

Paso	1. Mantenimiento preventivo de equipo AAP-XX-AXE	Check
1.01	Elaboración de ATS Análisis de Trabajo Seguro	✓
1.02	Informar al cliente el inicio del mantenimiento	✓
1.03	Confirmación de cliente para el inicio del mantenimiento	✓
1.04	<b>Mantenimiento preventivo de unidad evaporadora de equipo AAP-XX-AXE</b>	✓
1.05	Colocar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.06	Verificación del estado actual de la unidad evaporadora	✓
1.07	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-AXE: Tablero de aire acondicionado Voltaje 230/PH 3/HZ 60	✓
1.08	Des-energizar equipo AAP-XX-AXE: Apagar y pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en Tablero de aire acondicionado Voltaje 230/PH 3/HZ 60, y colocar kit de bloqueo	✓
1.09	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad evaporadora	✓
1.10	Apertura y retiro de las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.11	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de protector de inversor de fase	✓
1.12	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de los transformadores del tablero eléctrico	✓
1.14	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjetas de control	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y humedad	✓
1.16	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de humidificador	✓
1.17	Inspección, limpieza y ajuste de contactores de fuerza en panel eléctrico	✓
1.18	Inspección, limpieza y ajustes de contactos del sensor de aniego	✓
1.19	Inspección, limpieza y ajuste de válvulas solenoides de sistemas de refrigeración	✓
1.20	Inspección, medición, limpieza y ajustes de borneras del motor de la unidad evaporadora	✓
1.21	Limpieza del ventilador (Impulsor de aire)	✓
1.22	Verificar estado de faja, cambiar si es necesario	✓
1.23	Inspección del estado de poleas, rodamientos y engrase	✓
1.24	Verificación del alineamiento entre canal de la polea del motor con el canal de la polea del ventilador con el uso del alineador de poleas laser SKF	✓
1.25	Inspección y limpieza de serpentín de unidad evaporadora	✓
1.26	Inspección, limpieza y ajuste de bandeja de condensación	✓
1.27	Inspección y limpieza de ducto de suministro de aire	✓
1.28	Inspección y limpieza de ducto de retorno de aire	✓
1.29	Inspección, limpieza y ajuste de las borneras del compresor	✓
1.30	Inspección del nivel de aceite del compresor	✓
1.31	Inspección de nivel de gas refrigerante del compresor	✓
1.32	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.33	Inspección y limpieza de los filtros de aire de alta eficiencia, de ser necesario reemplazar	✓
1.34	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.35	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.36	Energizar equipo AAP-XX-AXE: Retirar kit de bloqueo, pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad evaporadora) y breaker en Tablero de aire acondicionado Voltaje 230/PH 3/HZ 60 y encender	✓
1.37	Realizar pruebas de funcionamiento, pruebas de enfriamiento y suministro de aire	✓
1.38	Realizar registro final de parámetros eléctricos y de funcionamiento de equipo	✓

1.39	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-AXE	✓
1.40	Cerrar las tapas frontales y laterales de la unidad evaporadora	✓
1.41	Retirar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.42	Informar al jefe O&M la culminación del mantenimiento preventivo en el equipo AAP-XX-AXE (evaporadora y condensadora)	✓
1.43	Jefe O&M debe informar sobre la culminación del mantenimiento preventivo al cliente	✓

	<b>Mantenimiento preventivo de unidad condensadora de equipo AAP-XX-AXE</b>	<b>Check</b>
1.01	Colocar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓
1.02	Verificación del estado actual de la unidad condensadora	✓
1.03	Identificar el tablero de alimentación y breaker correspondiente al equipo Para equipo AAP-XX-AXE: Tablero de aire acondicionado Voltaje 230/PH 3/HZ 60	✓
1.04	Des-energizar equipo AAP-XX-AXE: Apagar y pasar de estado ON a OFF breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en Tablero de aire acondicionado Voltaje 230/PH 3/HZ 60, y colocar kit de bloqueo	✓
1.05	Verificación de ausencia de energía eléctrica en la unidad condensadora	✓
1.06	Apertura y retiro de la tapa frontal de la unidad condensadora	✓
1.07	Retiro, limpieza y medición del motor ventilador	✓
1.08	Inspección del estado de rodamientos, engrase y cambiarlas si es necesario	✓
1.09	Inspección y lavado del serpentín de la unidad condensadora con hidrolavadora	✓
1.10	Secado de la unidad condensadora	✓
1.11	Colocar motor ventilador	✓
1.12	Inspección, limpieza y ajuste de contactor de motor	✓
1.13	Inspección, limpieza y ajuste del transformador de control	✓
1.14	Inspección, limpieza y ajuste de fusibles del tablero eléctrico	✓
1.15	Inspección, limpieza y ajuste de contactos de tarjeta de control/variador de frecuencia	✓
1.16	Inspección, limpieza y ajuste de contactos del sensor de temperatura y presión	✓
1.17	Ajuste de los pernos de soporte y estructuras	✓
1.18	Realizar limpieza en el interior y exterior del equipo	✓
1.19	Retirar herramientas e instrumentos utilizados	✓
1.20	Energizar equipo AAP-XX-AXE: Retirar kit de bloqueo, pasar de estado OFF a ON breaker principal de alimentación (unidad condensadora) y breaker en Tablero de aire acondicionado Voltaje 230/PH 3/HZ 60 y encender	✓
1.21	Realizar pruebas de funcionamiento y registro final de parámetros eléctricos	✓
1.22	Validación de correcto funcionamiento del equipo AAP-XX-AXE	✓
1.23	Cerrar la tapa frontal de la unidad condensadora	✓
1.24	Retirar etiqueta de "equipo en mantenimiento preventivo"	✓