



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

Diseñar un Plan de Mantenimiento Preventivo Basada en la Confiabilidad (RCM) Para Mejora De la Operatividad de los Transformadores de Potencia de 75KVA de la Empresa ADEN EIRL

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Castro Zapata, Rodolfo Diego (orcid.org/0000-0001-6670-5888)

Vera Silva, Luis Fernando (orcid.org/0000-0002-4078-8483)

ASESOR:

Dr. Jimenez Zuloeta, Wilson Alejandro (orcid.org/0000-0001-7030-6345)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHICLAYO — PERÚ

2024

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por brindarme las fuerzas necesarias para hacer este sueño realidad, a mis padres quienes me apoyaron incondicionalmente que con su esfuerzo y sacrificio en mi segunda carrera.

Luis Fernando Vera Silva

Agradezco a Dios por haberme brindado una familia maravillosa y seguir encaminando a esta instancia de mis estudios; quienes han estado presente para apoyarme moral y psicológicamente.

Rodolfo Diego Castro Zapata

Agradecimiento

Agradezco principalmente a Dios por darme salud y vida; y los más preciados que tengo, mis padres, mi hermana.

Al cuerpo docente de esta casa de estudios por todos los conocimientos y orientación brindados a lo largo de nuestra formación académica profesional.

Luis Fernando Vera Silva

El agradecimiento de mi tesis principalmente es a Dios por haberme encaminado y guiado para seguir adelante.

A la Universidad Cesar Vallejo por la oportunidad de brindar los conocimientos en este trabajo de investigación

A mi familia y amigos quienes han contribuido en esta etapa de mi vida.

Rodolfo Diego Castro Zapata



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JIMENEZ ZULOETA WILSON ALEJANDRO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "DISEÑAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADA EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA MEJORA DE LA OPERATIVIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 75KVA DE LA EMPRESA ADEN EIRL", cuyos autores son VERA SILVA LUIS FERNANDO, CASTRO ZAPATA RODOLFO DIEGO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 20 de Julio del 2024

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|---|
| JIMENEZ ZULOETA WILSON ALEJANDRO DNI: 16698212 ORCID: 0000-0001-7030-6345 | Firmado electrónicamente por: WJIMENEZU el 20- 07-2024 18:15:59 |

Código documento Trilce: TRI - 0825831



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, VERA SILVA LUIS FERNANDO, CASTRO ZAPATA RODOLFO DIEGO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "DISEÑAR UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADA EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA MEJORA DE LA OPERATIVIDAD DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 75KVA DE LA EMPRESA ADEN EIRL", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|--|--|
| RODOLFO DIEGO CASTRO ZAPATA DNI: 71038451 ORCID: 0000-0001-8670-5888 | Firmado electrónicamente por: RCASTROZA15 el 20-07-2024 23:07:23 |
| LUIS FERNANDO VERA SILVA DNI: 74577881 ORCID: 0000-0002-4078-8483 | Firmado electrónicamente por: VSILVALF el 20-07-2024 11:17:11 |

Código documento Trilce: TRI - 0825632

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Declaratoria de asesor..... | iv |
| Declaratoria de autor..... | v |
| Índice de contenidos..... | vi |
| Índice de tablas..... | vii |
| Índice de gráficos..... | viii |
| RESUMEN..... | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEORICO..... | 3 |
| III. METODOLOGÍA..... | 9 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación..... | 9 |
| 3.2 Variables y operacionalización..... | 9 |
| 3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis | 10 |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 12 |
| 3.5 Procedimientos | 13 |
| 3.6 Método de análisis de datos | 14 |
| 3.7 Aspectos éticos..... | 14 |
| IV. RESULTADOS..... | 15 |
| 4.1 Diagnóstico del estado operativo de los transformadores en el área de producción de la empresa ADEN EIRL..... | 15 |
| 4.2 Diseño e implementación del plan de mantenimiento..... | 19 |
| 4.4 Análisis de la productividad post implementación del plan de mantenimiento preventivo | 22 |
| 4.5 Evaluación económica del plan de mantenimiento..... | 26 |
| V. DISCUSIÓN | 33 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 34 |
| VII. RECOMENDACIONES | 35 |
| REFERENCIAS..... | 36 |
| ANEXOS | 40 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Lista de transformadores de la empresa ADEN..... | 11 |
| Tabla 2 Resultados del cuestionario según las causas de la indisponibilidad de los equipos..... | 17 |
| Tabla 3 Resultados de la encuesta aplicada al personal de trabajo... .. | 18 |
| Tabla 4 Mantenimiento correctivo no planificado..... | 19 |
| Tabla 5 Actividades para realizar un mantenimiento preventivo a los transformadores..... | 20 |
| Tabla 6 Actividades a realizar | 22 |
| Tabla 7, comparación entre MTBF pre y post implementación | 26 |
| Tabla 8. comparación entre MTTR pre y post implementación | 27 |
| Tabla 9 Comparación entre indicadores de la disponibilidad | 28 |
| Tabla 10 Costos por capacitación | 29 |
| Tabla 11 Lista de repuestos y consumibles – 2º semestre..... | 30 |
| Tabla 12 Recursos para implementación del plan de mantenimiento | 31 |
| Tabla 13 Comparación de costes invertidos en cada semestre | 31 |
| Tabla 14 Financiamiento bancario..... | 32 |
| Tabla 15 Flujo de caja del plan de mantenimiento..... | 33 |
| Tabla 16 Resultado de los indicadores financieros..... | 34 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 Diagrama de Ishikawa relación causa – efecto..... | 8 |
| Gráfico 2 Proceso de desarrollo de la investigación | 14 |
| Gráfico 3 Elementos del RCM para elaborar un plan de mantenimiento..... | 16 |
| Gráfico 4 Mantenimiento correctivo no planificado | 19 |
| Gráfico 5 MTBF Post implementación..... | 25 |
| Gráfico 6 MTTR Post implementación..... | 27 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Transformador de potencia de 75kva | 12 |
| Figura 2: Placa de datos del transformador de potencia de 75kva..... | 12 |

RESUMEN

La presente, realizado entre 2023 y 2024, es crear un plan de mantenimiento preventivo basado en la fiabilidad (RCM) que aumente la operatividad de los transformadores de potencia de 75KVA de ADEN EIRL.

El estudio emplea un enfoque de investigación aplicada no experimental y descriptiva. Sus variables son la operatividad y la fiabilidad del mantenimiento preventivo basado en RCM. Utiliza como muestra los transformadores de potencia de 75KVA de la empresa ADEN EIRL, lo que permitió establecer una técnica cuantitativa y analizar los datos recogidos para apoyar la teoría.

En los resultados obtenidos, se determinó que el uso de un plan de mantenimiento preventivo impulsaba la producción, lo que a su vez permitía terminar los proyectos en el plazo previsto. La disponibilidad era del 85%, pero tras aplicar el plan de mantenimiento preventivo aumentó al 93%. Esto mejoró la producción y produjo un resultado positivo del 8%, demostrando la necesidad de aplicar el plan de mantenimiento.

El costo de mantenimiento preventivo programado costará \$ 7.472,51, mientras que el mantenimiento correctivo no planificado costaría \$ 12.097,38. Esto indica una tasa interna de rentabilidad (TIR) del 51%, superior al WACC, y un valor actual neto de \$ 7.614,68, superior a cero. En consecuencia, su rentabilidad es respetable.

Palabras clave: Mantenimiento, operatividad, transformador

ABSTRACT

The present one, carried out between 2023 and 2024, is to create a reliability-based preventive maintenance (RCM) plan that will increase the operability of ADEN EIRL's 75KVA power transformers.

The study employs a non-experimental, descriptive, applied research approach. Its variables are the operability and reliability of preventive maintenance based on RCM. It uses as a sample the 75KVA power transformers of the company ADEN EIRL, which allowed establishing a quantitative technique and analyzing the data collected to support the theory. In the results obtained, it was determined that the use of a preventive maintenance plan boosted production, which in turn allowed projects to be completed on schedule. Availability was 85%, but after implementing the preventive maintenance plan it increased to 93%. This improved production and produced a positive result of 8%, demonstrating the need to implement the maintenance plan.

The cost of scheduled preventive maintenance will cost \$7,472.51, while unplanned corrective maintenance would cost \$12,097.38. This indicates an internal rate of return (IRR) of 51%, higher than the WACC, and a net present value of \$7,614.68, higher than zero. Consequently, its profitability is respectable.

Keywords: Maintenance, operability, transformer.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas de la industria eléctrica, específicamente en la rama de producción de transformadores de potencia a través del tiempo han tenido un mayor desarrollo debido a los avances tecnológicos, lo cual ha servido como soporte para mantener un valor de voltaje óptimo en las empresas. Ofreciendo a sus clientes diferentes servicios de mantenimientos de calidad.

Actualmente, la empresa carece de un plan de mantenimiento preventivo y sus servicios no están planificados en una metodología de trabajo, lo que resulta en un alto margen de posibles fallas operativas de sus transformadores que deben solucionarse. Las fallas que se acumulan con el tiempo ponen en peligro las maquinas o instalaciones en general.

Infraspeak, (2021), según su investigación “la protección preventiva es esencial en cualquier etapa favoreciendo beneficiosamente las maquinas, y así a menorar el tiempo”.

Sicma, (2021), según su investigación “señala que la protección, estable una inspección o revisión como parte de un plan, puede considerarse protección preventiva. Y lograr descubrir los aditivos o componentes antes de que fallen.

En este caso transformadores son máquinas eléctricas estacionarias, es decir no es mecánico como los motores, ya que su función primordial es la inducción electromagnetismo, lo cual funciona en régimen variable y sinusoidal, son utilizados para reducir o elevar los niveles de voltaje y así poder trasladar grandes niveles de potencias a largas distancias.

Los transformadores llegando a sufrir inestabilidad en su funcionamiento de sus elementos como en la temperatura es un papel predominante en el funcionamiento del transformador, en lo cual se puede encender o generar descargas eléctricas que puede dañar los equipos de las empresas o del personal de trabajo.

La realidad problemática en las empresas es la falta de mantenimiento, por lo tanto, importante gestionar una propuesta de mantenimiento en los transformadores de potencia. El Objetivo general del estudio es “Identificar como influye un plan de mantenimiento preventivo basada en la confiabilidad (RCM) en la operatividad de un transformador de potencia de 75 KVA de la empresa ADEN EIRL”. A su vez, se proponen los siguientes objetivos específicos: “Características del plan de mantenimiento basado en el RCM”, “Determinar los elementos del plan de mantenimiento preventivo basada en la confiabilidad”, “Realizar la propuesta del plan de mantenimiento preventivo basada en la confiabilidad RCM al transformador de potencia de 75kva”, “Evaluación económica del plan de mantenimiento del transformador de potencia de 75kva”. Ya que son fundamentales en las industrias eléctricas, y de esto depende el desarrollo nivel económico y social.

II. MARCO TEÓRICO

Se mencionará algunos trabajos de investigación que nos ha brindado a tener una guía del presente informe.

Como antecedentes internacionales tenemos a:

Pillado, Castillo & de la Riva, (2022), en su artículo científico “Sistemática de gestión de mantenimiento preventivo basada de la confiabilidad” nos recalca que el mantenimiento preventivo hace un seguimiento de las posibles causas de los diversos problemas presentes en una máquina, además implementa soluciones óptimas para ese problema.

Antecedentes nacionales:

Chacón, (2020) según su investigación “El mantenimiento preventivo aumenta la productividad de las empresas minera ya que las maquinarias son los principales”. El estudio realizado da a conocer la relación de la productividad de las maquinarias y el mantenimiento preventivo para un mayor funcionamiento, control y reducción de costos operativos de las maquinas en las minas.

Alban, (2017) según su investigación “fomentar un mantenimiento preventivo como un medio de confiabilidad en la constructora reyes S.R.L.” la investigación nos ayudó a reducir las fallas y averías, al tener un control de los equipos, cuyos elementos determina el estado de las máquinas y así poder definir una propuesta de mantenimiento preventivo o correctivo.

Llarec, (2018) según su investigación “Ofrece un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, incrementando la rentabilidad en la empresa de transporte sayvan E.I.R.L” se puede desarrollar un sistema de mantenimiento y así lograr corregir fallas o predecir futuras fallas, para así obtener confiabilidad y garantizar mayor productividad en dicha empresa.

Antecedentes locales:

Carrillo & Arteaga,(2021), según su investigación “Gestionar un mantenimiento para optimizar la productividad en la máquina CNC de la empresa TFM, Chimbote - 2021”, implementa una gestión de mantenimiento donde se desarrollan formatos de registros de fallas en las maquinas según su gravedad.

Maldonado & Ysique, (2017), según su investigación “Un sistema de mejora basado en el mantenimiento productivo y confiabilidad de la empresa Induamerica S.A.C. – Lambayeque”. La investigación nos da a conocer, que en el área de producción existe demasiado exceso de residuo y busca reducirlo a través de la implementación la metodología basada en los 5 pilares del TPM (mantenimiento autónomo y preventivo, planeado, capacitaciones, seguridad, medio ambiente y determinación del sistema)

Altamirano & Zavaleta, (2016) según su investigación “Plan de gestión de mantenimiento preventivo y la producción en la empresa Naylamp – Chiclayo”, elaboraron un planteamiento preventivo, ya que ayudo a disminuir los costos, mejorar la utilidad y eficiencia.

Carrillo & Ortega, (2021) según su investigación Gestión de mantenimiento y la productividad en la maquina CNC de la empresa TFM, Chimbote”, logró el diseño de formatos para lograr el registro de fallas en los equipos y clasificarlas según su gravedad, además se realizó formatos para los trabajadores con el fin de evaluar sus conocimientos en el mantenimiento preventivo, esto se traduce en 91% de mejora y las metas creció a un 86.10%, como conclusión se da que es convincente hacer capacitaciones al personal y el uso de formatos para un mejor control.

Teorías relacionadas con el tema:

Medrano Gonzales y Días de León, (2017, p.7). según su investigación, “El mantenimiento es aquella acción que conservar las propiedades mecánicas en condiciones óptimas, para un funcionamiento eficiente y a un costo asequible”.

Gestión de mantenimiento, es segura y eficaz ya sea en los materiales y personal en un tiempo determinado para lograr los diversos objetivos de mantenimiento y economía. Esta planificación se da al integrar los objetivos empresariales los cuales nos ayuda a estar en balance con los diversos imprevistos que se puede dar en el proceso productivo o generacional, como meta principal tiene el fin de asegurar la disponibilidad que exige la empresa al costo óptimo.

Mantenimiento preventivo, es un conjunto de intervenciones programadas en un tiempo calculado con el fin de conocer su condición actual o estados anormales que puedan llevar a paros en la línea de producción, perdidas de los equipos e instalaciones.

Patton, (2019) El mantenimiento preventivo comúnmente se relaciona a una programación de mantenimiento que ha producido al conocer sobre los transformadores los cuales se les ejecutara, tal impacto en el sistema y con una sintetiza interacción en la producción para hacerse en el momento más óptimo. Sin embargo, lo cual se requiere una experiencia previa de fallas para la indagación de causas, además se debe seguir la información proporcionada por el fabricante y ajustar al equipo a las condiciones adecuadas para su mejor desempeño.

Los transformadores con un sistema de aislamiento adecuado soportaran de una mejor manera los problemas que se generan como el sobrevoltaje meteorológicas, contactos internos, entre otros.

Se considera un mantenimiento al transformador teniendo en cuenta:

- El deterioro en el sistema de aislamiento del transformador.
- Las pruebas y actividades que nos permitió un criterio del estado del transformador.
- Determinar los resultados obtenidos en las pruebas y actividades en el transformador.
- Medidas correctivas en alguna anomalía en los mantenimientos predictivo y preventivo.

Mantenimiento preventivo

Es una inspección organizada y planificada, así como las actividades prescritas y planificadas de los equipos o maquinas, cuya finalidad es aminorar las emergencias.

Medrano Gonzáles y Díaz de León, (2017, p66) según su investigación "EL mantenimiento se anticipa en planificar ante potenciales fecha en la que podría causar averías, lo que permite limitar las causas de posibles fallas.

Ventajas:

- Seguridad en las instalaciones.
- Costos menores a largo plazo.
- Mayor durabilidad en los equipos y/o maquinas.
- Aumento de fiabilidad de los activos.

Desventajas:

- En algunos casos se requiere tercerizar los trabajos.
- Se requiere una amplia planificación.
- Planificación en las rutinas de trabajo.
- Puede resultar en acciones innecesarias.

Mantenimiento correctivo

Se realiza al diagnosticar un desperfecto, es decir, solo se realizará cuando hay un error y así tomar medidas de corrección.

- Las paradas disminuyen las horas operativas.
- Elevados costos de reparación y repuestos no presupuestados.
- Tiempo que estará sin operación, lo cual no es predecible.

Ventajas:

- Prolonga mayor durabilidad a los equipos.
- Mayor seguridad las instalaciones.
- Mayor organización, control y planificación.
- Disminución de imprevistos presentes en el proceso productivo.
- Reducción en los tiempos de espera.

Desventajas:

- Mayor inversión en personal calificado.
- El tiempo de reparación puede ser variable.
- Averías imprevistas lo que ocasiona alteraciones en la producción.
- Necesidad de tener un amplio stock de partes importantes del equipo.
- No ayuda a determinar el desgaste real de las piezas de los equipos.

FALLAS MAS COMUNES EN UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA

- **Sobrecalentamiento:** causado por un transformador defectuoso, un aislamiento deteriorado o una disipación térmica insuficiente.

Solución: Realizar un mantenimiento preventivo para comprobar los sistemas de refrigeración, controlar el aceite, asegurarse de que el transformador funciona con la carga adecuada y fijar fechas para comprobar la temperatura de funcionamiento.

- **Sobrecarga:** El aumento de temperatura se produce cuando la demanda de potencia supera la capacidad nominal del transformador.

Solución: Utiliza un transformador cuya potencia nominal sea superior a la carga que hay que conectar.

Para obtener una tensión secundaria inferior a la nominal, utilice un transformador con una relación de vueltas variable.

Conecta una carga que no sea tan potente como el transformador.

Para reducir la tensión en el primario del transformador, utilice un regulador de tensión.

- **Falla en el sistema de refrigeración:** El bajo intercambio de calor y la disminución de líquido son el resultado de fugas en las bombas de agua y aceite. Fallo del ventilador o termostato roto.

Solución: Revisión periódica de los equipos de refrigeración

- **Falla en el tanque:** Su función principal es retener el aceite, que se utiliza para aislar y refrigerar. Cuando se dan factores climáticos como una humedad excesiva o la radiación solar, pueden producirse fugas en las paredes del depósito. También se producirían pérdidas de aislamiento y daños en los bobinados internos.

Solución: Revisión periódica del tanque, instalar o verificar el relé de sobrepresión.

- **Fallos en el aislamiento:** se produce como resultado del envejecimiento del material aislante, demasiado calor, exposición a la humedad o la aplicación de

componentes químicos; esto puede provocar problemas eléctricos como descargas parciales o cortocircuitos, poniendo en peligro la eficacia y la seguridad del transformador.

Solución: Se recomienda realizar pruebas y análisis rutinarios del aceite dieléctrico para identificar cualquier contaminante, inspeccionar el sistema de refrigeración y realizar inspecciones visuales.

Diagrama de ISHIKAWA, nos permite entender visualmente las distintas causas de problemas, además es conocido como un diagrama de causa y efecto.

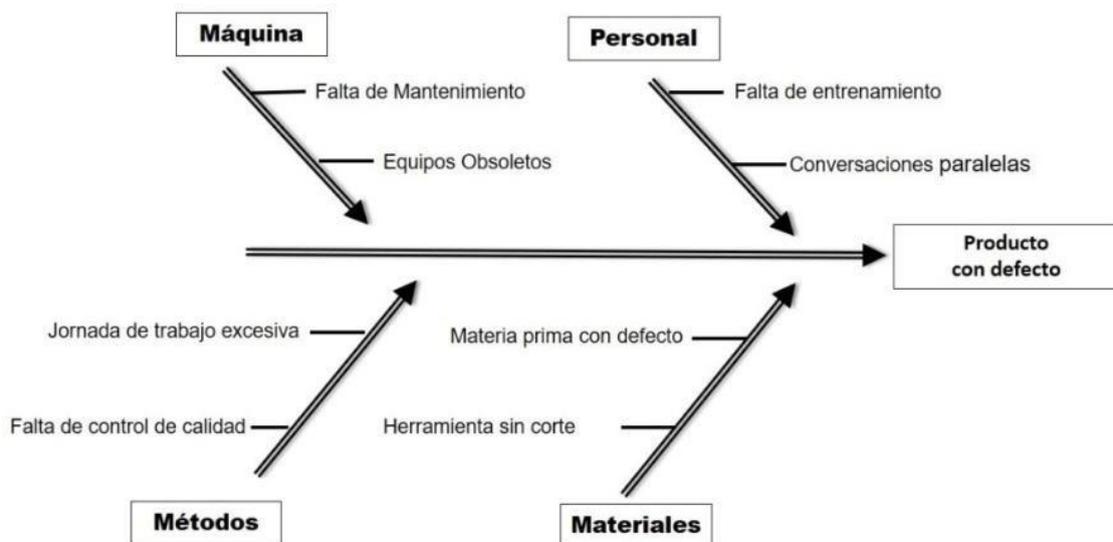


Gráfico 1: Diagrama de Ishikawa relación causa - efecto
Fuente: Diagrama de Mantenimiento

Costos del mantenimiento, es el impacto a nivel económico que genera el mantenimiento a los diversos equipos que cuenta alguna empresa, se divide en 4 variables:

- Directos: Son aquellos que guardan relación de la inspección, control y reparación que necesiten los equipos de la empresa.
- Indirectos: Se vinculan directamente con los gastos del taller o almacén de repuestos (horas hombre).
- Costos generales: Se representa a través de la logística detrás de los distintos planes de mantenimiento.
- Costos de tiempos muertos: Se da mayormente a paradas de producción.

La relación entre el número total de fallos y el tiempo total de funcionamiento del equipo se conoce como tasa de fallos.

$$\lambda(t) = \frac{\text{Número de fallas}}{\sum \text{Horas de operación}}$$

La relación entre el tiempo transcurrido entre averías y fallos se denomina tiempo medio entre fallos (MTBF); cuanto mayor sea este índice, más fiable será el sistema.

Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$MTBF = \frac{\sum \text{Horas de operación}}{\text{Número de fallas}}$$

El tiempo necesario para diagnosticar y reparar un activo con el fin de que funcione con la máxima eficiencia se denomina tiempo medio entre reparaciones (MTTR). Se determina de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\sum \text{Horas de reparación}}{\text{Número de fallas}}$$

El porcentaje de tiempo durante el cual un equipo es accesible y funcional se denomina disponibilidad. Para calcularlo se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% D \text{ TOTAL} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

El MTBF mide la fiabilidad mientras que el MTTR mide la eficacia, su relación nos ayuda a tener una previsión de la cantidad de tiempo que estará indisponible un determinado equipo. Además, ayuda a hacer diversas previsiones sobre los costos de mantenimiento y reparaciones a lo largo del año.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Lozada, (2014, p.34-39) El tipo de investigación que se va a realizar es de tipo aplicada. Teniendo como fundamentos la investigación descriptiva y así determinar un plan de mantenimiento con aplicación directa en la problemática de la sección productivo, en base de los resultados de una investigación tecnológica esencial.

Hernández, (2018p.5) según su investigación "Estudiar y analizar cálculos matemáticos para verificar hipótesis o patrones y luego probar teorías".

3.1.2. Diseño de investigación

Vigo, (2020, p.40) según la investigación "Se utilizó el diseño no experimental porque existe el control de la variable independiente. El estudio es de tipología descriptiva para implementar un plan de mantenimiento preventivo a los transformadores y así reducir costos correctivos". el diseño se desarrolla por datos recopilados, tiempo determinado de evaluación e interaccionar en un momento preciso.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente:

Mantenimiento preventivo basada en la confiabilidad del RCM.

Variable dependiente:

Operatividad.

Gonzales, (2016, p.2) según su investigación "Una propuesta de Mantenimiento Preventivo, se realiza a través de operadores, usuarios y supervisores con el objetivo de realizar un buen funcionamiento de una instalación, equipos, maquinarias, etc".

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

Hernández y otros, (2014, p. 174). Es un conjunto de elementos que comparten particularidades semejantes para identificar y definir, por lo tanto, se tiene que analizar dichos resultados

En el presente estudio, está constituida por los transformadores de 75 KVA que corresponden a la empresa ADEN E.I.R.L.

Tabla 1 Transformadores de la empresa ADEN

| N° | Almacén | Equipo | Código |
|----|---------|------------------------|---------|
| 1 | AL001 | TRP 75kva Piura | E101278 |
| 2 | AL001 | TRP 75kva Piura | E101391 |
| 3 | AL001 | TRP 75kva Piura | E101391 |
| 4 | AL002 | TRP 75kva Piura centro | E101687 |
| 5 | AL002 | TRP Piura sur | E102548 |

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Muestra

Como muestra se ha tomó en cuenta el transformador de 75KVA potencia de la empresa ADEN.



Figura 1: Transformador de potencia de 75kva.
Fuente: Empresa ADEN EIRL



Figura 2: Placa de datos del transformador de potencia de 75kva.
Fuente: Empresa ADEN EIRL

3.3.3 Muestreo

No probabilístico al ver escogido los transformadores de 75 KVA de potencia, para diseñar un plan de mantenimiento preventivo basada en la confiabilidad del RCM.

3.3.4 Unidad de análisis

Es el transformador de potencia 75 kVA en sí mismo. Esto se debe a que el objetivo del RCM es centrarse en la confiabilidad de los activos específicos, como en este caso, los transformadores de potencia, y diseñar estrategias de mantenimiento que minimicen el impacto de las averías y maximicen la disponibilidad y eficiencia de estos componentes críticos en la operación de ADEN IERL.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

- Observación Directa: Inspeccionar físicamente los transformadores para identificar condiciones, desgastes y posibles puntos de fallo.
- Análisis Documental: Analizar documentación técnica, manuales de operación y mantenimiento, registros históricos de los transformadores.

Observación directa

- Entrevistas: Realizar entrevistas a personal de mantenimiento y operación, recopilando información sobre el comportamiento y problemas recurrentes de los transformadores.
- Análisis de contenido: Revisar y analizar informes, reportes y registros relacionados con el desempeño y mantenimiento de los transformadores.
- Datos secundarios: Utilizar información estadística, estudios previos y bases de datos sobre confiabilidad y mantenimiento de transformadores.
- Tracking transaccional: Recopilar datos de las operaciones y transacciones relacionadas con los transformadores, como tiempos de operación, paradas, reparaciones, etc.

- La elección de las técnicas e instrumentos adecuados dependerá de los objetivos específicos del estudio, la disponibilidad de información y los recursos con los que cuenta la empresa ADEN EIRL.

Instrumentos de recolección de datos

- Como primer instrumento será Excel, que nos permite analizar el tiempo de mantenimiento, cuáles son los componentes que tienen fallas frecuentemente y los puntos de temperatura.

3.5 Procedimientos

Para poder empezar se debe tener la data de los transformadores con los que cuenta la empresa ADEN. Luego se hará una propuesta de las distintas actividades programadas para el mantenimiento preventivo basada en la confiabilidad RCM en el transformador, por consiguiente, se elabora un análisis plan de trabajo eficaz para su realización y para que no afecte con el proceso productivo de los transformadores.

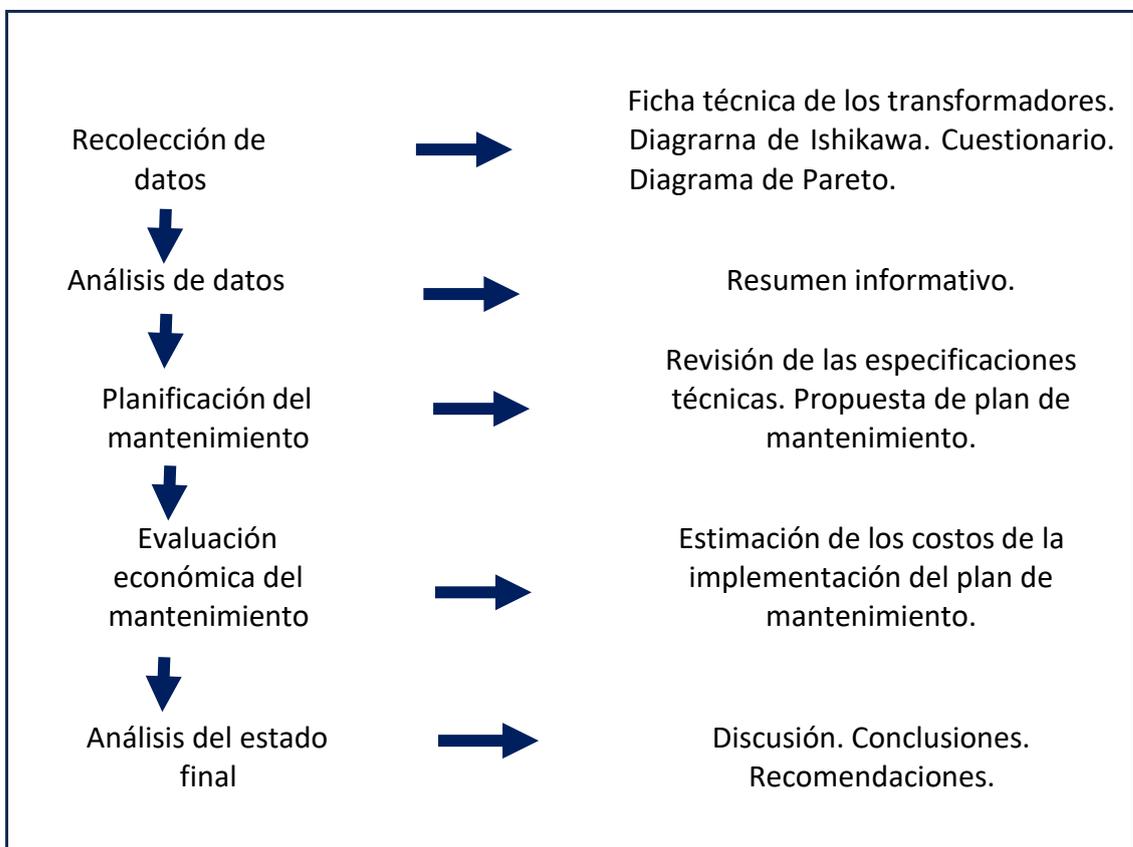


Gráfico 2: Proceso de desarrollo de la investigación.
Fuente: Elaboración propia

3.6 Método de análisis de datos

Molina & García (2006) según su investigación “es el estudio de recolección de datos estadísticos de una variable, para ser analizados e interpretados”. Esto nos permitió emplear el método correlacional, ya que nos favoreció en la obtención de resultados entre las 2 variable.

El estudio es por medio cuantitativo, donde la información recolectada, procesados y analizados. Lo cual se utilizaron herramientas estadísticas plasmados en las tablas de Excel para una mayor sostenibilidad de propuesta.

3.7 Aspectos éticos

La investigación realizará de manera transparente, lo que revelará de una forma reproducible los hechos de la investigación, lo cual da la posibilidad que otros investigadores tengan una perspectiva distinta sobre el tema mencionado. Los investigadores deben respetar los derechos de la propiedad intelectual, esto con el fin de evitar plagio total o parcial del trabajo.

IV. RESULTADOS

4.1 Diagnóstico del estado operativo de los transformadores en el área de producción de la empresa ADEN EIRL.

4.1.1 Diagnóstico a través de la confiabilidad RCM.

Para la elaboración de la metodología RCM, se reconocieron discusiones con los operarios, técnicos y supervisores encargados para evidenciar un diagnóstico en los transformadores, y así nos permitió tener un mayor alcance del problema.

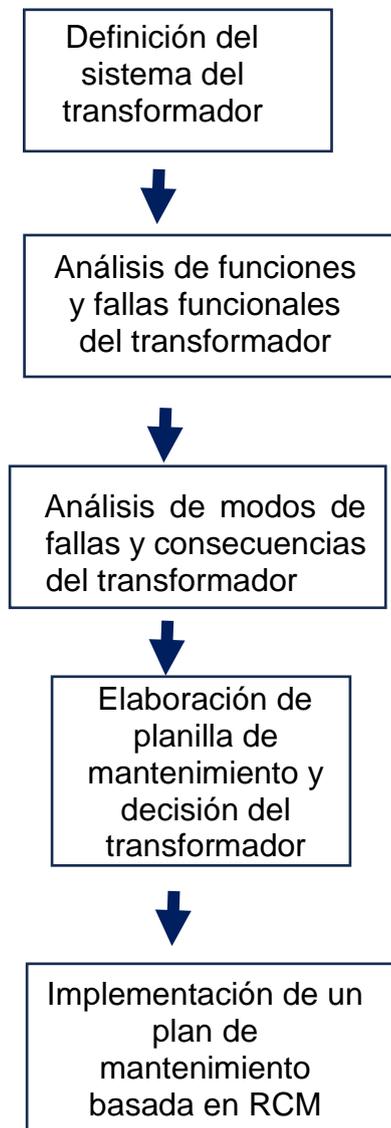


Gráfico 03: Elementos del RCM para elaborar un plan de mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Diagnóstico a través de cuestionarios,

Las encuestas se realizó tras un análisis el proceso RCM. Lo cual se consideraron lo siguiente:

- Carga de trabajo.
- Mantenimiento.
- manejo de repuestos.
- manejo de fallas o averías.

Se desarrollo el cuestionario N° 01 (Anexo) para determinar la causa y la indisponibilidad de los transformadores de 75kva. aprovechando a los técnicos, operarios y supervisores.

Teniendo como índice la aprobación, donde la puntuación es 1 punto para el valor “no” lo cual es perjudicial, y 0 puntos para el valor “si”, las respuestas están ofrecidas debido a las experiencias de los equipos.

Tabla 2 Resultados del cuestionario según las causas de la indisponibilidad de los equipos.

| Criterio | Puntaje obtenido | Puntaje máximo | % |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|----------|
| Gestión de partes | 4 | 13 | 13% |
| Personal | 5 | 27 | 27% |
| Mantenimiento | 5 | 33 | 33% |
| Fallas de operación | 6 | 27 | 27% |
| Total | 20 | 100 | 100% |

Fuente: Elaboración propia

$$\text{índice de conformidad} = \frac{\text{Puntos obtenidos}}{\text{Puntaje máximo posible}} \times 100\%$$

$$\text{índice de conformidad} = \frac{20}{100} \times 100\%$$

El índice de conformidad de la gestión actual del sistema de mantenimiento fue del 20%, lo que indica que las encuestas no están satisfechas con la gestión actual.

Tabla 3 Resultados de la encuesta aplicada al personal de trabajo

| Ítem | Causa | Frecuencia | Frecuencia Acumulada | % |
|------|--|------------|----------------------|-----|
| a | Falta de un plan de mantenimiento preventivo | 5 | 5 | 12 |
| b | Falta de registro de averías y fallas | 5 | 10 | 24 |
| c | Falta de capacitación a los técnicos | 5 | 15 | 36 |
| d | Falta de coordinación y comunicación | 4 | 19 | 45 |
| e | Falta de documentación técnica | 4 | 23 | 55 |
| f | Sobrepasar la vida útil de los equipos | 4 | 27 | 64 |
| g | Demora en compra de repuestos | 3 | 30 | 71 |
| h | Compra de repuestos genéricos | 3 | 33 | 79 |
| i | Sobre exigir la capacidad del equipo | 3 | 36 | 86 |
| j | Malas conexiones | 2 | 38 | 90 |
| k | Conexiones y cables eléctricos en mal estado | 2 | 40 | 95 |
| l | Desgaste de accesorios | 2 | 42 | 100 |

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Disponibilidad de equipos

Se han identificado las causas fundamentales de los problemas en los transformadores utilizando los datos de evaluación.

Tabla 4 Mantenimiento correctivo no planificado

| Equipo | Código | N° de fallas | Horas de operación | Horas de reparación | Tasa de fallas | MTBF | MTTR | Disponibilidad % |
|------------------------|---------|--------------|--------------------|---------------------|----------------|-------|------|------------------|
| TRP 75kva Piura | E101278 | 53 | 908 | 120 | 0.0584 | 17.13 | 2.26 | 88% |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 43 | 908 | 137 | 0.0474 | 21.12 | 3.19 | 87% |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 31 | 908 | 110 | 0.0341 | 29.29 | 3.55 | 89% |
| TRP 75kva Piura centro | E101687 | 28 | 908 | 115 | 0.0308 | 32.43 | 4.11 | 89% |
| TRP Piura sur | E102548 | 17 | 908 | 163 | 0.0187 | 53.41 | 9.59 | 85% |

Fuente: Elaboración propia

. Se creó un diagrama para identificar los componentes del plan de mantenimiento preventivo.



Gráfico 04: Mantenimiento correctivo no planificado

Fuente: Elaboración propia

4.2 Diseño e implementación del plan de mantenimiento.

Actividades del mantenimiento preventivo, se realizó una secuencia de actividades detalladas.

Tabla 5 Actividades para realizar un mantenimiento preventivo a los transformadores

| N° | ACTIVIDADES | FRECUENCIA |
|----|--|------------|
| 1 | Inspección las bornes, terminales, contactos. | Semestral |
| 2 | Realizar pruebas de relación de transformación TTR y medición de resistencia de contactos por cada posición de TAP | Semestral |
| 3 | Realizar termográfica para verificar puntos calientes | Semestral |
| 4 | Constatación de los sistemas de sobrecorriente y fuga a tierra | Semestral |
| 5 | Prueba de aislamiento | Semestral |
| 6 | Verificación del nivel de aceite y posibles fugas | Semestral |
| 7 | Prueba de rigidez dieléctrica del aceite | Anual |
| 8 | Limpieza y ajuste de las fijaciones, soportes, ruedas, guías y de las conexiones eléctricas. | Semestral |
| 9 | Revisión y limpieza de los aisladores | Semestral |
| 10 | Limpieza y pintado de carcasas, deposito, chasis y elementos externos susceptibles a deterioro o óxido | Semestral |
| 11 | Inspección termográfica post mantenimiento | Semestral |

Fuente: Elaboración propia

Se efectuó un análisis característico de los datos obtenidos del transformador de potencia en la empresa ADEN.

Actividades de mantenimiento preventivo, se realizó la ejecución de los transformadores, lo cual corresponde la siguiente orden:

- Hacer una inspección de las condiciones físicas de cada transformador, para verificar si es necesario el cambio de componentes o solo es ajuste y limpieza.
- Revisar las condiciones de trabajo del transformador, con la intención de verificar si se le está dando el correcto uso, o si se le está exigiendo más de lo debido, esto permitirá plantear acciones preventivas para evitar algún fallo.
- Ejecución del análisis, supervisión y pruebas de los transformadores.
- Registro de actividades del mantenimiento preventivo, tienen la finalidad de tener un control de las distintas intervenciones que se requieren sobre el transformador.
- Capacitación del personal técnico, se brinda con la finalidad de brindarle mejor conocimiento y toma de decisiones.

Capacitación

- Capacitación del conocimiento práctico y teórico en la realización del mantenimiento.
- Capacitación en mantenimiento, solución de las averías o fallas más comunes que se presentan.
- Capacitación en campo, para conocer las condiciones del transformador, y brindar soluciones para las posibles fallas que se presenten en base a la experiencia y también con las recomendaciones del fabricante.

4.3 Implementación del plan de mantenimiento basado en la técnica RCM

Para la descripción de patrones y funciones de desempeño de los transformadores, estuvo basado en los manuales de operación y mantenimiento de cada transformador.

Tabla 6 Actividades a realizar

| Sist. | Activo | Funciones | |
|---------------------------------|--------------------------|---|--|
| | | Primarias | Secundarias |
| Sistema de Refrigeración | Relé térmico para | Detecta la temperatura máxima | controla el sistema de protección de sobrecargas |
| | Señal de fulgo de aceite | Constata el funcionamiento de la bomba de aceite | Indica fallas de la bomba. Indica la apertura de válvulas del radiador. |
| | Radiadores | Disipador de calor | Bloquea el ingreso de partículas extrañas y le da hermetizad al transformador. |
| | Ventiladores | Refrigera la tasa de calor del transformador y aceite | Mantiene el flujo de aire constante |
| | Bombas de aceite | Mantiene el flujo de aceite | |
| Sistema de Parte Activa | Núcleo | Flujo magnético entre los devanados | Evita los flujos capacitivos y sostiene las bobinas. |
| | Devanados | Genera un flujo electromagnético | Soporta las cargas estáticas y sobretensiones transitorias |
| Sistema de Soporte | Tanque y tuberías | Contención y circulación de aceite | Evita contacto del aceite aislante de partículas extrañas |
| | conservador | Compensación del volumen de aceite | Previene el deterioro del aceite y papel de aislamiento |
| | Estructura central | Soporte interno núcleo | |
| | Estructura de contactos | Conexión activa con el exterior | |

| Sist. | Activo | Funciones | |
|--|--------------------------------------|--|---|
| | | Primarias | Secundarias |
| Sistema de Protección y Monitoreo | Relé diferencial | protege el transformador de cortocircuitos | registra alarmas, disparos remotos y locales. Desconecta el transformador de posibles fallas. Protección a los transformadores. |
| | Relé de sobrecarga y puesta a tierra | Localiza fallas en el sistema eléctrico por sobrecargas | señaliza o indica las conexiones de puesta a tierra. |
| | Relé de presión | detecta presión del tanque debido a la generación de gases causados por fallas | señaliza el nivel vapor concentrado (más de lo normal) |
| | Relé de sobre corriente | protege los transformadores de cortocircuito externos | registra alarmas, disparos remotos y locales. Desconecta el transformador de posibles fallas. Protección a los transformadores. |
| | Pararrayos | limita los sobrevoltajes | registra las operaciones. Mantiene las condiciones del aire y la conductividad de la puesta a tierra. |
| | Cuadrante de nivel de aceite | Indica el nivel de aceite en el transformador | señala la temperaturas anormales y perdidas extrañas de aceite. |

Fuente: Elaboración propia

El paso siguiente, es determinar las funciones más objetivas, se precisa estándares de ejecución, es el límite que opera el transformador sin llegar a las fallas.

4.4 Análisis de la productividad post implementación del plan de mantenimiento preventivo.

Para implementar el plan de mantenimiento, es necesario realizar una serie de tareas en un período de tiempo determinado.

Utilizando un modelo básico de regresión lineal basado en las cifras iniciales de mantenimiento no planificado, se empapelaron los datos del transformador con los valores MTBF y MTTR. Se aconseja utilizar la siguiente fórmula:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x$$

Se descubrió que el tiempo medio entre fallos (MTBF) había crecido con respecto al MTBF de referencia entre un 20% y un 25%.

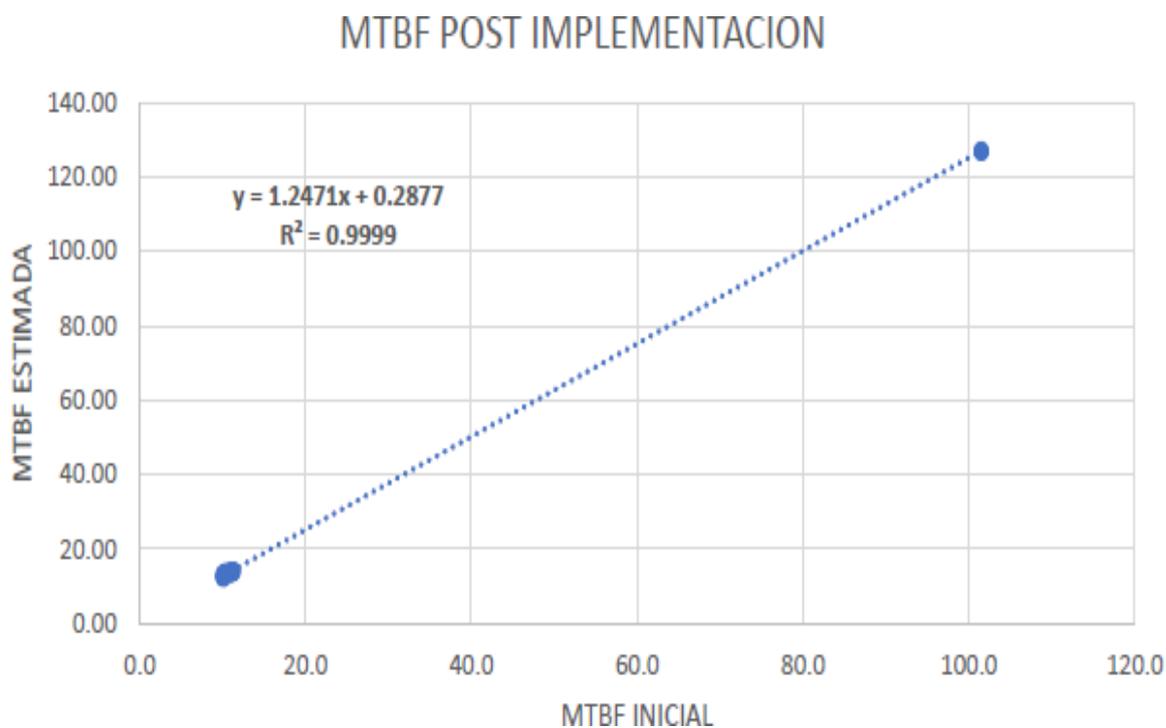


Gráfico 05: MTBF POST IMPLEMENTACION

Fuente: Elaboración propia

El grafico 05 nos muestra los datos del MTBF proyectados con el modelo de línea en la cual nos indica positivos, lo cual su valor se incrementará positivamente.

Tabla 7 comparación entre MTBF pre y post implementación

| Equipo | Código | MTBF | |
|------------------------|---------|---------------|----------------|
| | | Pre ejecución | Post ejecución |
| TRP 75kva Piura | E101278 | 17.1 | 21.7 |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 21.1 | 26.6 |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 29.3 | 36.8 |
| TRP 75kva Piura centro | E101687 | 32.4 | 40.7 |
| TRP Piura sur | E102548 | 53.4 | 66.9 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 7 muestra el intervalo medio entre averías previsto por el programa de aplicación del mantenimiento llevado a cabo durante el estudio. Se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$MTBF \text{ (proyectado)} = (1,247 \times MTBF \text{ actual}) + 0,287$$

Se calculó el tiempo entre reparaciones (MTTR), lo que resultó en una disminución del 20% al 25% del MTTR inicial.

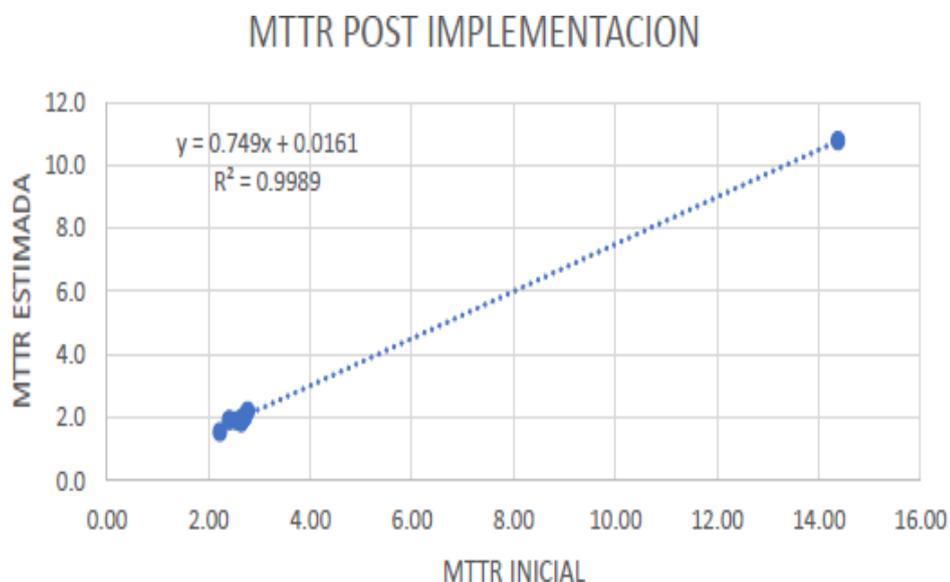


Gráfico 06: MTTR POST IMPLEMENTACION

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se muestran los datos del MTTR y la función de regresión lineal del MTTR proyectado a lo largo de la aplicación del plan de mantenimiento.

Tabla 8. comparación entre MTTR pre y post implementación

| Equipo | Código | MTTR | |
|------------------------|---------|---------------|----------------|
| | | Pre ejecución | Post ejecución |
| TRP 75kva Piura | E101278 | 2.3 | 1.7 |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 3.2 | 2.4 |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 3.5 | 2.6 |
| TRP 75kva Piura centro | E101687 | 4.1 | 3.1 |
| TRP Piura sur | E102548 | 9.6 | 7.1 |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 8 muestra la determinación del MTTR previsto la ejecución del plan de mantenimiento creado durante el estudio. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$MTTR \text{ proyectado} = (0,74 \times MTTR \text{ actual}) + 0,016$$

Tabla 9 Comparación entre indicadores de la disponibilidad

| Equipo | Código | MTBF | MTTR | Disponibilidad inicial | MTBF proyectado | MTTR proyectado | Disponibilidad post ejecución |
|------------------------|---------|-------|------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| TRP 75kva Piura | E101278 | 17.13 | 2.26 | 88% | 21.7 | 1.7 | 93% |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 21.12 | 3.19 | 87% | 26.6 | 2.4 | 92% |
| TRP 75kva Piura | E101391 | 29.29 | 3.55 | 89% | 36.8 | 2.6 | 93% |
| TRP 75kva Piura centro | E101687 | 32.43 | 4.11 | 89% | 40.7 | 3.1 | 93% |
| TRP Piura sur | E102548 | 53.41 | 9.59 | 85% | 66.9 | 7.1 | 90% |

Fuente: Elaboración propia

La tabla 9, tras la aplicación del plan de mantenimiento, el valor de disponibilidad actualizado, que indica un aumento de la disponibilidad de los transformadores.

4.5 Evaluación económica del plan de mantenimiento

Para aplicar el plan de mantenimiento preventivo, se realizó una evaluación financiera y se llevó a cabo un periodo de seis meses sin mantenimiento. Posteriormente, se puso en marcha el plan de mantenimiento para asumir los costes correspondientes.

Se ha determinado que el personal de fabricación debe recibir la formación adecuada para cada equipo de estudio que se utilice en la investigación. De este modo se reducen los riesgos y los problemas, al tiempo que aumenta la producción al permitir que las máquinas funcionen a pleno rendimiento.

Tabla 10 Costos por capacitación.

| Capacitación de transformadores | cantidad -horas de inducción | Precio hora-hombre improductivas por jornada | Personal hora - hombre de inducción | costo total de la inducción | costo de la inducción por persona | Costo total de la inducción | Total, de inversión |
|---------------------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| TRP 75Kva Piura | 6 | \$62.80 | 15 | \$74.00 | \$35.00 | \$525.00 | \$599.00 |
| TRP 75Kva Piura Sur | 6 | \$2.80 | 5 | \$74.00 | \$35.00 | \$175.00 | \$249.00 |
| TOTAL | 12 | \$5.60 | 20 | SI 48.00 | \$70.00 | \$700.00 | \$848.00 |

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 10 nos indica que los gastos estimados para la capacitación de operarios y técnicos. El costo estimado del curso es de \$ 848, que solo incluye el costo del curso y la capacitación se lleva a cabo en horario de trabajo.

La Tabla 10 contiene una lista de repuestos y consumibles que se requerirán según el operario, apoyándose de la inducción proporcionada, para aumentar el desarrollo del plan de mantenimiento para la puesta en marcha.

Tabla 11 Lista de repuestos y consumibles – 2º semestre

| Material | Cantidad | U. w | Costo unitario | Costo total |
|---|----------|--------|----------------|-------------|
| Repuesto para almacén | | | | \$5,129.90 |
| Relé de Buchholz (verificar el nivel de aceite) | 3 | Ud. | \$90.83 | \$272.49 |
| Amperímetros | 2 | Ud. | \$100.00 | \$200.00 |
| Tanque del transformador | 2 | juego | \$96.33 | \$192.66 |
| Bomba de aceite | 2 | Ud. | \$86.33 | \$172.66 |
| Condensadores | 4 | Ud. | \$212.83 | \$851.32 |
| Termómetros de aceite | 3 | Ud. | \$54.00 | \$162.00 |
| Aceite dieléctrico | 1 | cidro | \$855.00 | \$855.00 |
| Kit completo de aislador | 2 | Ud. | \$78.37 | \$156.74 |
| Ventiladores | 1 | Ud. | \$73.88 | \$73.88 |
| Termostato | 2 | Ud. | \$58.37 | \$116.74 |
| Bushirg | 2 | Ud. | \$93.88 | \$187.76 |
| Fusibles limitadores de corriente | 5 | Ud. | \$104.08 | \$520.40 |
| Porta fusibles | 5 | Metros | \$74.08 | \$370.40 |
| Aisladores | 2 | Ud. | \$67.86 | \$135.72 |
| Conmutador trifásico | 3 | Ud. | \$99.65 | \$298.95 |
| Nivelador de aceite | 3 | Ud. | \$66.62 | \$199.86 |
| Placa de control | 5 | Ud. | \$34,54 | \$172.71 |
| Consumibles | | | | \$350.81 |
| Limpia contacto | 5 | Ud. | \$6.84 | \$34.20 |
| Afloja todo | 5 | Ud. | \$3.21 | \$16.05 |
| Solvente dieléctrico | 1 | galón | \$38.90 | \$38.90 |
| Pernos varios | 1 | caja | \$60.50 | \$60.50 |
| Grasa de lubricación | 0.25 | galón | \$7.47 | \$1.87 |
| Aceite de lubricación | 2 | galón | \$37.18 | \$74.36 |
| Terminales de presión | 1 | caja | \$38.15 | \$38.15 |
| Cinta aislante | 1 | caja | \$14.78 | \$14.78 |
| Trapo industrial | 50 | kg | \$1.44 | \$72.00 |
| TOTAL | | | | \$5,480.71 |

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 11 muestra Los recursos necesarios para finalizar el mantenimiento a un coste de \$ 5480,71.

Tabla 12 Recursos para implementación del plan de mantenimiento.

| | Cantidad | Medida | Valor unitario | Valor total |
|--|----------|--------|----------------|-------------|
| Materiales para la implementación | | | | \$31.10 |
| Impresión de manuales de los transformadores | 5 | Ud. | 1.5 | \$7.50 |
| Impresión de formato plan de mantenimiento | 5 | Ud. | 0.4 | \$2.00 |
| Folder | 1 | caja | 1.6 | \$1.60 |
| Señalizaciones | 5 | Ud. | 4 | \$20.00 |
| Inversión del estudio | | | | \$287.50 |
| Investigación exterior | 20 | días | 7.5 | \$150.00 |
| Viáticos | 20 | días | 3.5 | \$70.00 |
| Equipos | 15 | días | 4.5 | \$67.50 |
| Total | | | | \$318.60 |

Fuente: elaboración propia

Tabla 13 Comparación de costes invertidos en cada semestre.

| | 1° semestre (sin plan de mantenimiento) | 2° semestre (con plan de mantenimiento) |
|-----------------------------|---|---|
| Inducción | \$0.00 | \$848.00 |
| Abastecimiento de repuestos | \$9,243.33 | \$5,129.90 |
| Consumibles | \$601.27 | \$350.81 |
| Mano de obra | \$2,252.78 | \$825.20 |
| Implementación | \$0.00 | \$318.60 |
| TOTAL | \$12,097.38 | \$7,472.51 |

Fuente: elaboración propia

La Tabla 13 muestra los gastos de intervención correctiva del área de montaje en el primer semestre ascendieron a \$ 12.097,38. Se preveía que el plan de mantenimiento preventivo sugerido permitiría ahorrar hasta \$ 7.472,51 durante el segundo semestre.

En consecuencia, se concede un beneficio de \$4,624.87 para el semestre siguiente, lo cual representa un ahorro significativo.

Para llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo propuesto, la empresa requiere un préstamo de \$4000.00. La inversión total fue de \$4,7473.51.

Entonces, tenemos lo siguiente:

El monto del préstamo es de \$ 4000.

El plazo de préstamo es de tres meses.

La tasa efectiva anual (TEA) es del 9 %.

Tabla 14 Financiamiento bancario

| | Saldo inicial | Interés | Cuota fija | Amortización | Saldo final |
|---|---------------|----------|------------|--------------|-------------|
| 1 | \$4000.00 | \$360.00 | \$1580.42 | \$1220.42 | \$2779.58 |
| 2 | \$2779.58 | \$250.16 | \$1580.42 | \$1330.26 | \$1449.32 |
| 3 | \$ 1449.32 | \$130.43 | \$1580.42 | \$1449.98 | |
| | Total | \$740.59 | \$4741.26 | \$4000.00 | |

Fuente: elaboración propia.

Un método para calcular el valor actual de una secuencia de flujos de caja futuros es utilizar el valor actual neto o (VAN).

$$VAN = -I_0 + \frac{fc_1}{(1+r)^1} + \frac{fc_2}{(1+r)^2} \dots + \frac{fc_n}{(1+r)^n}$$

Donde:

VAN: Valor actual neto o valor presente neto.

I₀: Desembolso inicial.

fc: Flujo de caja o valor neto

activo. r: Tasa de descuento. n:

Duración de inversión.

Además, se han evaluado tres criterios de aceptación, que se detallan a continuación:

Tabla 15 Flujo de caja del plan de mantenimiento

| Plan de mantenimiento | MESES | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
| Ingresos | | | | | | |
| Ingresos con plan de mantenimiento de transformadores de potencia | 3,785.00 | 4,250.00 | 4,670.00 | 4,789.00 | 4,900.00 | 5,120.00 |
| Total, de ingresos | 3,785.00 | 3,785.00 | 4,670.00 | 4,789.00 | 4,900.00 | 5,120.00 |
| Egresos | | | | | | |
| Capacitación | -400 | 0 | 0 | -448 | 0 | 0 |
| Abastecimiento de repuestos | -1145.68 | -796.84 | -796.84 | -796.84 | -796.84 | -796.84 |
| Consumibles | -350.81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mano de obra | -850 | -850 | -850 | -850 | -850 | -850 |
| Implementación | -318.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total, de egresos | -3065.09 | -1646.84 | -1646.84 | -2094.84 | -1646.84 | -1646.84 |
| Inversión | -7,472.51 | | | | | |
| Financiamiento | 6,854.22 | -1,417.81 | -1,694.14 | -2,027.83 | 0 | 0 |
| Amortización | -1,333.56 | -1,637.57 | -1,999.34 | 0 | 0 | 0 |
| Intereses | -84.25 | -56.57 | -28.49 | 0 | 0 | 0 |
| Total | -618.29 | -697.81 | 444.02 | 995.33 | 2,694.16 | 3,253.16 |

Fuente: elaboración propia.

VAN > 0 indica como aceptable la inversión.

VAN = 0 indica como indiferente la inversión.

VAN < 0 indica rechazar la inversión.

Se llegó a la conclusión de que la aplicación del plan de mantenimiento sugerido costaría a la empresa \$ 7.472,51. A lo largo del semestre, este plan podría producir los siguientes flujos de caja netos.

Para calcular el valor actual neto (VAN) se tuvo en cuenta un coste de oportunidad estimado del 10%.

Dado que el valor de mercado (VAN) del plan de mantenimiento es superior a uno, se aprobó la inversión, lo que sugiere que se producirá un retorno.

Se han calculado tanto la tasa de descuento, que se aplica para llevar a cero el valor añadido neto (VAN), como la tasa interna de rentabilidad (TIR), que se utiliza para calcular el rendimiento medio de esta inversión a lo largo del tiempo. Para que se acepte, deben cumplirse tres condiciones.

IRR > COK indica como aceptable la inversión.

IRR = COK indica como indiferente la inversión.

IRR < COK indica rechazar la inversión.

Tabla 16 Resultado de los indicadores financieros

| <u>Criterios de Evaluación</u> | |
|--------------------------------|------------|
| VAN | 7,614.68 |
| <u>TIR</u> | <u>51%</u> |

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 16 muestra que Los datos presentados nos demuestran que es financieramente ventajoso aplicar un plan de mantenimiento preventivo. Esto se debe a que el valor actual neto es de \$ 7.614,68, superior a cero, y la tasa interna de rentabilidad (TIR) es del 51%, superior al WACC.

V. DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación era demostrar que la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo aumenta la productividad en el área de producción de la empresa ADEN EIRL. de los hallazgos, nos permite contrastar la evidencia con los hallazgos.

En cuanto al primer objetivo especificado, nos facilitó la organización de los trabajos de reparación de transformadores de potencia, aumentando la disponibilidad de los equipos.

Para facilitar el trabajo del equipo, elegimos las acciones de trabajo más frecuentes para el segundo objetivo especificado. Cuando se aplica un mantenimiento correctivo no planificado, el valor del tiempo medio entre fallos (MTBF) del plan de mantenimiento preventivo aumenta con respecto al estado inicial. Esto alarga el periodo de tiempo hasta que se produce un fallo. El resultado se debe a que los miembros del personal son conscientes del equipo que tienen a su cargo y han recibido formación sobre cómo supervisar y disciplinar su uso adecuado. Seguir el programa de mantenimiento preventivo también contribuye a mejorar el estado de los componentes y las unidades, reduciendo la probabilidad de averías.

El intervalo de tiempo necesario para reparar averías y en tiempo constante se redujo en el valor del tiempo unitario entre reparaciones (MTTR) obtenido al poner en práctica el dispositivo de mantenimiento preventivo. Esto se debe a que se descubrió un gran número de errores gracias a la aplicación del programa de mantenimiento.

Hemos creado un plan de mantenimiento para aumentar la disponibilidad de los transformadores de potencia para el tercer objetivo específico. Este plan incluía una lista de tareas que debían completarse en un tiempo determinado, así como capacitación al personal involucrado. También se basó en las fichas técnicas y recomendaciones del fabricante.

El cuarto objetivo evalúa las ventajas e inconvenientes de llevar a cabo el plan de mantenimiento preventivo en la región donde se fabrican los transformadores. La propuesta es viable ya que la inversión de \$ 7.472,51 en el plan de mantenimiento ha supuesto una reducción de costes de \$ 4.624,87. Esto ha ayudado a la organización al aumentar la productividad y mejorar la calidad de los servicios.

VI. CONCLUSIONES

1. Este estudio pretendía maximizar y aumentar la productividad de los transformadores de potencia de ADEN EIRL mediante la creación de un plan preventivo basado en la fiabilidad RCM. El objetivo principal de la investigación era crear ejercicios metódicos que validaran la teoría.
2. Los hallazgos muestran que la falta de un plan de mantenimiento preventivo en ADEN EIRL retrasa la productividad y reduce la disponibilidad de los transformadores.
3. Dado que la aplicación del plan de mantenimiento mejora el rendimiento, la disponibilidad y la eficiencia de los transformadores de potencia, se ha demostrado que la propuesta es suficiente para maximizar la producción de ADEN EIRL.
4. Los gastos de creación de un plan de mantenimiento preventivo programado ascienden a \$ 7.472,51, mientras que los costes de una reparación correctiva imprevista ascienden a \$ 12.097,38. El plan de mantenimiento tiene un nivel de rentabilidad respetable, como demuestran los indicadores financieros, que muestran una tasa interna de rentabilidad (TIR) del 51%, superior al WACC. Además, el plan de mantenimiento tiene un nivel de rentabilidad adecuado, como indica el Valor Actual Neto de \$ 7.614,68.

VII. RECOMENDACIONES

Para maximizar y minimizar los fallos en los transformadores de potencia y en los equipos en general, se aconseja poner en práctica el plan de mantenimiento mencionado y vigilar las distintas regiones de producción.

Se recomienda llevar un registro de los fallos o averías de los equipos. Se debe tener los repuestos de alta rotación en almacén para prevenir cualquier incidencia, además se debe hacer diversas capacitaciones para mejorar los conocimientos en el personal técnico y supervisor encargado de la producción, esto ayudara a minimizar los tiempos muertos de cada maquinaria.

REFERENCIAS

ALDAKIN: Qué es un mantenimiento industrial. [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 10 de febrero del 2022]. Disponible en: <http://www.aldakin.com/tipos-demantenimiento-industrial-ventajas-inconvenientes/>

ANGEL, Rafael y OLAYA, Héctor. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa Agroangel. [En línea]. Tesis de ingeniería Mecánica. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia, 2014. [Fecha de consulta: 13 de febrero del 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4620/1/6200046A581.pdf>

ALDAKIN: Qué es un mantenimiento industrial. [en línea]. 2017. Disponible en: <http://www.aldakin.com/tipos-de-mantenimiento-industrial-ventajas-inconvenientes/>

Procedimiento para la planeación integrada producción –mantenimiento a nivel táctico. Díaz. R, Cazañas. I, y Martínez E., (2015) . Ingeniería industrial/ISSN 1815-5936/Vol. XXXVII / No. 1/ pp. 36-48.

ALVAREZ MUÑOZ, Sebastián Andrés. Propuesta de mejora a plan de mantenimiento de equipo crítico de Cormecanica S.A. [En línea]. Tesis de Ingeniería en mantenimiento industrial. Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar, Chile, 2019 Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/4620/1/6200046A581.pdf>

Preventivo para optimizar la disponibilidad de equipos en el área de chancado de la planta concentradora. [En línea]. Tesis de Ingeniería Industrial. Universidad Continental, Huancayo, Perú, 2019. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5537>

ESCUADERO ALBORNOZ, Francisco Andrés. Propuesta para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para maquinaria agrícola. [En línea]. Tesis de Ingeniería en mantenimiento industrial. Universidad Técnica Federico Santa María. Concepción, Chile, 2018.en: <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/45803>

EUROFINS, Envira Ingenieros Asesores; Cómo crear un plan de mantenimiento preventivo. [En línea]. 2021. Disponible en: <https://envira.es/es/como-crear-plan-mantenimiento-preventivo/>

BRAVO VILUGRON, Rubén Andrés. Propuesta de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para prensa ecológica ariete 480 en FINAMET LTDA. [En línea]. Tesis de Ingeniería en mantenimiento industrial Universidad Técnica Federico Santa María, Concepción, Chile, 2019. [Fecha de consulta: 08 de febrero del 2022] Disponible en: <https://hdl.handle.net/11673/46153>

DIESTRA GALDOS, Hagler Marco. Incremento de la operatividad de las máquinas de la empresa Metal Work Industrias S.A.C. mediante un plan de gestión de mantenimiento preventivo. [En línea]. Tesis de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú, 2017. [Fecha de consulta: 05 de febrero del 2022] Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9490>

EUROFINS, Envira Ingenieros Asesores; Cómo crear un plan de mantenimiento preventivo. [En línea]. 2021. [Fecha de consulta: 09 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://envira.es/es/como-crear-plan-mantenimiento-preventivo/>

GIRALDO, Orlando y VILLALOBOS, Daniel. Prospectiva metodológica para el mantenimiento preventivo. Revista Ingenium. [En línea] Volumen 15 Número 30, agosto 2014. [Fecha de consulta: 10 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Ingenium/article/view/1355>

GONZALES GUZMAN, Jorge Luis. Propuesta de mantención preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C. [En línea]. Tesis de Ingeniería Industrial. Perú: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2016. [Fecha de consulta: 05 de febrero del 2022]. Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/830>

LUJAN LEZAMA, Jossimar Edu. Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad (rcm) y sus efectos en la disponibilidad de máquinas de soldadura en la empresa Welders Perú S.A.C. [En línea] Tesis de Ingeniería Industrial. Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, 2020. [Fecha de Consulta: 03 de marzo del 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25065>

MAINTENANCE ENGINEERING AND MANAGEMENT. Department of production engineering. Veer Surendra saji university of technology, Burla. Disponible en: https://www.vssut.ac.in/lecture_notes/lecture1430512365.pdf

MICROMAIN. How to set Up a Preventive Maintenance Plan. [En línea]. 2021. [Fecha de consulta: 12 de enero del 2022]. Disponible en:

<https://www.micromain.com/set-up-preventive-maintenance-plan/>

PEREZ, Julio y Supo, Dante. Gestión de mantenimiento para reducir costos en el área de electromecánica en el Hospital Regional Lambayeque. Revista Científica Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación. [En línea]. Volumen 5 Número 1, 20 de diciembre del 2018. [Fecha de consulta: 12 de febrero del 2022]. Disponible en: <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/987>

RODRIGUEZ, Carlos. El nuevo escenario: La cultura de calidad y productividad en las empresas. [En línea]. ITESO La universidad Jesuita de Guadalajara, Mexico, 1999. [Fecha de consulta: 13 de febrero del 2022]. Disponible: https://books.google.com.mx/books?id=IAcY7k6GKbUC&dq=productividad+concepto&hl=es&source=gbs_navlinks_s

VILLEGAS ARENAS, Juan. Propuesta de mejora en la gestión del área de mantenimiento, para la optimización del desempeño de la empresa "MANFER S.R.L. CONTRATISTAS GENERALES", Arequipa 2016. [En línea]. Tesis de Ingeniería Industrial. Universidad Católica San Pablo. Arequipa, 2016. [Fecha de consulta: 12 de febrero del 2022]. Disponible en:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSP_4a9c5affd1cbbcb1ed5f93da01a47a33/Details

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIÓN | INDICADORES | ESCALA DE MEDICIÓN |
|---|---|---|--------------------------|---|--------------------|
| Independiente : Plan de mantenimiento preventivo | La secuencia de acciones diseñadas para mantener los equipos operativos seguros, eficaces y funcionando de la forma más rentable posible, con propensión a evitar averías y paradas imprevistas (García, 2006). | Conjunto de actividades que permiten conservar y/o preservar la maquinaria | Diagnostico | Total, de causas | Razón |
| | | | | Antecedentes de fallas | Razón |
| | | | | Tiempo muerto | Razón |
| | | | Planificación | Plan de mantenimiento | Razón |
| | | | Inversión | Costo – Retorno (Utilidad) | Razón |
| Dependiente: Operatividad | Es la proporción entre productos e insumos, o el vínculo entre el volumen global de producción y los recursos necesarios para alcanzar ese nivel (Medina, 2010). | Variable que se puede cuantificar mediante la relación eficacia/eficiencia y los tiempos programados. | Tasa de fallas | $\frac{N^{\circ} \text{TOTAL DE FALLOS}}{\text{TIEMPO DE ACTIVIDAD}}$ | Razón |
| | | | Eficiencia de producción | $\frac{MTBF}{MTBF - MTTR}$ | Razón |
| | | | Eficacia de equipo | $\frac{H. \text{TRABAJADAS}}{H. \text{PROGRAMADAS}}$ | Razón |
| | | | Confiability del equipo | $\frac{MTBF}{MTBF - MTTR} \times 100\%$ | Razón |

ANEXO 02. Instrumento de recolección de datos

TABLA DE DATOS TECNICOS TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

| | | |
|-----------------------|----------|--------|
| Potencia | KVA | 75 |
| Altura de instalación | m.s.n.m. | 0-1000 |
| Lugar de instalación | | Costa |

| ÍTEM | CARACTERÍSTICAS | UNID. | VALOR REQUERIDO | VALOR GARANTIZADO |
|----------------------|---|----------|-------------------------------------|-------------------|
| 1 | Generales | | | |
| | País de Procedencia | | | |
| | Fabricante | | | |
| | Normas | | N.T.P. 370.002, IEC 60076 | |
| | Tipo | | Trifásico | |
| | Potencia en cualquier posición del tap(ONAN) | KVA | Seleccionar de tabla superior | |
| | Numero de arrollamientos | | 2 | |
| | Frecuencia nominal | Hz | 60 | |
| | Alta tensión nominal primaria en vacío | Kv | 22.9 ± 2x2,5% | |
| | Baja tensión nominal secundaria en vacío | KV | 0,400 - 0,230 | |
| | Número de bornes primario | | 3 | |
| | Numero de bornes secundario | | 4 | |
| | Número de taps en el primario | | 5 | |
| | Regulación de tensión en vacío neutro | | Manual | |
| | Neutro | | conexión rígida a tierra | |
| Tipo de montaje | | Exterior | | |
| Tipo de enfriamiento | | ONAN | | |
| 2 | Nivel de aislamiento en el primario | | | |
| | Tensión máxima de la red | kV | 24 | |
| | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50 Us | kVp | 125 | |
| 3 | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial | kV | 50 | |
| | Nivel de aislamiento en el secundario y neutro | | | |
| | Tensión máxima de la red | kV | 1.1 | |
| 4 | Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50 Us | kVp | - | |
| | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial | kV | 3 | |
| | Grupo de conexión | | Dyn5 | |
| 5 | Sobre elevación de temperatura con potencia nominal | | | |
| | Del aceite en la parte superior del tanque | °C | 60 | |
| | Promedio del devanado (medido por variación de resistencia) | °C | 65 | |
| 6 | Tensión de corto circuito a 75 °C | % | 4 | |
| 7 | Perdidas | | | |
| | En vacío con tensión y frecuencia nominal (fierro) | kW | Según potencia | |
| | En cortocircuito con corriente nominal a 75°C (cobre) | kW | Según potencia | |
| | Pérdidas totales | kW | Según potencia | |
| 8 | Características constructivas | | | |
| 8.1 | Núcleo magnético | | | |
| | Laminas | | Acero al silicio de grano orientado | |

Anexo 3: Evaluación por juicio de expertos

| ENCUESTA N° 01 | | | |
|---|---|-------|----|
| CAUSAS DE FALTA DE DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS | | | |
| Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basada en la confiabilidad (RCM) para mejorar la operatividad de los transformadores de potencia de 75KVA de la empresa ADEN EIRL | | | |
| Los datos personales son anónimos Marcar con (X) según las indicaciones Se agradece su colaboración y tiempo, para el buen desarrollo de actividades | | | |
| CARGO | | FECHA | |
| I. | Marcar en SÍ o NO, de cada enunciado indicado según la pregunta: En la trayectoria del uso del equipo ¿El problema indicado ha sido una de las causas de problemas y fallas? | | |
| Ítem | Causa | SI | NO |
| A | Falta de un plan de mantenimiento preventivo | | |
| B | Falta de registro de averías y fallas | | |
| C | Falta de capacitación a los técnicos | | |
| D | Falta de coordinación y comunicación | | |
| E | Falta de documentación técnica | | |
| F | Sobrepasar la vida útil de los equipos | | |
| G | Demora en compra de repuestos | | |
| H | Compra de repuestos genéricos | | |
| I | Sobre exigir la capacidad del equipo | | |
| J | Malas conexiones | | |
| K | Conexiones y cables eléctricos en mal estado | | |
| L | Desgaste de accesorios | | |

ANEXO 05. Ficha técnica de los transformadores

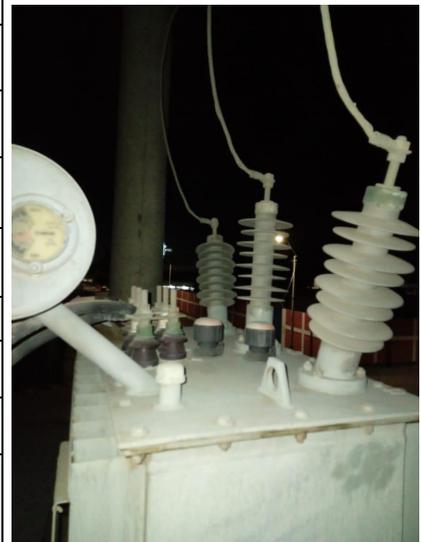
| | | | | | |
|---|--------------------------|---|---|---|--|
| <p>FORMATO DE CARACTERÍSTICAS DE TRANSFORMADOR</p> | |  | | | |
| | | | | <p>TRANSFORMADOR TIPO ACEITE</p> | |
| ID | T3 | | Imagen del transformador | | |
| Estado | Operativo | |  | | |
| Fabricante | PROMELSA | | | | |
| Propietario | ADEN | | | | |
| Año | 2011 | | | | |
| Tipo | ACEITE | | | | |
| N° Serie | 111187402 | | | | |
| Potencia VA | | 75 | | | |
| Frecuencia (Hz) | | 60 | | | |
| En baja tensión | Alta tensión (AT) | Baja tensión (BT) | | | |
| Voltaje (V) | 400 | 230 | | | |
| Corriente (A) | 1.9 - 4.3 | 108.3 | | | |
| Refrigeración | | ACEITE | | Imagen de placa | |
| Aceite | NYTRO IzarII | |  | | |
| Altitud (m.s.n.m) | 1000 | | | | |
| Aislamiento | | | | | |
| Montaje | EXTERIOR | | | | |
| Peso total (kg) | 450 | | | | |

FORMATO DE CARACTERÍSTICAS DE TRANSFORMADOR



TRANSFORMADOR TIPO ACEITE

| | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| ID | T301 | | Imagen del transformador |
| Estado | Operativo | | |
| Fabricante | I&T ELECTRIC SAC. | | |
| Propietario | ADEN | | |
| Año | 2000 | | |
| Tipo | ACEITE | | |
| Nº Serie | - | | |
| Potencia VA | 75 | | |
| Frecuencia (Hz) | 60 | | |
| En baja tensión | Alta tensión (AT) | Baja tensión (BT) | |
| Voltaje (V) | 400 | 230 | |
| Corriente (A) | 1.8 - 4.3 | 108 - 188 | Imagen de placa |
| Refrigeración | ACEITE | | |
| Aceite | ONAN | | |
| Altitud (m.s.n.m) | 1000 | | |
| Aislamiento | | | |
| Montaje | EXTERIOR | | |
| Peso total (kg) | 400 | | |



FORMATO DE CARACTERÍSTICAS DE TRANSFORMADOR



TRANSFORMADOR TIPO ACEITE

| ID | TD30 | | Imagen del transformador |
|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|
| Estado | Operativo | | |
| Fabricante | EPLI SAC. | | |
| Propietario | ADEN | | |
| Año | 2017 | | |
| Tipo | ACEITE | | |
| Nº Serie | TR2017 – 01165- 10 | | |
| Potencia VA | 75 | | |
| Frecuencia (Hz) | 60 | | |
| En baja tensión | Alta tensión (AT) | Baja tensión (BT) | |
| Voltaje (V) | 400 | 230 | |
| Corriente (A) | 1.8 - 4.3 | 187.45 | Imagen de placa |
| Refrigeración | ACEITE | | |
| Aceite | ONAN | | |
| Altitud (m.s.n.m) | 4500 | | |
| Aislamiento | - | | |
| Montaje | EXTERIOR | | |
| Peso total (kg) | 564 | | |

FORMATO DE CARACTERÍSTICAS DE TRANSFORMADOR



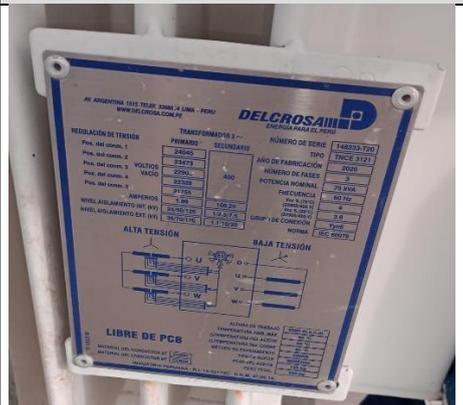
TRANSFORMADOR TIPO ACEITE

| | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ID | TD30 | |
| Estado | Operativo | |
| Fabricante | DELCROSAMIII | |
| Propietario | ADEN | |
| Año | 2020 | |
| Tipo | ACEITE | |
| N° Serie | 148333-T20 | |
| Potencia VA | 75 | |
| Frecuencia (Hz) | 60 | |
| En baja tensión | Alta tensión (AT) | Baja tensión (BT) |
| Voltaje (V) | 400 | 230 |
| Corriente (A) | 1.89 | 108.75 |
| Refrigeración | ACEITE | |
| Acete | MINERAL | |
| Altitud (m.s.n.m) | 4500 | |
| Aislamiento | - | |
| Montaje | EXTERIOR | |
| Peso total (kg) | 490 | |

Imagen del transformador



Imagen de placa



ANEXO 06. Especificaciones técnicas de máquinas e instrumentos



Ca. Isidoro Suárez 236 San Miguel - Lima.

LABORATORIO DE CALIBRACIONES

Formato: GTE-LAB-REG-015

Página: 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 2302769

Datos Generales

| | |
|-------------------------|---|
| Solicitante | ADEN EIRL |
| Dirección | MZA. G LOTE 3 URB. LOS TALLANES ETAPA 2 PIURA |
| Equipo | MEGOHMETRO |
| Marca | MEGABRAS |
| Modelo | MD5060x |
| Número de serie | 15G2202 |
| Fecha de Calibración | 2023-11-23 |
| Registro de Calibración | RC-231941 |

Método de Calibración

Por comparación con nuestro Patrón
Se han tomado cinco lecturas por cada valor nominal.

Patrón(es) utilizado(s).

| Descripción | Trazabilidad | Validez |
|--|---------------------------------|----------|
| Caja De Resistencia De Aislamiento 5Kv Cpr-20G Ur9021D | 196518-101 2023-05-11 IPT | 1 año(s) |

Lugar de la Calibración

Realizada en las instalaciones de Laboratorio de Calibraciones de LOGYTEC S.A.
Calle Isidoro Suárez # 236 - San Miguel - Lima

Condiciones Ambientales

| Temperatura Ambiente | Humedad Relativa |
|----------------------|------------------|
| 22.9 °C | 62.8 %HR |

Nota:

Los resultados expresados en este Certificado son válidos únicamente para la unidad ensayada, no siendo extensivos a otras unidades aun cuando fueran del mismo tipo y lote.

La incertidumbre total expandida está basada en una incertidumbre patrón combinada multiplicada por un factor de expansión $k=2$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95%



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº 2302769**Resistencia de Aislamiento**

| Alcance | Nominal | Patrón | Lectura | Error | Incertidumbre |
|---------|------------|------------|----------|----------|---------------|
| 500 V | 5,00 MΩ | 5,0249 MΩ | 5,00 MΩ | -0,02 MΩ | 0,05 MΩ |
| | 10,00 MΩ | 10,0038 MΩ | 10,03 MΩ | 0,03 MΩ | 0,10 MΩ |
| 1 kV | 50,00 MΩ | 50,241 MΩ | 50,2 MΩ | 0,0 MΩ | 0,5 MΩ |
| | 100,00 MΩ | 99,857 MΩ | 99,6 MΩ | -0,3 MΩ | 1,0 MΩ |
| 2.5 kV | 500,00 MΩ | 498,51 MΩ | 501 MΩ | 2 MΩ | 5 MΩ |
| | 1000,00 MΩ | 995,97 MΩ | 1001 MΩ | 5 MΩ | 10 MΩ |
| 5 kV | 5,00 GΩ | 4,9812 GΩ | 5,00 GΩ | 0,02 GΩ | 0,05 GΩ |
| | 10,00 GΩ | 9,9540 GΩ | 10,03 GΩ | 0,07 GΩ | 0,10 GΩ |

(Fin de la Calibración)



Firmado digitalmente
por FERNANDEZ ULFEE
WILLIAM EDUARDO
Fecha: 2023.11.23
16:30:42 -05'00'



Eduardo Fernandez Ulfee
Responsable Técnico

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 224884

Datos Generales

| | |
|----------------------|--|
| Solicitante | ADEN EIRL |
| Dirección | MZA. G LOTE. 3 URB. LOS TALLANES ETAPA 2 - PIURA |
| Equipo | TELUROMETRO |
| Marca | Megabras |
| Modelo | MTD20KWe |
| Número de serie | 20K0419 |
| Fecha de Calibración | 2023-11-23 |
| Registro | 14-15347 |

Método de Calibración

Por comparación directa con nuestro Patrón
Se han tomado cinco lecturas por cada valor nominal.

Patrón(es) utilizado(s).

| Descripción | N° de serie | Trazabilidad | Validez |
|--|-------------|--|----------|
| DECADA DE RESISTENCIA DE BAJO VALOR Marca:TIME ELECTRONICS Modelo:1051 | 8151C18 | INACAL Certificado N°: LE - 265- 2021 Calibrado 2021-12-06 | 1 año(s) |

Lugar de la Calibración

Realizada en las instalaciones de Laboratorio de Calibraciones de LOGYTEC S.A.
Calle Isidoro Suárez # 236 - San Miguel - Lima

Condiciones Ambientales

| Temperatura Ambiente | Humedad Relativa |
|----------------------|------------------|
| 22,5 °C ± 1 °C | 65,0 % ± 5 % |

Nota

Los resultados expresados en este Certificado son válidos únicamente para la unidad ensayada, no siendo extensivos a otras unidades aun cuando fueran del mismo tipo y lote.

La incertidumbre total expandida está basada en una incertidumbre patrón combinada multiplicada por un factor de expansión k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%



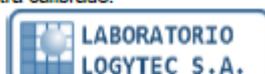
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 224884

Resultado de la calibración

| Rango | Nominal | Patrón | Lectura | Error | μ (K=2) |
|---------------|---------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 20 Ω | 5 Ω | 5,0156 Ω | 5,00 Ω | -0,016 Ω | 0,009 Ω |
| | 10 Ω | 10,0118 Ω | 10,01 Ω | -0,002 Ω | 0,058 Ω |
| 200 Ω | 50 Ω | 50,0753 Ω | 49,8 Ω | -0,28 Ω | 0,08 Ω |
| | 90 Ω | 90,1808 Ω | 90,4 Ω | 0,22 Ω | 0,12 Ω |
| 2000 Ω | 600 Ω | 600,3102 Ω | 598 Ω | -2,3 Ω | 0,9 Ω |
| | 900 Ω | 900,5638 Ω | 904 Ω | 3,4 Ω | 1,2 Ω |
| 20 k Ω | 5 k Ω | 5,0008 k Ω | 5,04 k Ω | 0,039 k Ω | 0,008 k Ω |
| | 10 k Ω | 10,0023 k Ω | 9,97 k Ω | -0,032 k Ω | 0,013 k Ω |

Observaciones

Del resultado de las mediciones se concluye que el instrumento se encuentra calibrado.



Calibrado por:



Firmado digitalmente
por FERNANDEZ ULFEE
WILLIAM EDUARDO
Fecha: 2023.11.23
08:29:47 -05'00'

Eduardo Fernandez Ulfee
Laboratorio de calibraciones

ANEXO 07. Fotos

Promelsa
DONDE ILUMINAN LAS NUEVAS IDEAS

TRANSFORMADOR TRIFASICO EN ACEITE

OFF: 111 - 1874
SERIE: 111187402

POTENCIA: 75 KVA
TENSION: 22900-10000/400-231 V
CORRIENTE: 1.9 - 4.3 / 108.3 A

NIV. AISLAM. AT: 24 / 50 / 125 KV
BIL EXTERIOR: 200 KV
NIV. AISLAM. BT: 1.1 / 3 KV
CONEXION: Yyn6 - Dyn5

Tcc 75°C 22.9kV: 4.1 %
Tcc 75°C 10kV: 3.8 %

FRECUENCIA: 60 Hz
TEMP. ACEITE/CU: 60 / 65 °C
ENFRIAMIENTO: ONAN
ALTITUD: 1000 msnm
MONTAJE: EXTERIOR
NORMA: IEC 60076
ACEITE NYNAS: Nytro Izar II
PESO DE ACEITE: 112 Kg
PESO P. ACTIVA: 220 Kg
PESO TOTAL: 450 Kg

AÑO FABRICACION: 2011

AL CAMBIADOR

TABLEROS/INT

INDUSTRIA PERUANA

| TAP | POS | U - V - W | U - V - W |
|-----|-----|-----------|-----------|
| 1 | 1-2 | 24045 | 10681 |
| 2 | 2-3 | 23173 | 10331 |
| 3 | 3-4 | 22900 | 10000 |
| 4 | 4-5 | 22328 | 9669 |
| 5 | 5-6 | 21755 | 9339 |

| FORMA DE CONECTAR LOS PUENTES | RELACION | CONEXION |
|-------------------------------|-------------|----------|
| | 22900/400 V | Yyn6 |
| | 10000/400 V | Dyn5 |

CONECTADO EN 31 mar 2024 2:18:14 a. m.



