

ESTANDARIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES
ELÉCTRICAS DE LA PLANTA DE BENEFICIO AGROINCE LTDA Y CÍA S.C.A.

Modalidad Práctica empresarial

Dayan Fernando Quintero Gutierrez

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista

Director:

Oscar Quiroga Quiroga

Doctor en ingeniería eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2024

Agradecimientos

A mi madre, Rubiela, quien se encargó de guiarme y apoyarme en toda mi etapa universitaria, sin ella no hubiese podido cumplir este logro tan importante para mí.

A mi padre, Rodrigo, el cual me ha inculcado los valores para ser una buena persona y quien me ha apoyado a lo largo de este camino.

A mi hermano, Jordan, quien ha sido mi compañero de vida y mi apoyo incondicional, con quien comparto mis alegrías y mis logros.

Al ingeniero Román Sarmiento y al departamento de mantenimiento de la empresa Agroince, quien me dieron la oportunidad de vivir mi primera experiencia en la industria y de los cuales me llevo la mejor de las enseñanzas.

Finalmente, dar las gracias a la Universidad Industrial de Santander que me brindó las herramientas para crecer durante mi etapa universitaria, la cual me permitió conocer docentes que han sido parte de este camino, a todos ellos les quiero agradecer las enseñanzas y momentos que siempre llevaré conmigo.

Índice

| | |
|---|----|
| Introducción | 10 |
| 1 Infraestructura Eléctrica y Mantenimiento en la Agroindustria de la Palma de Aceite Africana..... | 11 |
| 1.1 Agroindustria de la palma de aceite africana | 11 |
| 1.2 Diagrama Unifilar | 12 |
| 1.3 Mantenimiento Industrial..... | 15 |
| 1.3.1 Programa De Mantenimiento | 15 |
| 2 Gestión de Equipos Eléctricos en la Planta Extractora: Lista de equipos, Codificación y Fichas Técnicas | 17 |
| 2.1 Elaboración del listado de equipos eléctricos de la Planta Extractora..... | 17 |
| 2.2 Elaboración del formato de fichas técnicas eléctricas | 18 |
| 2.2.1 Motor del proceso con arranque directo | 19 |
| 2.3 Codificación de equipos eléctricos de la Planta Extractora | 19 |
| 2.3.1 Codificación recepción | 20 |
| 2.4 Fichas técnicas de equipos eléctricos que comprenden el proceso productivo de la planta de beneficio | 21 |
| 3 Ejecución del Mantenimiento Eléctrico en la Planta de Beneficio: Análisis de Criticidad y Procedimientos Específicos para Actividades de Mantenimiento de Equipos Eléctricos | 22 |
| 3.1 Elaboración de análisis de criticidad..... | 22 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.2 | Implementación y caracterización de procedimiento para el mantenimiento según el análisis de criticidad..... | 24 |
| 3.2.1 | Nivel Crítico..... | 24 |
| 3.2.2 | Nivel Semi-crítico..... | 24 |
| 3.2.3 | Nivel No-crítico | 24 |
| 3.3 | Clasificación de los equipos por tipo de mantenimiento | 25 |
| 3.4 | Elaboración del procedimiento a seguir según el tipo de mantenimiento eléctrico asignado | 25 |
| 3.4.1 | Actividades de mantenimiento preventivo para motores eléctricos | 27 |
| 3.4.2 | Mantenimiento predictivo para motores eléctricos..... | 31 |
| 3.4.3 | Mantenimiento correctivo para motores eléctricos..... | 32 |
| 3.4.4 | Lista de chequeo | 33 |
| 3.4.5 | Actividades de mantenimiento preventivo para transformadores eléctricos | 35 |
| 3.4.6 | Mantenimiento predictivo para transformadores eléctricos..... | 40 |
| 3.4.7 | Mantenimiento correctivo para transformador eléctrico..... | 42 |
| 3.4.8 | Actividades de mantenimiento preventivo para Generador Eléctrico | 42 |
| 3.4.9 | Mantenimiento predictivo para Generador Eléctrico..... | 46 |
| 3.4.10 | Mantenimiento correctivo planta de generación..... | 48 |
| 3.5 | Equipos eléctricos en almacén como stock para mantenimiento eléctrico | 48 |
| 4 | Preparación y Seguridad en Actividades de Mantenimiento | 49 |

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Instrumentación para actividades de mantenimiento de motores eléctricos | 49 |
| 4.2 | Instrumentación para actividades de mantenimiento de transformadores eléctricos | 50 |
| 4.3 | Instrumentación para actividades de mantenimiento de generador eléctrico | 50 |
| 4.4 | Herramientas para actividades de mantenimiento correctivo | 51 |
| 4.5 | Elementos de protección personal para actividades de mantenimiento | 53 |
| 4.6 | Reglas de oro..... | 54 |
| | Conclusión | 56 |
| | Oportunidades de mejora | 58 |
| | Bibliografía | 59 |
| | Anexos | 60 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Lista de equipos eléctricos de la sección de Recepción..... | 18 |
| Tabla 2. Formato de ficha técnica para un motor con arranque directo..... | 19 |
| Tabla 3. Equipos codificados de la sección de Recepción..... | 20 |
| Tabla 4. Ficha técnica del Redler 2..... | 21 |
| Tabla 5. Equipos del proceso según su nivel de criticidad y tipo de mantenimiento..... | 25 |
| Tabla 6. Actividades de mantenimiento preventivo para un motor eléctrico..... | 27 |
| Tabla 7. Mantenimiento predictivo para un motor eléctrico..... | 32 |
| Tabla 8. Lista de chequeo para motores eléctricos..... | 33 |
| Tabla 9. Actividades de mantenimiento preventivo para un transformador eléctrico..... | 36 |
| Tabla 10. Mantenimiento predictivo para un transformador eléctrico..... | 41 |
| Tabla 11. Actividades de mantenimiento preventivo para un grupo electrogeno..... | 43 |
| Tabla 12. Mantenimiento predictivo para un generador eléctrico..... | 47 |
| Tabla 13. Instrumentación para actividades de mantenimiento de motores eléctricos..... | 50 |
| Tabla 14. Instrumentación para actividades de mantenimiento de transformadores eléctricos..... | 50 |
| Tabla 15. Instrumentación para actividades de mantenimiento de transformadores eléctricos..... | 51 |
| Tabla 16. Herramientas necesarias para el mantenimiento correctivo..... | 51 |
| Tabla 17. Elementos de protección personal requeridos para las actividades de mantenimiento de riesgos en general..... | 53 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Diagrama unifilar de la Planta de Beneficio Agroince LTDA SCA Y CIA | 13 |
| Ilustración 2. Diagrama de flujo de la agroindustria de la palma de aceite africana | 14 |
| Ilustración 3. Diagrama de flujo para el programa de mantenimiento eléctrico..... | 16 |
| Ilustración 4. Estructura para la elaboración de codificación de los equipos de la Planta de Beneficio | 20 |
| Ilustración 5. Diagrama de flujo para la elaboración del análisis de criticidad de los equipos | 23 |
| Ilustración 6. Diagrama de flujo para la ejecución de actividades de mantenimiento en equipos eléctricos asociados al proceso productivo. | 26 |

Resumen

Título: Estandarización Del Mantenimiento De Equipos E Instalaciones Eléctricas De La Planta De Beneficio Agroince Ltda Y Cía S.C.A.

Autor: Dayan Fernando Quintero Gutierrez

Palabras claves: mantenimiento, criticidad, equipos eléctricos, industria

Descripción:

En la actualidad, la industria depende en gran medida de sistemas eléctricos eficientes y fiables para mantener la continuidad de las operaciones. El mantenimiento eléctrico juega un papel crucial en la prevención y mejora del funcionamiento de estos equipos y sistemas.

Sin embargo, la falta de estrategias efectivas de mantenimiento puede resultar en costosas interrupciones de la producción, inactividad y riesgos para la seguridad del personal. Es fundamental adoptar un enfoque proactivo hacia el mantenimiento eléctrico para garantizarla longevidad de los equipos e instalaciones, así como para minimizar las fallas que requieren acciones correctivas.

La empresa Agroince LTDA Y CIA SCA, ubicada en el Sur del Cesar, se dedica a la producción de aceite de palma, aceite rojo y aceite de palmiste. Su proceso productivo abarca varias etapas, desde la esterilización hasta la extracción de los aceites, y cuenta con una amplia gama de equipos e instalaciones eléctricas que facilitan su funcionamiento, como arranques directos, variadores de velocidad, arrancadores suaves, entre otros. El proyecto tiene como objetivo central estandarizar prácticas eficientes en el mantenimiento eléctrico, para lo cual se recopila información relevante sobre los equipos involucrados en el proceso industrial.

Abstract

Title: Standardization of Maintenance for Electrical Equipment and Installations at the Agroince LTDA Y CIA S.C.A. Beneficiary Plant

Author: Dayan Fernando Quintero Gutierrez

Key words: maintenance, criticality, electrical equipment, industry

Description:

Currently, the industry relies heavily on efficient and reliable electrical systems to maintain operational continuity. Electrical maintenance plays a crucial role in preventing and improving the functioning of these equipment and systems. However, the lack of effective maintenance strategies can result in costly production interruptions, downtime, and risks to personnel safety. Adopting a proactive approach to electrical maintenance is essential to ensure the longevity of equipment and installations, as well as to minimize corrective action required for failures.

The Agroince Ltda And Co S.C.A., located in Southern Cesar, is dedicated to the production of palm oil, red oil, and palm kernel oil. Its production process encompasses several stages, from sterilization to oil extraction, and includes a wide range of electrical equipment and installations that facilitate its operation, such as direct starters, variable speed drives, soft starters, among others. The project aims to centralize efficient maintenance practices for electrical systems, for which relevant information on the equipment involved in the industrial process will be gathered.

Introducción

La industria del aceite de palma africana representa uno de los sectores más importantes en el ámbito agroindustrial, no solo a nivel económico sino también en términos de impacto social y ambiental. La extracción del aceite de palma africana es un proceso complejo que involucra una serie de etapas y tecnologías específicas para obtener un producto final de alta calidad. En este contexto, los equipos eléctricos desempeñan un papel fundamental en el proceso de producción. Desde motores hasta transformadores eléctricos y grupos electrógenos, estos equipos son esenciales para garantizar el funcionamiento eficiente y continuo de las operaciones de extracción del aceite de palma africana. Sin embargo, su mantenimiento adecuado y oportuno es crucial para prevenir fallas inesperadas que podrían interrumpir la producción y ocasionar pérdidas significativas. En este trabajo de tesis, se aborda de manera integral el mantenimiento de los equipos eléctricos utilizados en el proceso de extracción del aceite de palma africana de la empresa Agroince LTDA. Se desarrollan estrategias de mantenimiento adaptadas a las necesidades específicas de la industria, considerando diferentes tipos de mantenimiento, tales como predictivo, preventivo y correctivo. Para ello, se lleva a cabo un análisis de criticidad de los equipos, que permite identificar aquellos de mayor importancia y priorizar las acciones de mantenimiento en función de su impacto en la producción. Además, se elaboran fichas técnicas detalladas de cada equipo eléctrico, se codifican para una fácil identificación y se establecen protocolos específicos para su mantenimiento según su nivel de criticidad. Así mismo, se proporciona información sobre la instrumentación necesaria, las herramientas requeridas y los elementos de protección personal necesarios para llevar a cabo estas actividades de mantenimiento de manera segura y eficiente.

1 Infraestructura Eléctrica y Mantenimiento en la Agroindustria de la Palma de Aceite Africana

Este capítulo aborda la agroindustria del aceite de palma africana, detallando su proceso de producción y su infraestructura eléctrica, teniendo en cuenta en los equipos esenciales para la eficiencia de la producción. Además, se considera el mantenimiento, sus objetivos y las diferentes estrategias aplicables, aspectos vitales para garantizar el funcionamiento adecuado de la industria y la prolongación de la vida útil de sus equipos eléctricos.

1.1 Agroindustria de la palma de aceite africana

La agroindustria de la palma de aceite africana es un sector crucial en muchas economías, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. Esta industria abarca toda la cadena de producción, desde el cultivo y la cosecha de la palma de aceite hasta el procesamiento y la comercialización de sus derivados. La industria del aceite de palma africana representa uno de los sectores más importantes en el ámbito agroindustrial, no solo a nivel económico sino también en términos de impacto social y ambiental.

El cultivo de palma de aceite africana se lleva a cabo en extensas plantaciones, donde se plantan y cosechan los frutos de palma. Estas plantaciones pueden abarcar miles de hectáreas y requieren cuidadosos procesos de gestión agronómica para garantizar altos rendimientos y una producción sostenible.

Una vez cosechados, los frutos de la palma de aceite se transportan a las plantas de procesamiento, donde se extrae el aceite a través de métodos mecánicos o químicos. Este aceite se utiliza en una variedad de productos, desde alimentos hasta cosméticos y productos de limpieza (Wambeck, 2005).

1.2 Diagrama Unifilar

El diagrama unifilar ilustra de forma gráfica los equipos eléctricos presentes en la planta de beneficio para el proceso productivo, con el objetivo de mantener en servicio eléctrico el proceso el mayor tiempo posible. Entre estos equipos, destacan los transformadores eléctricos que distribuyen energía a los barrajes que alimentan a cada uno de los tableros eléctricos. Estos tableros, a su vez, suministran energía a los motores que integran todo el proceso productivo. Por último, se cuenta con generadores eléctricos que actúan como respaldo en caso de que el suministro principal proporcionado por el operador de red ESSA, presente inconvenientes. Estos generadores eléctricos aseguran la continuidad del suministro eléctrico durante posibles cortes o fallos en la red principal, garantizando así la operatividad continua y la producción ininterrumpida en la planta de beneficio.

A continuación, se presenta el diagrama unifilar de la Planta de Beneficio Agroince LTDA.

Posteriormente, se presenta un esquema que destaca las principales características del proceso de producción del aceite de palma africana y los diferentes tipos de componentes y equipos eléctricos asociados.

Ilustración 2.

Diagrama de flujo de la agroindustria de la palma de aceite africana



Nota: Elaboración propia. Adaptado de (Wambeck, 2005).

1.3 Mantenimiento Industrial

El mantenimiento industrial garantiza el funcionamiento continuo de equipos eléctricos al detectar y resolver fallos. Su objetivo es mantener la operación sin interrupciones y permitir que otros equipos funcionen correctamente. Aborda más que solo el equipo de mantenimiento operativo, involucrando a toda la organización.

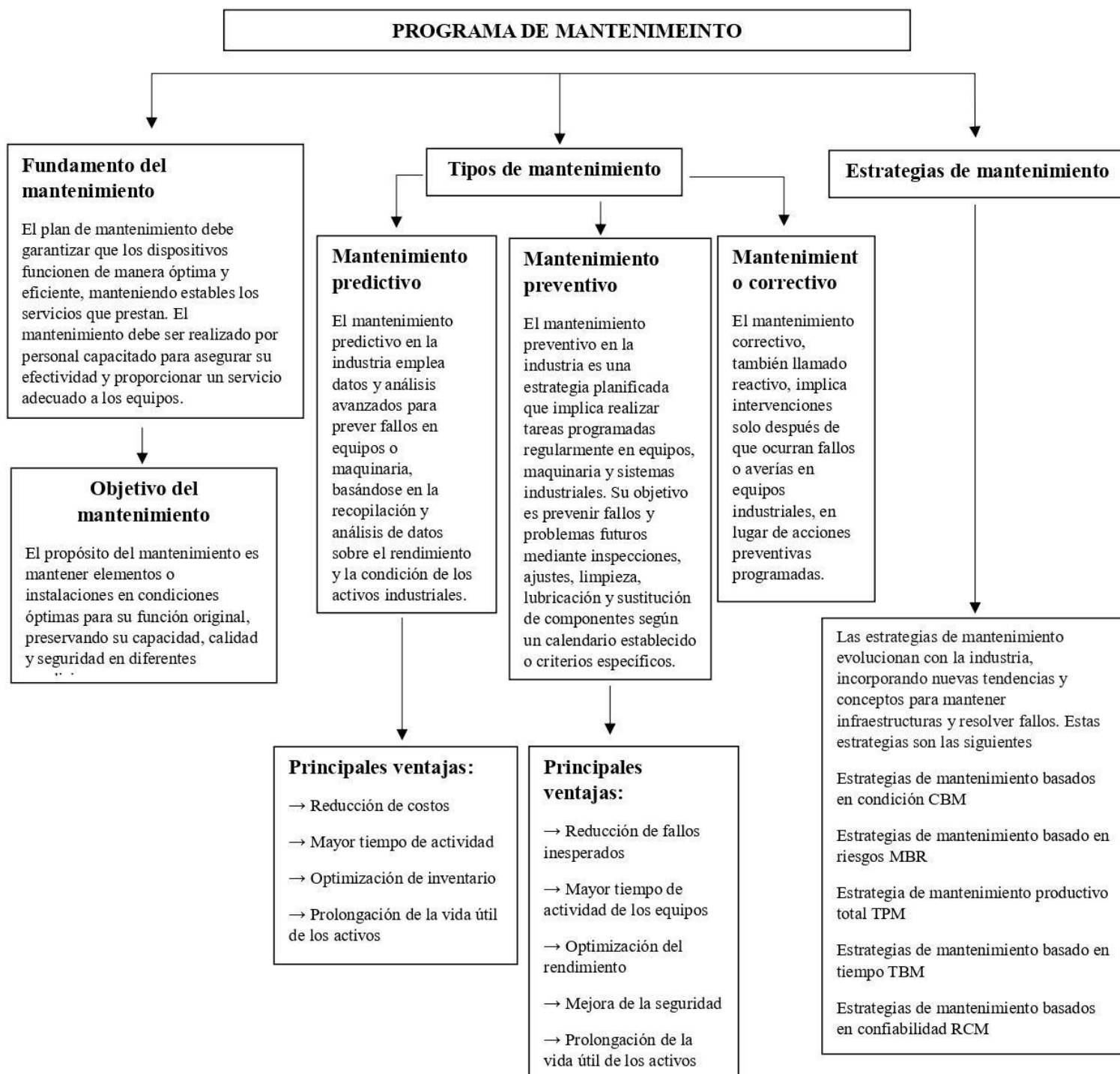
1.3.1 Programa De Mantenimiento

El programa de mantenimiento eléctrico en la industria asegura la operatividad segura y eficiente de sistemas y equipos. Incluye actividades como inspecciones, pruebas, limpieza, lubricación, ajustes y reemplazo de componentes. También puede implicar estrategias predictivas, como monitoreo continuo y análisis de datos para prevenir fallos. Un programa bien ejecutado reduce el riesgo de fallos, el tiempo de inactividad, mejora la seguridad de los equipos, mejorando la eficiencia y rentabilidad general.

En la Figura 3, se muestra un diagrama de flujo que resume los aspectos esenciales para establecer un programa de mantenimiento efectivo, incluyendo los objetivos clave, tipos de mantenimiento disponibles con sus respectivas ventajas, y las estrategias pertinentes en la industria.

Ilustración 3.

Diagrama de flujo para el programa de mantenimiento eléctrico



Nota: Elaboración propia. Adaptado de (Moubray, J. 2004).

2 Gestión de Equipos Eléctricos en la Planta Extractora: Lista de equipos, Codificación y Fichas Técnicas

En este capítulo, se presenta un registro de los equipos eléctricos de la empresa Agroince LTDA SCA, destacando sus principales características. Se elaboran fichas técnicas para el uso eficiente de la información que facilite las labores de mantenimiento. Se hace hincapié en los equipos críticos, considerando su relevancia fundamental en el desarrollo del proceso productivo.

2.1 Elaboración del listado de equipos eléctricos de la Planta Extractora

En esta sección se presenta el inventario de equipos eléctricos que integran el proceso productivo de la Planta de Beneficio. Este listado abarca motores, elementos asociados a los arranques de motores, transformadores, celdas, y otros componentes esenciales.

La lista de equipos eléctricos de la Planta de Beneficio Agroince LTDA comprende una variedad de componentes esenciales para el proceso productivo. Se incluyen 52 equipos con arranque directo, 4 equipos con arranque suave y 42 equipos con variadores de velocidad. Estos equipos están distribuidos en tableros ubicados en dos cuartos eléctricos y en tableros exteriores. Además, la planta extractora cuenta con 2 transformadores eléctricos y 2 generadores como respaldo de la red eléctrica principal.

A continuación, se presenta el listado de equipos eléctricos correspondientes a la sección de recepción, los cuales están directamente relacionados con el proceso productivo de la Planta de Beneficio.

Tabla 1.*Lista de equipos eléctricos de la sección de Recepción*

| Nombre del Tablero: TABLERO DE RECEPCIÓN | | | | | | | | | | | | Proceso: RECEPCIÓN | | | | | | | |
|---|--------------------------------|---------------|---------|----------------|-----|-------------------|------|-----|------|------|------|--------------------|------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------|--------|--------|
| Ubicación: CUARTO TRANSFERENCIA PRINCIPAL | | | | | | Tensión(V): 440 V | | | | | | | | | | | | | |
| LISTADO TABLERO DE RECEPCIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| # | EQUIPO | TIPO | MARCA | REFERENCIA | V | | kW | HP | A | | FP | RPM | TIPO DE ARRANQUE | | | | CONDUCTOR | | |
| | | | | | | | | | | | | | Interruptor | Guardamotor | Contacto | Variador | Arranque Suave | Fase | Tierra |
| 1 | REDLER 1 | Motorreductor | FLENNER | D188-M160L 1-4 | 220 | 440 | | 20 | 56,8 | 28,4 | 0,87 | 1685 | | SIEMENS SIRIUS (22-32A) ref: 3rv1031-4ea10 | | YASKAWA A1000 ref: CIMR-AU4A004FAA | | 6 AWG | 6 AWG |
| 2 | REDLER 2 | Motorreductor | FLENNER | D128-M112M-4 | 220 | 440 | 4 | | 15,8 | 7,9 | 0,86 | 1740 | | SIEMENS SIRIUS (7-10A) ref: 3RV2021-1JA10 | | YASKAWA A1000 ref: CIMR-AU4A001FAA | | 10 AWG | 10 AWG |
| 3 | UNIDAD HIDRÁULICA 1 | Motor | SIEMENS | 1LA7 133-6YB70 | 220 | 440 | | 7,5 | 24 | 12 | 0,87 | 1115 | | SIEMENS SIRIUS (7-10A) ref: 3RV2021-0JA10 | SIEMENS (440V) ref: 3rt1026-1a | | | 10 AWG | 10 AWG |
| 4 | UNIDAD HIDRÁULICA 2 | Motor | SIEMENS | 1LA7 114-4YA60 | 220 | 440 | | 7,5 | 23,2 | 11,6 | 0,87 | 1732 | | SIEMENS SIRIUS (7-10A) ref: 3RV2021-0JA10 | SIEMENS (440V) ref: 3rt1026-1a | | | 10 AWG | 10 AWG |
| 5 | MESA DE TRASLACIÓN LADO SECO | Motorreductor | DEMAG | ZBF 71 A 8/2 | 220 | | 0,41 | | 2,7 | | 0,87 | 3385 | | SCHNEIDER (6-10A) ref: GV2ME14 | SIEMENS (440V) ref: 3rt1026-1a | | | 10 AWG | 10 AWG |
| 6 | MALACATE 1 | Motorreductor | FLENNER | ZF88-K4-(132) | 220 | 440 | | 7,5 | 20 | 10 | 0,86 | 1755 | | EATON (10-16A) ref: PKZM0-16-SC | EATON (440V) ref: dilm65-xtce065d | | | 10 AWG | 10 AWG |
| 7 | MALACATE 2 | Motorreductor | FLENNER | ZF88-K4-(132) | 220 | 440 | | 7,5 | 20 | 10 | 0,86 | | | EATON (10-16A) ref: PKZM0-16-SC | EATON (440V) ref: dilm65-xtce065d | | | 10 AWG | 10 AWG |
| 8 | MESA DE TRASLACIÓN LADO HÚMEDO | Motorreductor | DEMAG | ZBF 71 A 8/2 | 220 | 440 | 0,41 | | 1,7 | 2,3 | 0,86 | 3385 | | SCHNEIDER (6-10A) ref: GV2ME14 | SIEMENS (440V) ref: 3rt1026-1a | | | 12 AWG | 12 AWG |

Para acceder a las listas de todos los equipos que componen el proceso productivo, por favor consulte el Anexo A.

2.2 Elaboración del formato de fichas técnicas eléctricas

Para la elaboración de los formatos de fichas técnicas de los equipos eléctricos que forman parte del proceso productivo de la Planta de Beneficio, se han considerado aquellos equipos tales como transformadores, generadores eléctricos, tableros eléctricos, motores y sus respectivos componentes, que incluyen los arranques, entre otros.

2.2.1 Motor del proceso con arranque directo

A continuación, se presenta el formato de ficha técnica eléctrica para equipos y motores con arranque directo:

Tabla 2.

Formato de ficha técnica para un motor con arranque directo

| NOMBRE EQUIPO | | UBICACIÓN FÍSICA | | TIPO ARRANQUE | |
|---------------------------------|--|---------------------------------|--|------------------------------------|--|
| | | | | | |
| MOTOR | | GUARDAMOTOR/INTERRUPTOR | | CONTACTOR | |
| | | | | | |
| CARACTERÍSTICA EQUIPO ELÉCTRICO | | | | | |
| MOTOR | | TENSIÓN NOMINAL: | | CORRIENTE NOMINAL: | |
| FRECÜENCIA: | | RPM: | | POTENCIA: | |
| GRADO DE PROTECCIÓN IP: | | NÚMERO DE FASES: | | EFICIENCIA: | |
| | | | | FACTOR DE POTENCIA: | |
| | | | | REFERENCIA: | |
| CARACTERÍSTICA EQUIPO ELÉCTRICO | | | | | |
| GUARDAMOTOR | | TENSIÓN DE OPERACIÓN: | | RANGO DE PROTECCIÓN POR CORREINTE: | |
| REFERENCIA: | | NÚMERO DE FASES: | | POTENCIA MOTOR: | |
| GRADO DE PROTECCIÓN IP: | | NÚMERO DE FASES: | | NÚMERO DE CICLOS: | |
| | | | | NÚMERO DE POLOS: | |
| | | | | PODER DE CORTE: | |
| CARACTERÍSTICA EQUIPO ELÉCTRICO | | | | | |
| INTERRUPTOR | | TENSIÓN DE OPERACIÓN: | | CORRIENTE DE OPERACIÓN: | |
| REFERENCIA: | | NÚMERO DE FASES: | | POTENCIA MOTOR: | |
| GRADO DE PROTECCIÓN IP: | | NÚMERO DE FASES: | | NÚMERO DE CICLOS: | |
| | | | | NÚMERO DE POLOS: | |
| | | | | PODER DE CORTE: | |
| CARACTERÍSTICA EQUIPO ELÉCTRICO | | | | | |
| CONTACTOR | | TENSIÓN DE CIRCUITO DE CONTROL: | | CORRIENTE ASIGNADA DE EMPLEO: | |
| | | | | NÚMERO DE POLOS: | |

Para acceder a las fichas técnicas de todos los equipos, por favor, consulte el Anexo B, donde se encuentran los formatos correspondientes para cada tipo de equipo.

2.3 Codificación de equipos eléctricos de la Planta Extractora

La codificación de los equipos que integran el proceso de producción de la planta de beneficio se lleva a cabo utilizando como referencia los parámetros de sección, equipo,

número consecutivo de equipos de la sección y materia prima, como se puede observar en la Figura 4.

Ilustración 4.

Estructura para la elaboración de codificación de los equipos de la Planta de Beneficio



Nota: Adaptado de (P-M-01 Procedimiento de mantenimiento Planta de Beneficio).

Para obtener una visión detallada del proceso de codificación de los equipos, por favor consulte el anexo D.

2.3.1 Codificación recepción

A continuación, se presenta la codificación de los equipos que comprenden la sección de recepción:

Tabla 3.

Equipos codificados de la sección de Recepción

| ITEM. | Cod. Secc | SECCIÓN | Cod equipo | EQUIPOS |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------|
| 1 | 1 | RECEPCIÓN | RC-UT-01-FR | UNIDAD HIDRÁULICA N°1 DE TOLVA |
| 2 | 1 | RECEPCIÓN | RC-UT-02-FR | UNIDAD HIDRÁULICA N°2 DE TOLVA |
| 3 | 1 | RECEPCIÓN | RC-MS-03-FR | MESA DE TRASLACIÓN LADO SECO |
| 4 | 1 | RECEPCIÓN | RC-RL-04-FR | REDLER N°1 |
| 5 | 1 | RECEPCIÓN | RC-RL-05-FR | REDLER N°2 |
| 6 | 1 | RECEPCIÓN | RC-ML-06-FR | MALACATE N°1 |
| 7 | 1 | RECEPCIÓN | RC-ML-07-FR | MALACATE N°2 |




Por favor, consulte el Anexo C para acceder a la lista completa que detalla la codificación de los equipos que forman parte del proceso productivo de la planta de beneficio.

2.4 Fichas técnicas de equipos eléctricos que comprenden el proceso productivo de la planta de beneficio

Las fichas técnicas de los equipos eléctricos son de vital importancia, ya que contienen información técnica esencial sobre los equipos, lo que luego resulta fundamental para la planificación y ejecución de los mantenimientos e intervenciones necesarios. Estas fichas permiten reducir el tiempo de reacción y aumentar la eficiencia, al proporcionar los datos y especificaciones necesarios para las maniobras de mantenimiento requeridas. A continuación, se presenta la ficha técnica de un equipo con variador de velocidad perteneciente a la sección de recepción, el cual es parte integral del proceso productivo de la Planta de Beneficio.

Tabla 4.

Ficha técnica del Redler 2

| NOMBRE EQUIPO | | UBICACIÓN FÍSICA | | TIPOS DE ARRANQUE | |
|--|----------------------------|---|--------------------------|---|--|
| Redler 2 | | Recepción de fruto | | Variador de velocidad | |
| Equipo/Motor | | GUARDAMOTOR/INTERRUPTOR | | VARIADOR DE VELOCIDAD | |
|  | |  | |  | |
| CARACTERÍSTICA EQUIPO ELÉCTRICO | | | | | |
| MOTOR: FLENNDER | TENSIÓN NOMINAL: 220/440 V | CORRIENTE NOMINAL: 15,8/7,9 A | FACTOR DE POTENCIA: 0,87 | | |
| FRECUENCIA: 60 HZ | RPM: 1740 | POTENCIA: 4 kW | REFERENCIA: D128-M112M-4 | | |
| GRADO DE PROTECCIÓN IP: IP55 | NÚMERO DE FASES: 3 | EFICIENCIA: 90% | | | |
| CARACTERÍSTICA EQUIPO ELÉCTRICO | | | | | |
| GUARDAMOTOR: SIEMENS SIRIUS | TENSIÓN NOMINAL: 440 V | RANGO DE PROTECCIÓN POR CORRIENTE: 7-10 A | NÚMERO DE POLOS: 3 | | |
| REFERENCIA: 3RV2021-1JA10 | | POTENCIA MOTOR: 4kW | PODER DE CORTE: 100 KA | | |
| GRADO DE PROTECCIÓN IP: IP20 | NÚMERO DE FASES: 3 | NÚMERO DE CICLOS: 100000 | | | |
| CARACTERÍSTICA EQUIPO ELÉCTRICO | | | | | |
| VARIADOR DE FRECUENCIA Yaskawa | TENSIÓN NOMINAL: 440 V | CORRIENTE NOMINAL: 9,2A HD/11A ND | TIPOS DE TRABAJO: HD/ND | | |
| FRECUENCIA: Variable | POTENCIA: 3,7kW/5,5kW | | NÚMERO DE FASES: 3 | | |

Para consultar todas las fichas técnicas de los equipos que integran el proceso productivo, por favor, consulte el Anexo E.

3 Ejecución del Mantenimiento Eléctrico en la Planta de Beneficio: Análisis de Criticidad y Procedimientos Específicos para Actividades de Mantenimiento de Equipos Eléctricos

En este capítulo se aborda lo importante del análisis de criticidad para los equipos que forman parte del proceso productivo, determinando la importancia de cada uno y asignándoles el tipo de mantenimiento correspondiente. Asimismo, se proporciona listas detalladas de las actividades necesarias para el mantenimiento de los equipos eléctricos esenciales en el proceso.

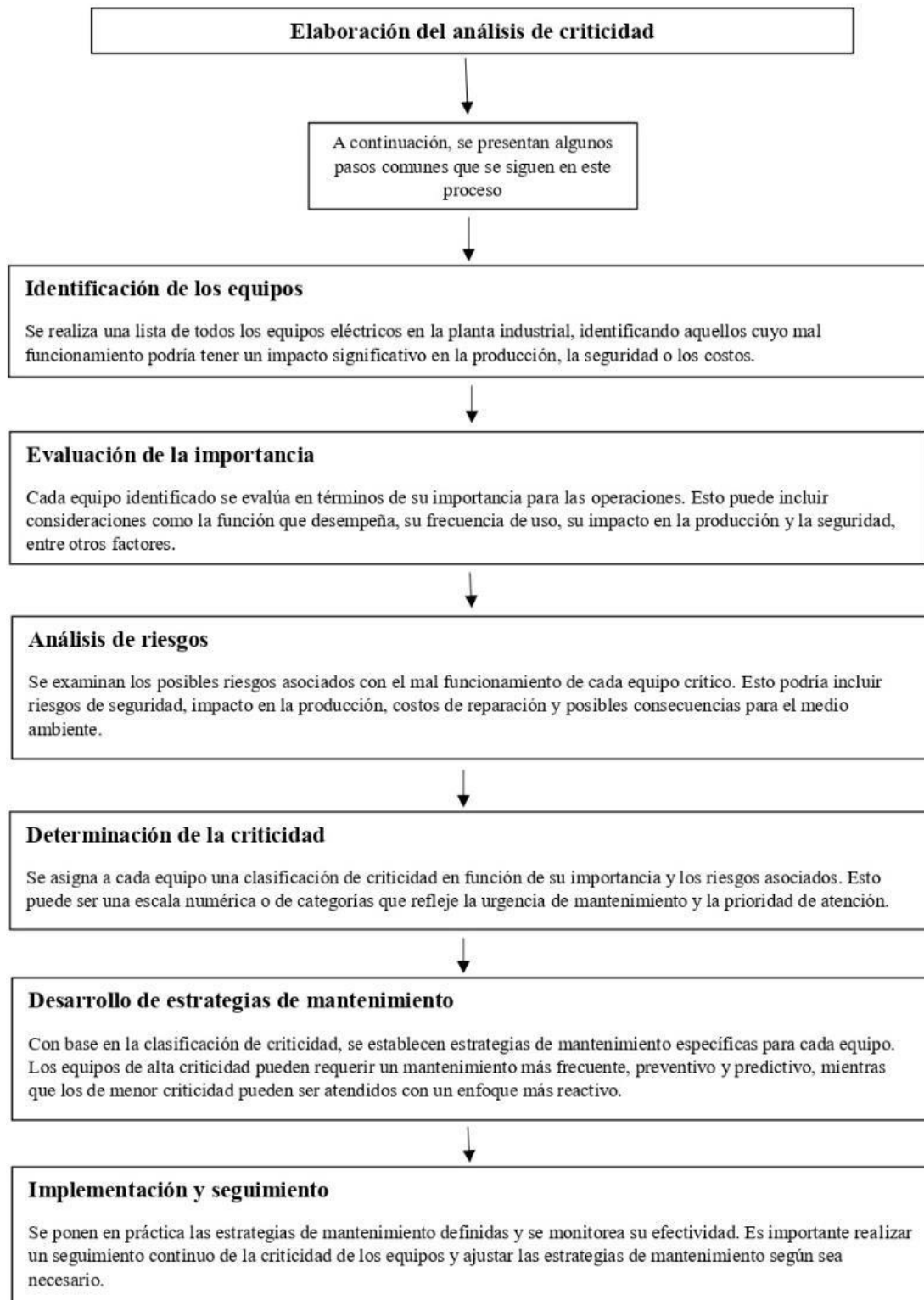
3.1 Elaboración de análisis de criticidad

El análisis de criticidad del mantenimiento eléctrico en la industria es un proceso sistemático que evalúa la importancia y el impacto de los equipos eléctricos en el funcionamiento general de la operación.

A continuación, se presenta un esquema que destaca las principales características de la elaboración de un análisis de criticidad para equipos eléctricos involucrados en el proceso productivo del aceite de palma africana.

Ilustración 5.

Diagrama de flujo para la elaboración del análisis de criticidad de los equipos



Nota: Elaboración propia. Adaptado de (Moubray, J. 2004).

3.2 Implementación y caracterización de procedimiento para el mantenimiento según el análisis de criticidad

Los niveles críticos, semi-crítico y normal en equipos eléctricos en la industria se refieren a la importancia y el estado operativo de esos equipos. A continuación, hay una descripción de cada uno.

3.2.1 Nivel Crítico

Este nivel se refiere a equipos cuyo funcionamiento es esencial para la operación continua y segura de la planta. El fallo de estos equipos puede resultar en detenciones prolongadas de la producción, pérdidas significativas de ingresos, riesgos graves para la seguridad del personal o daños al medio ambiente. Por lo tanto, se les da la máxima prioridad en términos de mantenimiento y monitoreo. Estos equipos deben estar en óptimas condiciones operativas en todo momento para garantizar la continuidad de las operaciones y la seguridad.

3.2.2 Nivel Semi-crítico

Este nivel incluye equipos cuyo fallo puede causar interrupciones moderadas en la producción o generar riesgos para la seguridad que pueden ser controlados con medidas de contingencia. Aunque el fallo de estos equipos puede no tener el mismo impacto grave que los equipos críticos, aun así, son considerados importantes y requieren atención y mantenimientos oportunos para evitar problemas mayores.

3.2.3 Nivel No-crítico

Este nivel engloba a equipos cuyo fallo tiene un impacto mínimo en la producción o la seguridad. Estos equipos pueden ser aquellos cuyo fallo no resultaría en detenciones significativas en la producción o riesgos graves para la seguridad del personal. Aunque no

son considerados críticos ni semi-críticos, estos equipos aún necesitan mantenimiento regular y seguimiento para garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil.

3.3 Clasificación de los equipos por tipo de mantenimiento

A continuación, la Tabla 5 presenta la lista de algunos equipos eléctricos, considerando su nivel de criticidad y el tipo de mantenimiento asignado, basado en el análisis correspondiente de criticidad para equipos de importancia en el proceso productivo de la planta de beneficio.

Tabla 5.

Equipos del proceso según su nivel de criticidad y tipo de mantenimiento

| TABLA DE CRITICIDAD | | | |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Equipo | Criticidad | Tipo de mantenimiento | Equipo para mantenimiento |
| Unidad hidráulica 1 detolva | No crítico | Lista de chequeo | Motor-reductor |
| Redlerd 1 | Crítico | Preventivo | Motor-reductor |
| Prensa raquis | Semi-crítico | Preventivo | Motor |

En el anexo F, se encontrarán detalladamente todos los equipos involucrados en el proceso productivo, junto con la clasificación correspondiente que indica el tipo de mantenimiento requerido para cada uno de ellos.

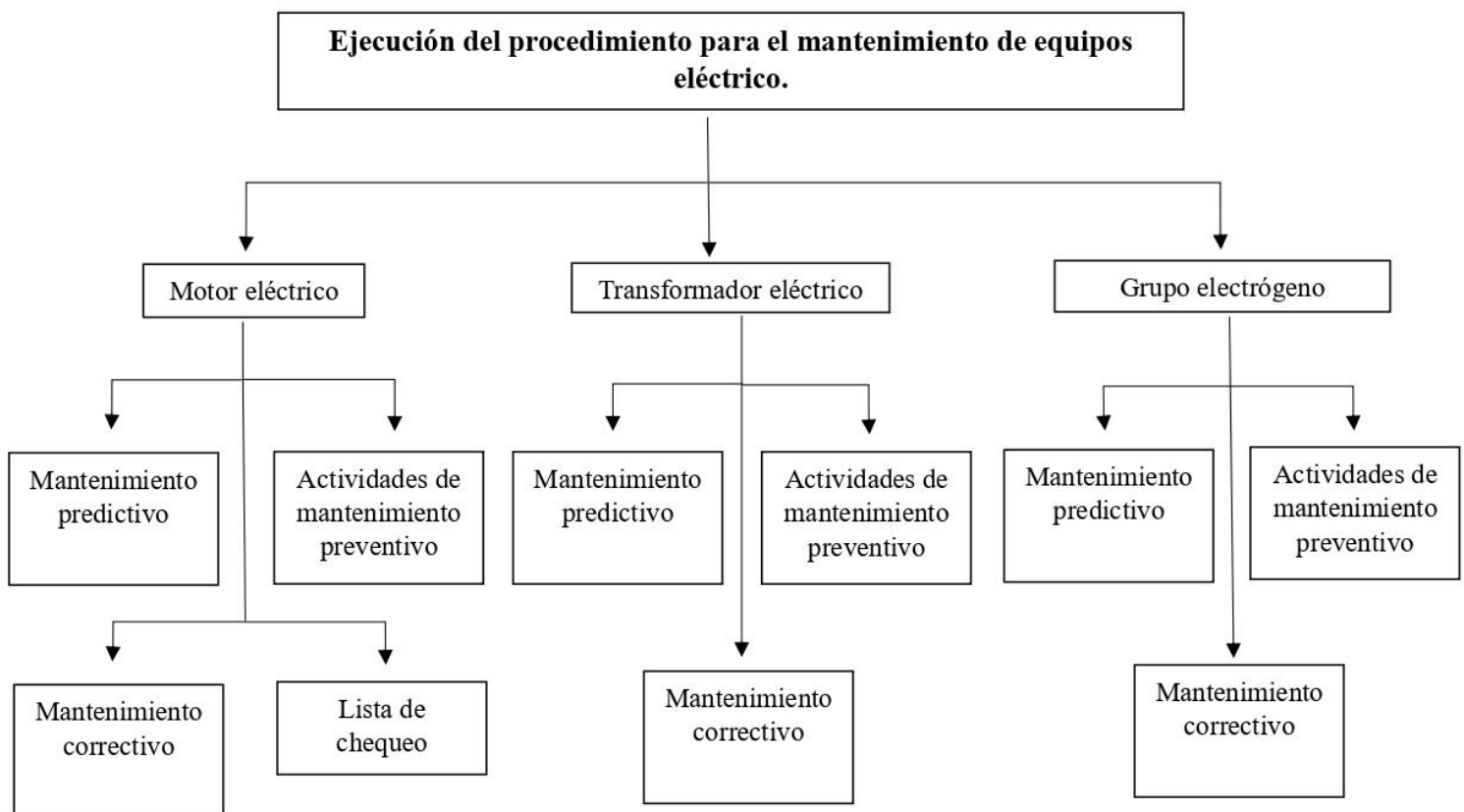
3.4 Elaboración del procedimiento a seguir según el tipo de mantenimiento eléctrico asignado

Para garantizar el adecuado desarrollo de las actividades de mantenimiento en la empresa Agroince LTDA, se lleva a cabo la elaboración de procedimientos de acción

específicos para cada tarea, teniendo en cuenta la criticidad de los equipos y el tipo de mantenimiento asignado. Estos procedimientos detallan los pasos a seguir en cada situación, asegurando una ejecución eficiente y segura de las labores de mantenimiento. Esta planificación garantiza que se apliquen los métodos y recursos adecuados para mantener en óptimas condiciones los equipos y así garantizar la continuidad de las operaciones de la empresa.

Ilustración 6.

Diagrama de flujo para la ejecución de actividades de mantenimiento en equipos eléctricos asociados al proceso productivo.



Nota: Elaboración propia. Actividades de mantenimiento adaptadas de (NFPA 70B) y datos recopilados en la práctica de la industria para el mejoramiento de los equipos.

3.4.1 *Actividades de mantenimiento preventivo para motores eléctricos*

El mantenimiento preventivo de motores eléctricos es una práctica fundamental para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. Este tipo de mantenimiento implica realizar inspecciones periódicas, lubricación adecuada, limpieza de componentes, verificación de conexiones eléctricas y pruebas de funcionamiento para detectar y corregir posibles problemas antes de que se conviertan en fallas mayores.

A continuación, se presenta las actividades correspondientes que deberá realizar la empresa Agroince LTDA para el mantenimiento preventivo en motores eléctricos que hacen parte del proceso productivo.

Tabla 6.

Actividades de mantenimiento preventivo para un motor eléctrico

| Actividades de mantenimiento preventivo | | | |
|--|--|---------------------|--|
| Actividad de mantenimiento | Personal autorizado para la realización de las actividades de mantenimiento | Periodicidad | Acción del mantenimiento |
| Inspección visual regular | Departamento de mantenimiento | Diariamente | Realizar inspecciones visuales periódicas para detectar signos de desgaste, corrosión o daños en el motor, como cables sueltos, conexiones deterioradas o acumulación de suciedad. |

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|----------------|--|
| Limpieza | Departamento de mantenimiento | Semanal | Mantener el motor limpio y libre de polvo, suciedad y otros contaminantes. Utilizar un cepillo suave o aire comprimido para limpiar las partes externas y un paño limpio y seco para eliminar cualquier residuo. |
| Revisión de conexiones eléctricas | Departamento de mantenimiento | Semanal | Verificar regularmente las conexiones eléctricas para asegurarte de que estén firmemente apretadas y libres de corrosión. Apretar cualquier conexión suelta y limpia las terminales si es necesario. |
| Velocidad | Departamento de mantenimiento | Semestralmente | Colocar tacómetro en un lugar seguro y visible para el operador, luego activar el motor a la velocidad deseada, el tacómetro registra la velocidad en revoluciones por minuto (RPM), proporcionando una lectura precisa de la velocidad del motor. |
| Lubricación | Departamento de mantenimiento | Semanal | Asegurar que todas las partes móviles estén debidamente lubricadas según las especificaciones del fabricante. Revisar |

| | | | |
|------------------------------|---|----------------|---|
| | | | regularmente los niveles de aceite y lubrica los rodamientos y ejes si es necesario. |
| Resistencia de aislamiento | Departamento de mantenimiento Contratistas | Semestralmente | Utilizar un megóhmetro para medir la resistencia de aislamiento entre las terminales del motor, comparando los valores obtenidos con los estándares recomendados por el fabricante. Si se detectan lecturas anómalas, se realizan pruebas adicionales para identificar posibles problemas, seguidas de acciones correctivas como limpieza, secado o reparación del aislamiento. |
| Verificación de vibraciones | Departamento de mantenimiento Contratistas | Semestralmente | Observar cualquier vibración inusual durante el funcionamiento del motor, ya que esto puede ser indicativo de desequilibrios o problemas mecánicos. Realizar un mantenimiento adecuado para corregir cualquier problema de vibración. |
| Resistencia de puesta tierra | Departamento de mantenimiento Contratistas | Semestralmente | Realizar una inspección visual para detectar cualquier daño en los conductores de tierra y |

conexiones. Después, se utiliza un medidor de resistencia de puesta a tierra para medir la resistencia entre el motor y el sistema de tierra, asegurándose de que esté dentro de los límites aceptables. Si se detecta alguna anomalía, se procede a reparar o reemplazar las conexiones defectuosas para garantizar un funcionamiento seguro y confiable del motor.

| | | | |
|---------------------------|-------------------------------|------------|--|
| Termografía infrarroja | Departamento de mantenimiento | Anualmente | Realizar inspecciones periódicas utilizando cámaras termográficas para detectar puntos calientes en el motor. Estos puntos calientes pueden indicar problemas como conexiones sueltas, sobrecargas o desgaste de componentes internos. |
| Pruebas de funcionamiento | Departamento de mantenimiento | Anualmente | Realizar pruebas periódicas de funcionamiento para verificar el rendimiento del motor y detectar cualquier problema potencial. Esto puede incluir pruebas de carga, pruebas de aislamiento y pruebas de resistencia. |

| | | | |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|--|
| Reemplazo de piezas desgastadas | Departamento de mantenimiento | No hay tiempo definido | Programar el reemplazo regular de piezas desgastadas, como escobillas, cojinetes y sellos, según el programa de mantenimiento recomendado por el fabricante. |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------------|--|

3.4.2 Mantenimiento predictivo para motores eléctricos

El mantenimiento predictivo es fundamental para anticipar y detectar posibles fallos futuros en los motores eléctricos. Se emplean diversas técnicas de monitoreo, entre las que destacan el monitoreo de temperatura, corrientes, velocidad, vibraciones, horómetros, entre otras. Estos parámetros permiten identificar anomalías en el funcionamiento de los motores antes de que se conviertan en problemas mayores, lo que posibilita la planificación de intervenciones de mantenimiento preventivo y la reducción de tiempos de inactividad no planificados.

A continuación, se presenta los parámetros de monitoreo correspondientes que deberá realizar la empresa Agroince LTDA, con las herramientas y software disponible para el mantenimiento predictivo en motores eléctricos que hacen parte del proceso productivo.

Tabla 7.*Mantenimiento predictivo para un motor eléctrico*

| Mantenimiento predictivo | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|--|
| Equipo | Parámetros de monitoreo | Herramientas o software para recopilar datos | Análisis de tendencias |
| Motor eléctrico | Monitoreo de temperatura | SCADA | Registrar y analizar los datos recopilados durante las actividades de monitoreo para identificar tendencias o patrones que puedan indicar un deterioro gradual del motor o la aparición de problemas potenciales. Los datos obtenidos son esenciales para prever posibles daños futuros en los motores, lo que establece una pauta para su funcionamiento apropiado y facilita la detección de desviaciones de las condiciones normales de operación. Esta información posibilita la planificación de intervenciones de mantenimiento preventivo, permitiendo así mantener los equipos en adecuadas condiciones y evitar posibles fallos o averías inesperadas. |
| | Monitoreo de corrientes | Registro manual de horómetros | |
| | Monitoreo de velocidad | Analizadores de red | |
| | Vibraciones | | |
| | Horómetros | | |

3.4.3 *Mantenimiento correctivo para motores eléctricos*

El mantenimiento correctivo de motores eléctricos en la industria implica intervenir los equipos después de que ha ocurrido una falla o un problema. En lugar de prevenir activamente los fallos, este tipo de mantenimiento se centra en reparar los motores una vez

que ya han dejado de funcionar correctamente. Aunque puede ser necesario en ocasiones, el mantenimiento correctivo tiende a ser menos eficiente y más costoso que el mantenimiento preventivo o predictivo, ya que puede resultar en tiempos de inactividad no planificados y reparaciones urgentes. Sin embargo, sigue siendo una parte importante del proceso de mantenimiento general en la industria, especialmente para resolver problemas imprevistos que puedan surgir en los motores eléctricos.

3.4.4 Lista de chequeo

Las listas de chequeo para equipos que no son críticos en el proceso de producción resultan muy útiles para llevar un seguimiento y actuar ante cualquier anomalía detectada. Estas listas permiten identificar de manera rápida y sistemática posibles problemas en los equipos, lo que facilita la programación de mantenimientos preventivos. Al realizar mantenimientos preventivos de manera regular basados en la información recopilada en las listas de chequeo, se promueve un mejor funcionamiento de los equipos y se reduce la probabilidad de fallos inesperados, contribuyendo así a la eficiencia y productividad general del proceso industrial.

A continuación, la tabla 8 presenta la lista de chequeo para motores eléctricos que debe realizar Agroince LTDA.

Tabla 8.

Lista de chequeo para motores eléctricos

| Lista de chequeo para equipos no críticos | | | | |
|--|---|--------------------|-------------------|----------------------|
| Actividad de mantenimiento | Acción del mantenimiento | Buen estado | Mal estado | Observaciones |
| Inspección visual | Verificar visualmente el motor en busca | | | |

| | |
|-----------------------|---|
| | de signos de daños, corrosión, o cualquier otro problema visible. |
| Conexiones eléctricas | Asegurarse de que todas las conexiones eléctricas estén bien ajustadas y en buen estado. |
| Estado de los cables | Inspeccionar los cables de alimentación y las conexiones para detectar signos de desgaste o daño. |
| Ruido anormal | Escuchar el motor durante su funcionamiento para detectar cualquier ruido inusual que pueda indicar un problema. |
| Vibraciones | Observar y sentir cualquier vibración anormal mientras el motor está en funcionamiento, lo que podría indicar desequilibrios o problemas de alineación. |
| Temperatura | Monitorear la temperatura del motor durante su operación para asegurarse de que no se esté sobrecalentando. |
| Nivel de aceite | Verificar el nivel de aceite en motores que lo requieran y asegurarse de que esté dentro de los límites recomendados. |

| | |
|---------------------------|--|
| Fugas de aceite | Inspeccionar el motor en busca de cualquier señal de fugas de aceite que puedan indicar un problema en los sellos o empaques. |
| Estado de los rodamientos | Comprobar la condición de los rodamientos del motor para asegurarse de que estén en buen estado y no presenten signos de desgaste. |
| Pruebas de funcionamiento | Probar el motor para asegurarse de que funcione correctamente y de acuerdo con las especificaciones del fabricante. |

3.4.5 Actividades de mantenimiento preventivo para transformadores eléctricos

El mantenimiento preventivo de un transformador eléctrico es fundamental para garantizar su eficiencia y prolongar su vida útil. Este tipo de actividades incluyen inspecciones regulares, limpieza de componentes, pruebas de funcionamiento, y análisis de aceite para detectar posibles fallos. Además, se realizan ajustes y reemplazos de piezas según sea necesario para prevenir averías mayores. Estas acciones no solo aseguran un suministro eléctrico confiable, sino que también ayudan a evitar costosas interrupciones en el servicio.

A continuación, la tabla 9 presenta las actividades correspondientes que deberá realizar la empresa Agroince LTDA para el mantenimiento preventivo en transformadores eléctricos que les pertenece.

Tabla 9.*Actividades de mantenimiento preventivo para un transformador eléctrico*

| Actividades de mantenimiento preventivo | | | |
|--|--|---------------------|---|
| Actividad de mantenimiento | Personal autorizado para la realización de las actividades de mantenimiento | Periodicidad | Acción del mantenimiento |
| Inspección visual | Departamento de mantenimiento | Diariamente | Realizar inspecciones visuales periódicas para detectar cualquier signo de desgaste, daño o corrosión en el transformador, como grietas en el aislamiento, fugas de aceite, o conexiones sueltas. |
| Análisis de aceite | Contratista | Anualmente | Tomar muestras de aceite del transformador y analizarlas en laboratorio para evaluar su calidad y detectar posibles contaminantes, como agua, gases, o partículas metálicas. Esto puede ayudar a prevenir fallas catastróficas y a identificar problemas potenciales antes de que se conviertan en grandes averías. |

| | | | |
|------------------------------|--|----------------|--|
| Resistencia de aislamiento | Departamento de mantenimiento Contratista | Semestralmente | Utilizar equipos de prueba especializados, como un megóhmetro, para medir la resistencia de aislamiento entre las bobinas y la carcasa del transformador. Se registran y comparan estos valores con los estándares recomendados por el fabricante y las normativas pertinentes. Cualquier lectura anormal indica posibles problemas de aislamiento, como humedad o deterioro, que deben abordarse con acciones preventivas, como secado, limpieza o reemplazo de componentes, para mantener la integridad eléctrica del transformador. |
| Resistencia de puesta tierra | Departamento de mantenimiento Contratista | Semestralmente | Inspeccionar visualmente todas las conexiones de puesta a tierra para detectar corrosión, daños o conexiones sueltas. Después, se utiliza un medidor de resistencia de puesta a tierra para medir la resistencia entre la carcasa del transformador y |

| | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|---|
| Pruebas de carga | Contratista | Anualmente | <p>el sistema de tierra, asegurándose de que esté dentro de los límites aceptables según las normativas locales y los estándares de seguridad.</p> <p>Realizar pruebas de carga periódicas para evaluar la capacidad de carga del transformador y asegurarse de que está funcionando dentro de los límites especificados. Esto puede ayudar a prevenir sobrecargas y a garantizar un funcionamiento seguro y eficiente del transformador.</p> |
| Termografía infrarroja | Departamento de mantenimiento | Semestralmente | <p>Realizar inspecciones periódicas utilizando cámaras termográficas para detectar puntos calientes en el transformador. Estos puntos calientes pueden indicar problemas como conexiones sueltas, sobrecargas o fallas en el aislamiento.</p> |
| Inspección de conexiones y terminales | Departamento de mantenimiento | Semanalmente | <p>Verificar regularmente las conexiones y terminales del transformador para asegurarse de que estén bien apretadas y en buen estado.</p> |

| | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|---|
| Pruebas de relación de transformación | Contratista | Anualmente | Las conexiones sueltas o corroídas pueden causar problemas de rendimiento y aumentar el riesgo de fallas. Realizar pruebas periódicas para verificar la relación de transformación del transformador y detectar posibles problemas en los devanados. Análisis de carga y pérdidas: Monitorear la carga del transformador y analizar las pérdidas para identificar posibles problemas de sobrecarga o deterioro de los materiales. |
| Limpieza y mantenimiento del entorno | Departamento de mantenimiento | Quincenalmente | Mantener limpio el entorno del transformador, eliminando cualquier acumulación de suciedad, escombros o vegetación que pueda obstruir la ventilación o aumentar el riesgo de daño por incendio. Además, asegurarse de que el transformador esté ubicado en un lugar adecuado, alejado de fuentes de calor, humedad o contaminantes. |

3.4.6 Mantenimiento predictivo para transformadores eléctricos

El mantenimiento predictivo en transformadores eléctricos es esencial para detectar con anticipación futuros fallos en su funcionamiento, lo que permite programar mantenimientos preventivos que contribuyan a la mejora del transformador. Estas acciones no solo ayudan a evitar interrupciones no planificadas en el suministro eléctrico, sino que también reducen los costos asociados con reparaciones mayores y pérdidas de producción. Para esto se realiza seguimiento de parámetros de temperatura, corrientes, tensiones, vibraciones, entre otros.

A continuación, se presenta los parámetros de monitoreo correspondientes que deberá realizar la empresa Agroince LTDA, con las herramientas y software disponible para el mantenimiento predictivo en transformadores eléctricos pertenecientes a la Planta de Beneficio.

Tabla 10.*Mantenimiento predictivo para un transformador eléctrico*

| Mantenimiento predictivo | | | |
|---------------------------------|--|---|--|
| Equipo | Parámetros de monitoreo | Herramientas o software para recopilar datos | Análisis de tendencias |
| Transformador eléctrico | Monitoreo de temperatura Monitoreo de corrientes Monitoreo de tensiones Vibraciones | SCADA Analizadores de red | Registrar y analizar los datos recopilados durante las actividades de monitoreo para identificar tendencias o patrones que puedan indicar un deterioro gradual del transformador o la aparición de problemas potenciales. Los datos obtenidos son esenciales para prever posibles daños futuros en el transformador, lo que establece una pauta para su funcionamiento apropiado y facilita la detección de desviaciones de las condiciones normales de operación. Esta información posibilita la planificación de intervenciones de mantenimiento preventivo, permitiendo así mantener los equipos en adecuadas condiciones y evitar posibles fallos o averías inesperadas. |

3.4.7 Mantenimiento correctivo para transformador eléctrico

El mantenimiento correctivo de transformadores eléctricos en la industria consiste en intervenir cuando se presentan fallos o averías imprevistas en el funcionamiento de estos equipos. Se llevan a cabo acciones de reparación o sustitución de componentes dañados para restaurar su operatividad. Aunque este tipo de mantenimiento es reactivo y no previene las fallas, es crucial para minimizar tiempos de inactividad y mantener la continuidad en la producción. Además, permite identificar posibles mejoras en los procesos de mantenimiento preventivo para evitar problemas similares en el futuro.

3.4.8 Actividades de mantenimiento preventivo para Generador Eléctrico

El mantenimiento preventivo para un generador eléctrico en la industria comprende una serie de actividades clave para asegurar su correcto funcionamiento. Esto incluye inspecciones regulares de componentes como el motor, el sistema de combustible, el sistema de enfriamiento y el sistema eléctrico. Además, se llevan a cabo pruebas de carga para verificar la capacidad de generación de energía y se realizan ajustes y lubricaciones según el programa establecido por el fabricante. Estas acciones preventivas ayudan a identificar y corregir posibles problemas antes de que causen fallas mayores, asegurando así un suministro eléctrico confiable y continuo.

A continuación, se presenta las actividades correspondientes que deberá realizar la empresa Agroince LTDA para el mantenimiento preventivo en generadores eléctricos que son el respaldo del suministro de la red.

Tabla 11.*Actividades de mantenimiento preventivo para un grupo eléctrico*

| Actividades de mantenimiento preventivo | | | |
|--|--|---------------------|--|
| Actividad de mantenimiento | Personal autorizado para la realización de las actividades de mantenimiento | Periodicidad | Acción del mantenimiento |
| Cambio regular de aceite y filtro | Departamento de mantenimiento | Mensualmente | El aceite lubricante y el filtro deben cambiarse según las especificaciones del fabricante o después de un cierto número de horas de funcionamiento. Esto ayuda a mantener el motor en buen estado y a prevenir el desgaste prematuro de las piezas internas. |
| Inspección del sistema de combustible | Departamento de mantenimiento | Semanalmente | Verificar regularmente el estado de los filtros de combustible y reemplazarlos si es necesario para evitar la acumulación de suciedad y garantizar un suministro limpio de combustible al motor. También es importante revisar las líneas de combustible en busca de fugas y |

asegurarse de que estén en buen estado.

| | | | |
|---|--|--------------------|--|
| Mantenimiento del sistema de enfriamiento | Departamento de mantenimiento | Semanalmente | Inspeccionar y limpiar regularmente el radiador y el sistema de enfriamiento para evitar la acumulación de suciedad y mejorar la eficiencia del enfriamiento del motor. Además, verificar el nivel y la calidad del líquido refrigerante y rellenar o cambiar según sea necesario. |
| Pruebas de carga y funcionamiento | Departamento de mantenimiento Contratista | Semestralment e | Realizar pruebas de carga periódicas para asegurarse de que el grupo electrógeno esté funcionando correctamente y pueda manejar la carga esperada en caso de un corte de energía. Esto ayuda a identificar posibles problemas de |

| | | | |
|--|-------------------------------|-----------------|---|
| Inspección y mantenimiento de baterías | Departamento de mantenimiento | Trimestralmente | <p>funcionamiento y garantiza la disponibilidad del sistema cuando sea necesario.</p> <p>Verificar regularmente el estado de las baterías, incluyendo la limpieza de los bornes y la comprobación de los niveles de electrolito en baterías con mantenimiento. Además, realizar pruebas de carga para asegurarse de que las baterías estén en buen estado y listas para arrancar el motor cuando sea necesario.</p> |
| Inspección de conexiones eléctricas | Departamento de mantenimiento | Semanalmente | <p>Revisar periódicamente todas las conexiones eléctricas, incluyendo los cables de alimentación y los conectores, para asegurarse de que estén bien ajustados y en buen estado. Las conexiones sueltas o corroídas pueden provocar problemas de funcionamiento y aumentar el riesgo de averías.</p> |

| | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----------------|---|
| Termografía infrarroja | Departamento de mantenimiento | Semestralmente | Emplear cámaras termográficas para identificar puntos calientes en el generador, lo que podría indicar problemas de conexión eléctrica, sobrecarga o desequilibrio de carga. |
| Programación de mantenimiento regular | Departamento de mantenimiento | Semanalmente | Establecer un programa de mantenimiento preventivo basado en las recomendaciones del fabricante y el historial de mantenimiento del grupo electrógeno. Esto garantiza que se realicen todas las tareas de mantenimiento necesarias de manera oportuna y se maximice la fiabilidad del equipo. |

3.4.9 Mantenimiento predictivo para Generador Eléctrico

El mantenimiento predictivo en generadores eléctricos es esencial para detectar con anticipación posibles fallos en su funcionamiento, lo que permite programar mantenimientos preventivos que contribuyan a prolongar la vida útil del generador. Estas acciones son fundamentales para garantizar un suministro eléctrico confiable y reducir el riesgo de interrupciones en servicios críticos. Además, facilitan la identificación temprana de problemas potenciales, lo que a su vez optimiza los recursos y minimiza los costos de

reparación. Los parámetros para el monitoreo son de temperatura, corrientes, velocidad, vibraciones, horómetros, entre otros.

A continuación, se presenta los parámetros de monitoreo correspondientes que deberá realizar la empresa Agroince LTDA, con las herramientas y software disponible para el mantenimiento predictivo en generadores eléctricos que son el respaldo del suministro de la red.

Tabla 12.

Mantenimiento predictivo para un generador eléctrico

| Mantenimiento predictivo | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|---|--|
| Equipo | Parámetros de monitoreo | Herramientas o software para recopilar datos | Análisis de tendencias |
| Generador eléctrico | Monitoreo de temperatura | SCADA | Registrar y analizar los datos recopilados durante las actividades de monitoreo para identificar tendencias o patrones que puedan indicar un deterioro gradual del generador o la aparición de problemas potenciales. Los datos obtenidos son esenciales para prever posibles daños futuros en los generadores, lo que establece una pauta para su funcionamiento |
| | Monitoreo de corrientes | Registro manual de horómetros | |
| | Monitoreo de velocidad | Analizadores de red | |
| | Vibraciones | | |
| | Horómetros | | |

apropiado y facilita la detección de desviaciones de las condiciones normales de operación.

Esta información posibilita la planificación de intervenciones de mantenimiento preventivo, permitiendo así mantener los equipos en adecuadas condiciones y evitar posibles fallos o averías inesperadas.

3.4.10 Mantenimiento correctivo planta de generación

El mantenimiento correctivo de generadores eléctricos en la industria implica intervenir cuando se presentan fallos imprevistos en su funcionamiento. En estas situaciones, se realizan acciones de reparación o reemplazo de componentes dañados para restaurar la operatividad del generador. Aunque este tipo de mantenimiento es reactivo y no previene las fallas, es fundamental para minimizar tiempos de inactividad y garantizar la continuidad en la provisión de energía. Además, proporciona información valiosa que puede ser utilizada para mejorar los procesos de mantenimiento preventivo y evitar problemas similares en el futuro.

3.5 Equipos eléctricos en almacén como stock para mantenimiento eléctrico

La empresa Agroince LTDA cuenta con un almacén dentro de su planta de producción, el cual está equipado con una variedad de equipos, componentes y herramientas eléctricas. Este stock se encuentra disponible para hacer frente a cualquier situación de

mantenimiento que pueda surgir, ya sea de carácter preventivo o correctivo. Gracias a esta disposición, se puede garantizar una rápida respuesta ante cualquier eventualidad eléctrica, asegurando así la continuidad operativa y la eficiencia de sus procesos de producción.

4 Preparación y Seguridad en Actividades de Mantenimiento

En este capítulo se presenta la instrumentación necesaria para el mantenimiento eléctrico de los equipos, junto con las herramientas requeridas para llevar a cabo las tareas de mantenimiento correctivo. Además, como un adicional se aborda los elementos de seguridad personal esenciales para el mantenimiento, así como las reglas de oro fundamentales para realizar trabajos sin tensión de manera segura y eficiente.

4.1 Instrumentación para actividades de mantenimiento de motores eléctricos

La instrumentación para el mantenimiento eléctrico es esencial, ya que permite monitorear si los equipos están operando de manera adecuada o si, por el contrario, están experimentando fallas que podrían ocasionar daños en el futuro. Es fundamental poder observar que el funcionamiento de los equipos se encuentre dentro de los parámetros normales para su operación. Esto permite tomar medidas preventivas o correctivas de manera oportuna, garantizando así la eficiencia y la fiabilidad de los equipos eléctricos en la industria.

A continuación, se presentan la instrumentación para llevar a cabo actividades de mantenimiento en motores eléctricos:

Tabla 13.*Instrumentación para actividades de mantenimiento de motores eléctricos*

| Instrumentación para actividades de mantenimiento de motores eléctricos | |
|--|----------------------------------|
| Parámetro de medición | Instrumentación requerida |
| Resistencia de aislamiento | Megóhmetro |
| Verificación de vibraciones | Vibrómetro |
| Resistencia de puesta tierra | Telurómetro |
| Termografía infrarroja | Cámara termográfica |
| Velocidad | Tacómetro |

4.2 Instrumentación para actividades de mantenimiento de transformadores eléctricos

A continuación, se presentan la instrumentación para llevar a cabo actividades de mantenimiento en transformadores eléctricos:

Tabla 14.*Instrumentación para actividades de mantenimiento de transformadores eléctricos*

| Instrumentación para actividades de mantenimiento de transformadores eléctricos | |
|--|----------------------------------|
| Parámetro de medición | Instrumentación requerida |
| Resistencia de aislamiento | Megóhmetro |
| Resistencia de puesta tierra | Telurómetro |
| Termografía infrarroja | Cámara termográfica |
| Parámetros eléctricos (Corriente, voltaje y potencias) | Analizador de red |

4.3 Instrumentación para actividades de mantenimiento de generador eléctrico

A continuación, se presentan la instrumentación para llevar a cabo actividades de mantenimiento en grupos electrógenos:

Tabla 15.*Instrumentación para actividades de mantenimiento de transformadores eléctricos*

| Instrumentación para actividades de mantenimiento de grupos electrógenos | |
|---|----------------------------------|
| Parámetro de medición | Instrumentación requerida |
| Pruebas de carga y funcionamiento | Banco de carga |
| Prueba de baterías | Probador de baterías |
| Termografía infrarroja | Cámara termográfica |

4.4 Herramientas para actividades de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo en una planta de producción industrial demanda una variedad de herramientas para intervenir adecuadamente en los equipos. El personal técnico del departamento de mantenimiento necesita contar con herramientas efectivas que les permitan intervenir de manera rápida y eficiente los equipos eléctricos. Es importante que el personal cuente con un kit completo de herramientas que les permita abordar una amplia variedad de situaciones de mantenimiento correctivo con confianza y eficacia.

A continuación, se presenta las herramientas necesarias para el trabajo de mantenimiento correctivo:

Tabla 16.*Herramientas necesarias para el mantenimiento correctivo*

| Herramientas necesarias para el mantenimiento correctivo | |
|---|--|
| Herramienta | Actividad |
| Multímetro | Para medir voltajes, corrientes, resistencias y continuidad en circuitos eléctricos. |
| Pinzas amperimétricas | Para medir corrientes eléctricas sin necesidad de interrumpir el circuito. |

| | |
|--|---|
| Destornilladores de diferentes tamaños y tipos | Para aflojar y apretar terminales, conectores y paneles eléctricos. |
| Alicates de corte y pelado | Para cortar y pelar cables eléctricos. |
| Llaves de tuercas y llaves inglesas | Para apretar y aflojar conexiones y terminales. |
| Probador de circuitos | Para verificar la continuidad de los circuitos eléctricos y la presencia de corriente. |
| Alicates de punta larga | Para alcanzar y manipular cables y conexiones en lugares de difícil acceso. |
| Tacómetro | Para medir la velocidad de rotación del eje del motor. |
| Extractores de terminales | Para retirar terminales de conexión de manera segura. |
| Linterna o lámpara de mano | Para iluminar áreas de trabajo con poca luz. |
| Cámara termográfica | Para visualizar las diferencias de temperatura en superficies y objetos, lo que permite identificar puntos calientes. |
| Cinta aislante y cinta de vinilo | Para reparar y aislar conexiones eléctricas. |
| Megóhmetro | Para medir la resistencia eléctrica de aislamiento en componentes y sistemas eléctricos. |
| Detector de voltaje sin contacto | Para identificar la presencia de corriente eléctrica en cables y conductores sin contacto físico. |
| Kit de herramientas de corte y perforación | Para realizar cortes en paneles eléctricos y perforaciones en cajas y tableros. |

4.5 Elementos de protección personal para actividades de mantenimiento

El mantenimiento en una planta industrial puede implicar la exposición a una variedad de riesgos, por lo que es fundamental contar con elementos de protección personal adecuados para garantizar la seguridad del personal.

Algunos de los elementos de protección personal comunes que se pueden requerir durante el mantenimiento en una planta industrial incluyen:

Tabla 17.

Elementos de protección personal requeridos para las actividades de mantenimiento de riesgos en general.

| Elementos de protección personal para el mantenimiento eléctrico | |
|---|---|
| Elemento de protección | Acción |
| Casco de seguridad dieléctrico | Para proteger la cabeza contra impactos, caídas de objetos y lesiones en caso de accidente. |
| Gafas de seguridad | Para proteger los ojos contra partículas voladoras, salpicaduras químicas, chispas eléctricas, polvo y otros riesgos oculares. |
| Protectores auditivos | Para reducir la exposición al ruido excesivo en áreas donde se realizan operaciones ruidosas. |
| Respiradores o mascarillas | Para proteger contra la inhalación de polvo, humos, vapores y gases peligrosos presentes en el ambiente. |
| Guantes de seguridad | Para proteger las manos contra cortes, abrasiones, productos químicos, quemaduras, electricidad, entre otros riesgos. |
| Calzado de seguridad dieléctrico. | Botas o zapatos con puntera reforzada y suela antideslizante dieléctricos para proteger los pies contra lesiones por aplastamiento, perforación, resbalones y descargas eléctricas. |
| Ropa de trabajo resistente | Overoles, chaquetas, pantalones y camisas de trabajo hechos de materiales resistentes a la abrasión, cortes y productos químicos para proteger la piel contra lesiones. |

| | |
|---|---|
| Arnés de seguridad y líneas de vida | Para trabajos en altura, como mantenimiento en plataformas elevadas o estructuras, se pueden requerir arneses de seguridad y sistemas de sujeción. |
| Escudos y protectores faciales | Para proteger contra salpicaduras, chispas y partículas en operaciones de soldadura, rectificado u otras tareas que presenten riesgos para el rostro. |
| Dispositivos de bloqueo y etiquetado (LOTO) | Para garantizar la seguridad durante el mantenimiento de equipos y maquinaria al prevenir el encendido accidental de máquinas o equipos. |

4.6 Reglas de oro

Teniendo en cuenta que los trabajos de mantenimiento eléctrico en las plantas de producción se llevan a cabo en sistemas desenergizados, es imprescindible cumplir estrictamente con lo establecido en la reglamentación correspondiente. Esto incluye seguir las disposiciones del RETIE u otras regulaciones eléctricas aplicables, garantizando así la seguridad de los trabajadores y la integridad de las instalaciones eléctricas.

El RETIE establece las reglas de oro para el trabajo sin tensión en sistemas eléctricos desenergizados, que son las siguiente (RETIE, 2024):

- Efectuar el corte visible o efectivo de todas las fuentes de tensión.
- Condenación o bloqueo.
- Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases.
- Puesta a tierra y en cortocircuito de todos los conductores que puedan ser energizados por las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo.

- Señalizar la instalación a intervenir y delimitar la zona de trabajo.
- Cuando se trabaje sobre vías que no permitan el bloqueo del tránsito, se debe parquear el vehículo de la cuadrilla en la calzada más cercana al lugar de trabajo, atrás de este en la dirección de la vía y señalizar en ambos lados.

Conclusión

Durante el desarrollo de esta práctica empresarial enfocada en el proceso productivo de la extracción del aceite de palma africana en la planta de beneficio Agroince LTDA, se ha logrado un claro entendimiento de la importancia crítica de los equipos eléctricos en este contexto y la necesidad imperante de un mantenimiento adecuado para garantizar la continuidad operativa y un adecuado rendimiento de la producción.

Se destaca la complejidad del proceso productivo de la extracción del aceite de palma africana, se presenta la interdependencia entre las diversas etapas y la importancia crucial de los equipos eléctricos, como motores, grupos electrógenos y transformadores eléctricos, en cada fase del proceso.

Se identificaron y analizaron las estrategias de mantenimiento disponibles, incluyendo el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, reconociendo la necesidad de una planificación cuidadosa y la aplicación de técnicas específicas.

La elaboración de listas de equipos eléctricos, su codificación y la creación de fichas técnicas detalladas proporcionaron una base sólida para la gestión eficaz del mantenimiento, al facilitar la identificación rápida y precisa de los equipos y brindar información esencial para la ejecución de actividades de mantenimiento.

El análisis de criticidad de los equipos permite priorizar las acciones de mantenimiento de acuerdo con su importancia, optimizando así el uso de recursos y maximizando el tiempo de actividad de los equipos críticos.

Se aborda la importancia de la instrumentación adecuada, las herramientas especializadas y los elementos de protección personal para garantizar la seguridad y la eficacia durante las actividades de mantenimiento eléctrico.

Oportunidades de mejora

A partir del desarrollo del proyecto de grado en modelo de práctica empresarial, se puede identificar una oportunidad de mejora que complemente el enfoque del mantenimiento eléctrico de la empresa Agroince LTDA:

Durante el proceso de elaboración del listado de elementos de protección personal (EPP) para actividades de mantenimiento, se incluyeron equipos destinados a proteger a técnicos y operarios contra riesgos generales asociados con dichas labores en general. Sin embargo, con el fin de garantizar una protección adecuada y específica frente a posibles arcos eléctricos, surge la oportunidad de mejora de realizar un análisis detallado de arco eléctrico. Este análisis permitirá determinar las características necesarias que deben poseer los EPP para garantizar la seguridad del personal durante las maniobras de mantenimiento eléctrico, asegurando así una protección efectiva frente a este tipo particular de riesgo.

Bibliografía

- Cala, G., & Bernal, C. (2019). Procesos modernos de extracción de aceite de palma.
- CMRP, R. K. M. M. (2014). Maintenance engineering handbook. McGraw-Hill Education.
- Eléctrica, S. (2024). Reglamento técnico de instalaciones eléctricas, RETIE. Bogotá, Colombia: SEGELECTRICA.
- Jezdimir, K. N. E. Z. E. V. I. C. (1996). Mantenimiento.
- Mora, L. A. (2009). Mantenimiento-planeación, ejecución y control. Alfaomega Grupo Editor.
- Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad. Gran Bretaña: Aladon Ltda.
- NFPA 70B Practica recomendada para el mantenimiento de equipos eléctricos.
- PE, D. C. R. (2014). Plant equipment and maintenance engineering handbook. McGraw- Hill Education.
- P-M-01 Procedimiento de mantenimiento Planta de Beneficio.
- Roldán Viloría, J. (2003). Manual del electromecánico de mantenimiento. Ediciones Paraninfo, SA.
- Sifonte, J. R., & Reyes-Picknell, J. V. (2017). Reliability Centered Maintenance– Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R®. Productivity Press.
- Wambeck, N., Bernal, C., Cala, G., & de Agricultores, S. C. (2005). Sinopsis del proceso de la palma de aceite.

Anexos

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca

UIS

Anexo A. Lista de equipos eléctricos.

Anexo B. Formato de fichas técnicas.

Anexo C. Lista de equipos codificados.

Anexo D. Procedimiento de codificación de equipos.

Anexo E. Fichas técnicas de equipos eléctricos.

Anexo F. Criticidad de equipos.

Anexo G. Diagrama unifilar