

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**Inspección, mantenimiento y calibración de motor y freno electromagnético
en la carreta enrolladora de cable**

TECN-010

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Tecnólogo/a Superior en Mecatrónica

Presentado por:

Verónica Del Rocío Plúas García

Miguel Ángel Valle Pedrera

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la paciencia necesaria para enfrentar cada desafío en este camino. A mi esposo por su amor y su apoyo constante. A mis hijos y mi madre, por ser mi mayor fuente de alegría y orgullo. Este logro también es suyo. Y a mis amigos por su constante apoyo y aliento.

Verónica del Rocío Plúas García

Dedico este proyecto a mi esposa e hija, por su apoyo y tiempo. A mi madre, por sus oraciones, a mi familia, por su colaboración; A mis compañeros de trabajo, por su apoyo incondicional. Mi sincera gratitud a todos por su participación en este logro tan importante en mi vida.

Miguel Ángel Valle Pedrera

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a los docentes de ESPOL, por su dedicación y compromiso, quienes con sus enseñanzas me proporcionaron conocimiento necesario para enfrentar los desafíos académicos y profesionales.

A los tutores de las prácticas en la empresa formadora, por su valioso apoyo y orientación durante mi proceso de formación práctica. Gracias por brindarme la oportunidad de aprender y aplicar los conocimientos adquiridos.

Verónica del Rocío Plúas García

En primer lugar, a Dios por todas sus bendiciones, a lo largo de este proyecto, extendiendo mi agradecimiento a la empresa formadora, ESPOL, los tutores de práctica y docentes, por su compromiso y guiarme, por su constancia y la oportunidad que se me ha dado para cumplir con mi objetivo.

Miguel Ángel Valle Pedrera

Declaración Expresa


Nosotros Verónica del Rocío Plúas García y Miguel Ángel Valle Pedrera acordamos y reconocemos que:


La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, miércoles 09 de octubre del 2024.


Verónica Plúas García


Miguel Valle Pedrera

Evaluadores

Msc. Jiménez Carrera Celso Daniel

Profesor de Materia

Msc. Martínez Barre José Gabriel

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar e implementar un plan de mantenimiento integral para los motores y frenos electromagnéticos de la carreta enrolladora de cable de acero, con el fin de optimizar su operatividad y prolongar la vida útil de sus componentes principales.

Este equipo es esencial en las operaciones portuarias en el cambio de cables de acero en las grúas QC “Quay Crane” o “Grúas de Muelle”, pero por ser un equipo que no se utiliza constantemente, no había recibido intervenciones previas, lo que incrementaba el riesgo de fallos imprevistos y afectaba su rendimiento. La propuesta planteada es que, mediante un enfoque de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, se pueda garantizar el funcionamiento óptimo del equipo, reducir los tiempos de inactividad y minimizar costos asociados a reparaciones urgentes. La justificación de este proyecto radica en la necesidad de asegurar la eficiencia operativa del equipo, evitando interrupciones que puedan afectar en las operaciones de cambio de cables y seguridad. Los resultados que se obtuvieron a través de los mantenimientos realizados, nos permiten llevar un control del estado de los equipos para su conservación y optimización operativa.

Palabras claves: Mantenimiento integral, operaciones portuarias, motor con freno electromagnético.

Abstract

The objective of this project is to develop and implement a comprehensive maintenance plan for the electromagnetic motors and brakes of the steel cable winding trolley, in order to optimize its operation and extend the lifespan of its main components.

This equipment is essential in port operations for changing steel cables on QC cranes ("Quay Cranes"), but due to the infrequent use of the equipment, it had not received prior interventions, which increased the risk of unexpected failures and affected its performance.

The proposed solution is that, through a preventive, predictive, and corrective maintenance approach, the optimal functioning of the equipment can be ensured, reducing downtime and minimizing costs related to urgent repairs. The justification for this project lies in the need to ensure the operational efficiency of the equipment, preventing interruptions that could affect cable change operations and safety. The results obtained through the maintenance carried out allow us to keep track of the equipment's condition for its preservation and operational optimization.

Keywords: Comprehensive maintenance, port operations, electromagnetic motor with brake.

Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Índice de figuras.....	VI
Índice de tablas	VII
Capítulo 1.....	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	3
1.3 Justificación del Problema	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Marco teórico.....	5
1.5.1 Conceptos Básicos del motor eléctrico con freno electromagnético	5
1.5.2 Frenos electromagnéticos.....	6
1.5.3 Componentes de los frenos electromagnéticos	6
1.5.4 Equipos para pruebas de análisis en motores.....	7
1.5.5 Introducción al mantenimiento de Motores Eléctrico y Frenos Electromagnéticos	9
1.5.6 Motores Eléctricos en la Industria.....	10
1.5.7 Frenos Electromagnéticos	11
1.5.8 Mantenimiento Predictivo para los frenos Electromagnéticos y Motores Eléctricos .	12
Capítulo 2.....	15
2. Metodología.	16
2.4.1 Mantenimiento preventivo	18

2.4.2 Mantenimiento Predictivo	19
2.4.3 Mantenimiento Correctivo	21
Capítulo 3.....	22
3. Resultados y análisis	23
Capítulo 4.....	31
4.1 Conclusiones y recomendaciones	32
4.1.1 Conclusiones	32
4.1.2 Recomendaciones.....	33
Referencias.....	35
Apéndice	36
Apéndice A fichas técnica	36
Apéndice B manual de uso del equipo de análisis de aislamiento.....	37

Abreviaturas

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

Q.C Quay Crane o Grúas de Muelle

SDT Sistema de transferencia de datos

Índice de figuras

Figura 1 <i>Partes del motor</i>	6
Figura 2 <i>Partes del freno electromagnético</i>	7
Figura 3 <i>Equipo de análisis de aislamiento (MEGGER)</i>	8
Figura 4 <i>Equipo de análisis por ultrasonido</i>	8
Figura 5 <i>Mantenimiento predictivo: análisis por ultrasonido</i>	10
Figura 6 <i>Mantenimiento preventivo a los motores eléctricos</i>	18
Figura 7 <i>Mantenimiento preventivo a los frenos electromagnéticos</i>	19
Figura 8 <i>Mantenimiento predictivo realizado a los motores de la carreta enrolladora de cable de acero</i>	20
Figura 9 <i>Ingreso de la ruta de trabajo en el programa de análisis de ultrasonido</i>	20
Figura 10 <i>Mantenimiento correctivo Calibración de frenos electromagnéticos</i>	21
Figura 12 <i>Resultado de inspección por ultrasonido en motores</i>	25
Figura A1 <i>Ficha técnica de calibración de los frenos electromagnéticos</i>	36
Figura B1 <i>Manual de uso –Especificaciones generales para el uso del equipo</i>	37
Figura B2 <i>Manual de uso –Especificaciones eléctricas-valores de tensión rango predeterminados en el equipo</i>	38

Índice de tablas

Tabla 1 Alternativas para ejecutar el mantenimiento.....	17
Tabla 2 Resultados de prueba de megado	233
Tabla 3 Resultados de prueba de megado	244
Tabla 4 Plan de mantenimiento: ficha a rellenar para cada equipo	266
Tabla 5 Plan de mantenimiento preventivo: detalle de tareas a desarrollar.....	26
Tabla 6 Plan de mantenimiento. Predictivo: detalle de tareas a desarrollar	27
Tabla 7 Plan de mantenimiento correctivo: detalle de tareas a desarrollar.....	288
Tabla 8 Plan de mantenimiento: registro de inspección	29
Tabla 9 Plan de mantenimiento: cronograma de ejecución	30

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la industria actual, el mantenimiento adecuado de los sistemas mecánicos y eléctricos en equipo de trabajo es fundamental para garantizar tanto la seguridad como la eficiencia operativa. Las carretas enrolladoras de cable de acero, maquinas utilizadas en las operaciones portuarias, representan un componente importante en cuanto las operaciones de cambio de cables de acero en las grúas Q, C “Quay Crane” o “Grúas de Muelle”. Estos equipos están diseñados para manejar grandes cantidades de cable de acero, material que exige procesos de enrollado preciso y controlado para evitar daños y garantizar que la operación tenga un buen éxito.

Entre los elementos más importantes de una carreta enrolladora de cable de acero, destacan el motor eléctrico y el freno electromagnético. El motor es el encargado de proporcionar la fuerza motriz necesaria para realizar el enrollado del cable, mientras que el freno electromagnético libera o cierra el giro del motor.

La correcta operación de estos equipos es crucial para el funcionamiento eficiente de la carreta en su conjunto, por lo que una falla en cualquiera de estos componentes puede afectar la productividad, la seguridad operativa y la vida útil del equipo. Los motores eléctricos, debido a su funcionamiento continúan bajo alta cargas, y los frenos electromagnéticos, debido a la constante tensión a la que son sometidos, pueden experimentar desgastes, fallos o desajustes si no les realizan un mantenimiento adecuado. Las paradas no programadas por fallas en estos componentes pueden generar paradas operativas costosas, reducir la productividad, debido a la necesidad de reparaciones imprevistas. Además, la falta de mantenimiento adecuado de estos componentes también aumenta el riesgo de accidentes laborales, lo que pone en peligro la seguridad de los trabajadores y como la vida útil del equipo.

1.2 Descripción del Problema

La optimización del desempeño del motor eléctrico y el freno electromagnético de la carreta enrolladora de cable de acero es importante mantener a los equipos operativos, seguros y eficientes. En la práctica, muchas veces los equipos operan sin una supervisión constante o el mantenimiento requerido, como es el caso de la carreta enrolladora por ser un equipo que no es utilizado diariamente, no recibe el mantenimiento como los demás equipos, lo que incrementa la probabilidad de fallas no detectadas que afecten la operación, es por esto que se hace necesario realizar una inspección detallada de los componentes, con el fin de identificar fallas, desgastes o desajustes. Además, el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo es fundamental para asegurar que los equipos continúen funcionando de manera eficiente durante su vida útil. La calibración del sistema de freno electromagnético también juega un papel importante, ya que los frenos desajustados o mal calibrados pueden comprometer la seguridad de las operaciones. El Plan de mantenimiento integral para los motores y frenos electromagnéticos de la carreta enrolladora de cable de acero propuesto tiene como objetivo dar garantía que los sistemas se mantengan en condiciones óptimas, contribuyendo a la eficiencia y seguridad en el proceso de enrollado y desenrollado de cables de acero

1.3 Justificación del Problema

El mantenimiento que se propone en este proyecto tiene como finalidad optimizar el desempeño del motor eléctrico y el freno electromagnético mediante una serie de acciones enfocadas en la mejora de la seguridad y la eficiencia operativa de la carreta enrolladora de cable de acero, esto se fundamenta en la importancia de garantizar un funcionamiento óptimo de estos componentes importantes, para el control preciso de la máquina, especialmente en el cambio de cables de acero que se realiza las Grúas de muelle donde la

precisión y la seguridad son esenciales, para mantener la productividad y evitar accidentes. Esta clase de equipos trabajan bajo condiciones exigentes y durante largos periodos de tiempo, sin un mantenimiento adecuado, lo que con lleva a desgastes prematuros, fallas imprevistas o una disminución del rendimiento del equipo. La falta de inspección aumenta el riesgo de fallas que no fueron detectadas a tiempo, interrumpiendo el flujo de trabajo, generando costos adicionales por reparaciones no planeadas o reemplazo de piezas. Un rendimiento por debajo de los estándares del fabricante en el motor como en el freno electromagnético no solo compromete la productividad, sino que también ponen en riesgos la seguridad de los trabajadores y de las instalaciones.

La intervención propuesta incluye una inspección detallada, mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo, asegurando que los sistemas operen dentro de los parámetros de diseños establecidos por el fabricante. Esto mejora la fiabilidad y eficiencia de la carreta enrolladora, si no también prolongara su vida útil., lo que a largo plazo representara reducción de costos operativos y un aumento en la seguridad laboral.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general

Optimizar el desempeño del motor eléctrico y el freno electromagnético mediante inspección técnica, garantizando así la seguridad y eficiencia operativa del sistema.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar una inspección detallada del motor eléctrico y el freno electromagnético indicando posibles fallas, desgastes o necesidades de ajuste.
- Ejecutar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de los componentes del motor eléctrico y el freno electromagnético, asegurando su funcionamiento adecuado y prolongando su vida útil.

Calibrar el sistema de freno electromagnético, mediante la ficha técnica del fabricante, garantizando su precisión y el correcto funcionamiento del sistema en su totalidad

1.5 Marco teórico

1.5.1 Conceptos Básicos del motor eléctrico con freno electromagnético

Un motor eléctrico con freno electromagnético combina las funciones de motorización y frenado en un solo sistema, y se utiliza principalmente en aplicaciones donde se necesita una detención rápida o controlada del motor, como en grúas, ascensores o equipos industriales. El funcionamiento de este tipo de motor implica tanto la parte de motor como la de frenado (/motoreductores.mx.)

Componentes de un motor

Estator: Bobinas trifásicas y carcasa.

Rotor: Bobinas, anillos deslizantes, escobillas.

Carcasa: Estructura protectora.

Ventilador: Para mantener la temperatura adecuada.

Caja de bornes: un componente eléctrico que agrupa y protege las conexiones de cables, facilitando su distribución, organización y mantenimiento en sistemas eléctricos.

Figura 1*Partes del motor***Figura 1**
Partes
motor 1

Nota. Obtenido de la guía de motores eléctricos para la Industria (Motoreductores - Maissa)

1.5.2 Frenos electromagnéticos

Son tipos de freno que utiliza el principio del electromagnetismo para generar una fuerza de frenado sin contacto físico directo entre las partes móviles.

(/motoreductores.mx.)

1.5.3 Componentes de los frenos electromagnéticos

Están compuestos principalmente por los siguientes elementos:

- **Placa de frenado:** Esto se refiere a las piezas de fricción, como el disco de freno o el tambor de freno, que es donde actúa el campo magnético del electroimán para detener el movimiento. La placa de frenado es el componente que entra en contacto con el electroimán o la zapata para generar la fuerza de frenado.
- **Palanca manual:** Esta pieza es un control manual que permite a la persona activar o desactivar el freno de manera mecánica. En este caso, la palanca manual podría estar vinculada al conmutador o al interruptor de control que regula el paso de corriente hacia el electroimán.
- **Envoltura anti polvo:** Esto se refiere a una **cobertura protectora** que cubre las piezas del freno para evitar la acumulación de polvo o suciedad que podría afectar su rendimiento. En este caso, la **envoltura anti polvo** protegería el **electroimán** o las **piezas de fricción** de la contaminación externa.

- **Cubierta anti polvo:** Similar a la **envoltura anti polvo**, esta pieza también tiene la función de proteger a los componentes del freno de la suciedad y polvo. Puede corresponder a la misma función protectora, generalmente en el **tambor de freno** o el **disco de freno**, manteniendo el sistema libre de contaminantes.

Figura 2

Partes del freno electromagnético



Nota. Grafico obtenido de ficha técnica Reach Top-modelo REB04

1.5.4 Equipos para pruebas de análisis en motores

Comprobador de asilamiento de alta tensión (MEGGER)

Es un dispositivo utilizado para medir la resistencia de aislamiento en sistemas eléctricos de alta tensión, lo que es crucial para garantizar la seguridad de los equipos y la prevención de fallos. (corporation, 2010-2018)

Figura 3

Equipo de análisis de aislamiento (MEGGER)

**Equipo para análisis por ultrasonido**

Es un equipo especializado para el análisis de condiciones de los rodamientos de los motores y otros equipos rotativos. Este dispositivo es un analizador de ultrasonido que utiliza tecnología de ultrasonido para detectar y diagnosticar fallos en los rodamientos y otros componentes mecánicos, como los engranajes y acoplamientos, de una manera no invasiva.

(SDT International sa-nv, Versión 07 - 2023)

Figura 4

Equipo de análisis por ultrasonido



1.5.5 Introducción al mantenimiento de Motores Eléctrico y Frenos Electromagnéticos

El mantenimiento de las maquinas industriales es un proceso relevante para asegurar la eficiencia, la seguridad y la duración de la máquina. Esto es aplicable a los motores eléctricos y los frenos electromagnéticos, que desempeñan funciones esenciales en el desenvolvimiento de la maquinaria industrial, como la carreta enrolladora de cable de acero. El motor es el encargado de proporcionar la fuerza motriz necesaria para realizar el enrollado del cable, mientras que el freno electromagnético libera o cierra el giro del motor. Un mantenimiento adecuado no solo previene fallos, sino que también optimiza el rendimiento y extiende la vida útil de los equipos.

El mantenimiento industrial se divide en tres tipos: correctivo, preventivo y predictivo.

- **Mantenimiento correctivo:** Se realiza cuando un equipo ha fallado o presenta un problema que requiere reparación o reemplazo. Este tipo de mantenimiento busca restaurar el funcionamiento del equipo tras una falla inesperada este mantenimiento se realiza después de que el problema ha ocurrido.
- **Mantenimiento preventivo:** Tiene como objetivo evitar que ocurran fallas, se lleva a cabo de manera planificada y programada basándose en las inspecciones periódicas en los equipos antes de que se produzca un fallo, en el mantenimiento preventivo se pueden incluir actividades como inspecciones, limpiezas, lubricación, ajuste de componentes y reemplazo de piezas desgastadas.
- **Mantenimiento Predictivo:** Se basa en la monitorización de condiciones de los equipos mediante el uso de herramientas y tecnología avanzadas, como sensores, termografía infrarroja, análisis de vibraciones y monitoreo de parámetros eléctricos, este tipo de mantenimiento nos ayuda a predecir cuándo es probable que ocurra una falla antes de que suceda, basándose en el análisis de datos y la detección de irregularidades.

Figura 5

Mantenimiento predictivo: análisis por ultrasonido

**1.5.6 Motores Eléctricos en la Industria**

Los motores eléctricos, tanto de corriente alterna como continua son componentes esenciales en aplicaciones industriales debido a su eficiencia energética y fiabilidad. En la industria, los motores asíncronos o de inducción son los más comúnmente empleados debido a su bajo costo y fiabilidad de mantenimiento (Bose, 2020). Estos motores convierten la energía eléctrica en energía mecánica a través de la interacción de campos magnéticos generados por corrientes eléctricas.

Referente a la carreta enrolladora de cables de acero, los motores son los responsables de controlar los movimientos del tambor tanto en el enrollado, como en el desenrollado del cable, lo que requiere un control preciso y constante de velocidad y el torque, especialmente cuando el equipo opera bajo cargas variables.

El motor eléctrico es uno de los equipos más utilizados en la industria debido a su eficiencia y seguridad; estos equipos están sometidos a un desgaste continuo debido a su constante funcionamiento, lo que hace necesario contar con un programa adecuado programa de mantenimiento, como preventivo, predictivo y correctivo, que ayuden a evitar averías y prolongar la vida útil del motor. (Pachay Macias, 2015).

En el mantenimiento preventivo se presta atención a la limpieza periódica, lubricación del motor, estator y los rodamientos, para la detección temprana de desgates o cualquier anomalía, antes de que se produzcan fallas mayores. En cambio, el mantenimiento predictivo utiliza herramientas de monitoreo como sensores de vibración o de temperatura para predecir fallos inminentes lo que permite tomar medidas correctivas. (Olarde, 2010)

El mantenimiento correctivo se realiza después que se presentan un problema, lo que involucra la reparación o reemplazo de las partes dañadas. El ajuste de motores eléctricos es una parte importante del mantenimiento, ya que garantiza que el motor opere dentro de los parámetros de rendimiento especificados por el fabricante, el ajuste implica la verificación y optimización de parámetros como la corriente, el voltaje y la velocidad; Esto es fundamental para garantizar que el motor funcione eficientemente sin daños innecesarios. Un motor mal ajustado puede generar un consumo de energía excesivo, afectando negativamente tanto a la eficiencia y las operaciones diarias. El ajuste ayuda a extender la vida útil del motor porque, sin el ajuste adecuado del motor, éste podría funcionar por encima o por debajo de su capacidad nominal, generando un mayor riesgo a largo plazo.

El sobrecalentamiento y el desgaste de los rodamientos son algunos de los fallos más comunes en los motores eléctricos. El sobre calentamiento, causado por una sobre carga o un sistema de ventilación inadecuado puede dañar de manera definitiva al motor si no se detecta a tiempo, de igual manera pasada con los rodamientos desgastados generaran ruidos anormales y esto reduce la eficiencia del motor (Pachay Macias, 2015)

1.5.7 Frenos Electromagnéticos

Los frenos electromagnéticos funcionan mediante el principio del electromagnetismo. La corriente eléctrica que pasa a través de una bobina genera un campo magnético, que atrae una placa de fricción y detiene el movimiento del equipo. Según (Pelayo Carvajal, 2024), estos

frenos son muy efectivos para proporcionar un frenado rápido y sin contacto físico, lo que evita el desgaste mecánico y extiende la vida útil de los componentes de frenado.

En las empresas portuarias, donde las carretas enrolladoras de cable de acero, y los frenos electromagnéticos son importantes para controlar el movimiento del cable con mucha presión y seguridad, estos sistemas electromagnéticos, requieren un mantenimiento regular para garantizar que sigan funcionando de manera eficiente. La inspección regular de los frenos electromagnéticos, que incluye la revisión de las bobinas, los discos de fricción, es esencial para mantener su rendimiento.

La inspección de los frenos electromagnéticos debe enfocarse en evaluar el estado de la bobina, la resistencia de los discos de fricción y la calibración de las piezas móviles, las inspecciones periódicas puedan identificar anomalías en el sistema, como un desgaste excesivo del disco de fricción o una disminución de la capacidad de frenado. La detección de estas fallas en fases tempranas es vital para evitar falla en el sistema y asegurar la operatividad del equipo.

1.5.8 Mantenimiento Predictivo para los frenos Electromagnéticos y Motores Eléctricos

La adopción de tecnologías de mantenimiento predictivo en motores eléctricos y frenos electromagnéticos ha logrado mejorar la confiabilidad de los equipos industriales. Según (Pachay Macias, 2015), el mantenimiento predictivo utiliza sensores que miden parámetros críticos, como la temperatura, vibración y corriente, para predecir el tiempo de inactividad, sino que también optimiza el rendimiento general de la máquina

En el caso específico de las carretas enrolladoras de cable de acero, la aplicación de tecnologías predictivas al monitoreo de motores eléctricos y frenos electromagnéticos pueden evitar problemas y mejorar la eficiencia operativa en la industria.

Capítulo 2

2. Metodología.

Aquí se explica el proceso de formulación, evaluación y selección de las alternativas de solución del problema identificado. Además, se presentan las especificaciones técnicas finales.

Se estructuró un plan de mantenimiento integral con los siguientes **pasos principales**:

1. Inspección visual inicial:

- a. Identificar áreas de mayor desgaste o desajustes en el motor y el freno.

2. Definición de procedimientos de limpieza:

- a. Selección de desengrasantes, trapos, brochas y otros materiales necesarios.

3. Calibración del freno electromagnético:

- a. Ajustar la holgura conforme a las especificaciones técnicas.

4. Pruebas predictivas:

- a. Realizar pruebas de megado y análisis de ultrasonido para diagnosticar el estado interno del motor y los rodamientos.

2.2 Formulación de alternativas de solución

Se identificaron las necesidades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para el motor y el freno electromagnético de la carreta enrolladora de cable de acero, considerando que este activo no había recibido intervenciones previas. Inicialmente se hicieron inspecciones visuales que permitieron detectar fallas potenciales y necesidades específicas. Las alternativas consideradas fueron:

Tabla 1
Alternativas para ejecutar el mantenimiento

ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
# 1. _MANTENIMIENTO BÁSICO	Limpieza externa e inspección visual sin intervención interna.	Económica y rápida	No aborda problemas internos, resultados limitados.
# 2. _MANTENIMIENTO INTEGRAL	Limpieza, ajustes, calibraciones y pruebas predictivas.	Solución completa, prolonga la vida útil del equipo.	Mayor costo y tiempo requerido.
# 3. _ REEMPLAZO DE COMPONENTES	Sustitución de piezas críticas en función de su desgaste.	Solución rápida y efectiva para problemas graves.	Costosa e innecesaria para componentes en buen estado.

Después de evaluar las ventajas y desventajas de cada alternativa, se eligió la segunda opción porque ofrece un enfoque integral y preventivo, lo que permite mantener el equipo en condiciones óptimas, anticipar posibles fallos y prolongar su vida útil. Además, las calibraciones y pruebas predictivas mejoran la eficiencia operativa.

2.3 Planificación

Se realizó la planificación detallada del mantenimiento integral, que incluyó la inspección inicial, el proceso técnico a seguir, y los recursos necesarios.

Se establecieron los siguientes pasos:

1. **Inspección visual inicial:** Se identificaron las áreas prioritarias de intervención en el motor y el freno electromagnético.
2. **Definición de procedimientos de limpieza:** Se seleccionó los materiales y herramientas que serían para efectuar la limpieza efectiva.

3. **Calibración del freno electromagnético:** Se definió como se efectuaría el ajuste de la holgura según las especificaciones del fabricante.
4. **Pruebas predictivas:** Se planificaron pruebas de megado y análisis por ultrasonido para verificar el estado interno del motor y los rodamientos.

2.4 Acciones de mejora

Se ejecutó las acciones de mejora antes seleccionadas con procedimientos adecuados y siguiendo normas técnicas. Los detalles se muestran a continuación.

2.4.1 *Mantenimiento preventivo*

Mantenimiento preventivo al Motor

Se llevó a cabo una limpieza exterior utilizando desengrasante, trapos y brochas. Además, se retiró la tapa de conexiones para ajustar los tornillos del cableado. Durante la inspección, se comprobó que las conexiones externas estaban en buen estado, pero se identificó la necesidad de realizar un mantenimiento predictivo en las bobinas para verificar su aislamiento interno.

Figura 6

Mantenimiento preventivo a los motores eléctricos



Mantenimiento preventivo al freno electromagnético

Se retiró la tapa y guardapolvo del freno para revisar sus componentes y verificar su calibración. Se observó que los frenos necesitaban mantenimiento correctivo, ya que el juego estaba fuera de los rangos especificados según la ficha técnica.

Figura 7

Mantenimiento preventivo a los frenos electromagnéticos



2.4.2 Mantenimiento Predictivo

Se realizaron pruebas de megado y análisis por ultrasonido para verificar el estado del motor.

Prueba de megado

El motor fue desenergizado y se desconectaron las líneas de alimentación. Con un equipo de megado parametrizado a 500 V por encima del voltaje nominal del motor (480 V), se verificó el aislamiento de las bobinas tanto a tierra como entre bobinas.

Figura 8

Mantenimiento predictivo realizado a los motores de la carreta enrolladora de cable de acero

**Análisis por ultrasonido**

Se configuró una nueva ruta de trabajo en el software del equipo de ultrasonido para monitorear los rodamientos internos del motor.

Figura 9

Ingreso de la ruta de trabajo en el programa de análisis de ultrasonido



Se tomaron mediciones en dos puntos específicos próximos a los rodamientos, y los datos recolectados fueron analizados por especialistas para identificar posibles fallas.

Las señales son medidas en desniveles y comparadas por alarmas predefinidas, estas señales dinámicas se graban y se analizan en el dominio del tiempo y la frecuencia para un análisis más profundo de las condiciones de falla, la velocidad y temperatura también son recolectadas para una completa valoración monitoreada

Figura 10

Mantenimiento predictivo realizado a los motores de la carreta enrolladora de cable de acero



2.4.3 Mantenimiento Correctivo

Mantenimiento al Freno electromagnético

Se ajustó la holgura del freno utilizando llaves, laines de calibración y herramientas especializadas. Se verificó que la holgura final estuviera dentro del rango especificado (0.2 mm a 0.4 mm), garantizando un funcionamiento óptimo.

Figura 11

Mantenimiento correctivo Calibración de frenos electromagnéticos



Capítulo 3

3. Resultados y análisis

Como parte del mantenimiento preventivo y predictivo realizado en las carretas enrolladoras de cable de acero, se llevó a cabo un análisis de aislamiento de las bobinas de los motores mediante la prueba de megado. Esta prueba se realizó en cada uno de los motores de las dos carretas.

Resultados:

- **Estado de Aislamiento:** La prueba de megado reveló que el aislamiento de las bobinas de ambos motores se encuentra dentro de los rangos normales, lo que indica que las bobinas están en buen estado y no presentan fallas incipientes.
- **Rangos Específicos:** Los valores obtenidos durante el análisis están dentro de los parámetros establecidos por el fabricante, lo que confirma que no existen problemas con el aislamiento eléctrico de los motores.

A continuación, se presentan los resultados detallados obtenidos durante la prueba de megado:

Tabla 2
Resultados de prueba de megado

<i>Carreta # 27</i>			
<i>Motor # 1</i>		<i>Motor # 2</i>	
<i>PE-L1: 32.9 G Ω</i>	<i>L1-L2: 41.6 G Ω</i>	<i>PE-L1: 6.76 G Ω</i>	<i>L1-L2: 10.7 G Ω</i>
<i>PE-L2: 32.4 G Ω</i>	<i>L2-L3: 39.1 G Ω</i>	<i>PE-L2: 7.17 G Ω</i>	<i>L2-L3: 7.92 G Ω</i>
<i>PE-L3: 30. G Ω</i>	<i>L1-L3: 35.4 G Ω</i>	<i>PE-L3: 9.16 G Ω</i>	<i>L1-L3: 9.16 G Ω</i>

Tabla 3
Resultados de prueba de megado

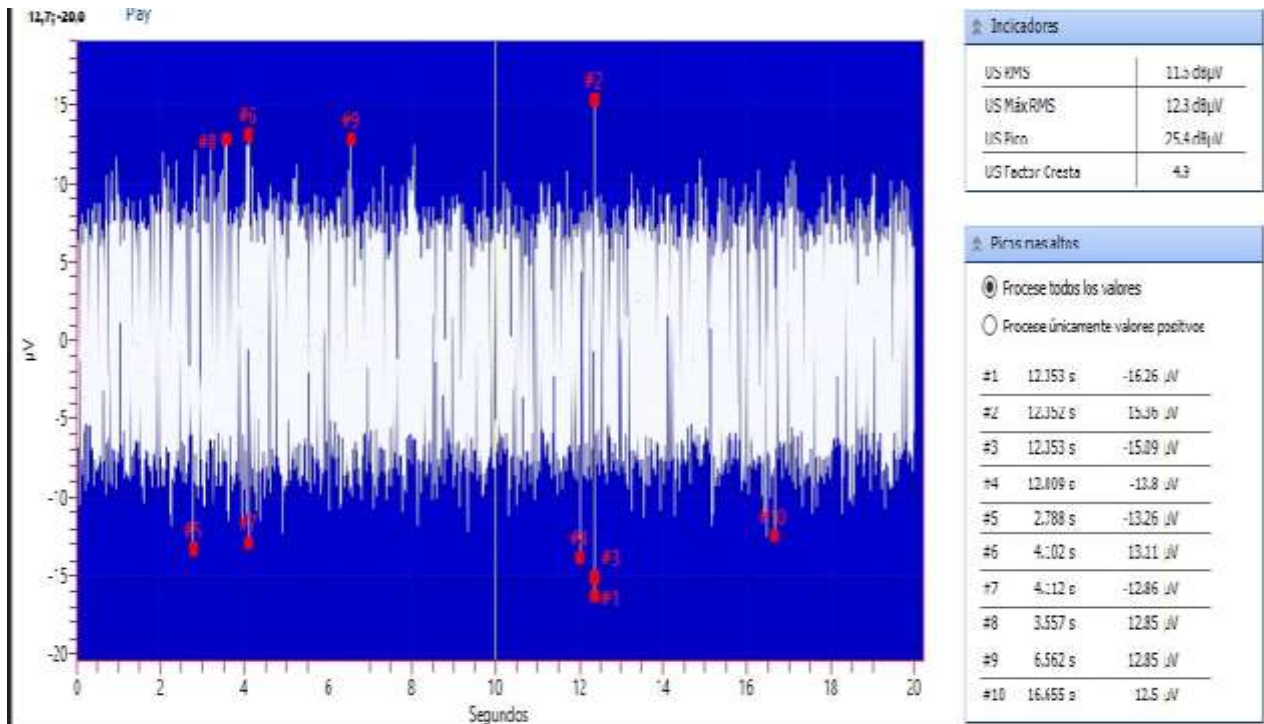
CARRETA # 28			
MOTOR # 1		MOTOR # 2	
PE-L1: 6.09 G Ω	L1-L2: 12.7 G Ω	PE-L1: 25.3 G Ω	L1-L2: 45.5 G Ω
PE-L2: 7.22 G Ω	L2-L3: 10.2 G Ω	PE-L2: 25.4 G Ω	L2-L3: 45.2 G Ω
PE-L3: 7.70 G Ω	L1-L3: 14.8 G Ω	PE-L3: 24.7 G Ω	L1-L3: 42.4 G Ω

El resultado del mantenimiento predictivo llevado a cabo con el análisis por ultrasonido a los rodamientos de los motores, tiene como objetivo identificar posibles fallas o desgastes en los rodamientos internos, que podrían afectar el rendimiento y la vida útil de los motores. A continuación, se presentan los resultados detallados obtenidos durante el análisis de ultrasonido.

- **Estado de los Rodamientos:** El análisis por ultrasonido mostró que los rodamientos de ambos motores se encuentran en perfecto estado. No se detectaron indicios de desgaste significativo ni fallas iniciales, lo que indica que los rodamientos están funcionando de manera eficiente y sin problemas.
- **Interpretación de la Gráfica:** En la gráfica proporcionada por el equipo de ultrasonido, los valores registrados para los rodamientos se encuentran dentro de los parámetros normales, sin señales de anomalías en las frecuencias de vibración, lo que confirma que no hay deterioro en los rodamientos.

Figura 12

Resultado de inspección por ultrasonido en motores



Calibración de freno electromagnético

En este mantenimiento se realizó el ajuste correspondiente al freno electromagnético de acuerdo con la ficha técnica del freno, el cual nos especifica que tiene un rango de calibración de 0.2 mm y 0.4 mm. Al momento de verificar el freno se encontró que tenía una calibración de 0.2mm, para lo cual se dejó calibrado en un rango de 0.3 mm.

3.1 Plan de mantenimiento

Se propuso un plan con las actividades están claramente definidas con sus respectivas frecuencias, herramientas y responsables, lo que facilita la implementación efectiva y el seguimiento adecuado del mantenimiento.

Tabla 4*Plan de mantenimiento: ficha a rellenar para cada equipo*

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
EQUIPO	(Nombre del equipo)
NUMERO DE ORDEN	(Nombre del equipo)
FECHA DE INICIO	(Nombre del equipo)
FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	Cada 6 meses (ajustable según las condiciones)
RESPONSABLE	[nombre del responsable]
UBICACIÓN DEL EQUIPO	[ubicación del equipo]
FECHA DE PRÓXIMA INSPECCIÓN	[fecha de la siguiente inspección programada]

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se realiza de forma periódica para garantizar el funcionamiento continuo del equipo y minimizar el riesgo de fallos inesperados.

Tabla 5*Plan de mantenimiento preventivo: detalle de tareas a desarrollar*

Tarea	Descripción	Frecuencia	Responsable	Recursos	Estado
Inspección Visual del Motor	Verificar estado general del motor, conexiones y componentes.	Cada 6 meses	[Responsable]	Trapos, brochas, llaves 8	[Pendiente/C ompletado]
Limpieza Externa del Motor	Retirar suciedad y polvo del motor.	Cada 6 meses	[Responsable]	Desengrasante, trapos, brochas	[Pendiente/C ompletado]
Ajuste de Conexiones Eléctricas	Revisar y ajustar conexiones en la caja de conexiones del motor.	Cada 6 meses	[Responsable]	Llave 8, bornero	[Pendiente/C ompletado]
Calibración del Freno Electromagnético	Verificar y ajustar la calibración de los frenos electromagnéticos.	Cada 6 meses	[Responsable]	Calibrador, llave 15, llave Allen #5	[Pendiente/C ompletado]

<i>Inspección de Aislamiento del Motor</i>	Realizar pruebas de megado para verificar el estado del aislamiento de las bobinas.	Cada 6 meses	[Responsable]	Megómetro Llave 8, bornero	[Pendiente/Completado]
<i>Inspección de Rodamientos del Motor</i>	Realizar análisis por ultrasonido de los rodamientos del motor.	Cada 6 meses	[Responsable]	Equipo de análisis de ultrasonido	[Pendiente/Completado]

Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se basa en la monitorización continua del equipo para predecir y evitar fallos.

Tabla 6

Plan de mantenimiento. Predictivo: detalle de tareas a desarrollar

TAREA	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	RESPONSABLE	MATERIALES Y HERRAMIENTAS	ESTADO
ANÁLISIS DE MEGADO (MOTOR)	Evaluación del aislamiento eléctrico mediante prueba de megado.	Cada 6 meses	[Responsable]	Megómetro, equipo de medición de aislamiento	[Pendiente/Completado]
ANÁLISIS DE ULTRASONIDO (RODAMIENTOS)	Inspección de rodamientos mediante ultrasonido para identificar posibles desgastes o daños.	Cada 6 meses	[Responsable]	Equipo de ultrasonido, software de análisis	[Pendiente/Completado]

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se realiza cuando se detectan fallos o fallas incipientes en el equipo que requieren intervención inmediata.

Tabla 7*Plan de mantenimiento correctivo: detalle de tareas a desarrollar*

TAREA	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	RESPONSABLE	RECURSOS	ESTADO
CALIBRACIÓN DEL FRENO ELECTROMAGNÉTICO	Ajuste de la holgura del freno electromagnético según las especificaciones del fabricante (0.2 mm a 0.4 mm).	Según necesidad	[Responsable]	Lainas de calibración, llave 15, llave Allen #5	[Pendiente/Completado]
REEMPLAZO DE COMPONENTES DAÑADOS	Reemplazar componentes de los motores o frenos que estén defectuosos o en mal estado.	Según necesidad	[Responsable]	[Listar materiales necesarios]	[Pendiente/Completado]

Resultados de inspecciones

Registro detallado de los resultados de las inspecciones realizadas, con observaciones relevantes y acciones correctivas si es necesario.

Tabla 8
Plan de mantenimiento: registro de inspección

ACTIVIDAD	FECHA DE INSPECCIÓN	RESULTADO	COMENTARIOS
INSPECCIÓN VISUAL DEL MOTOR	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Comentarios]
LIMPIEZA EXTERNA DEL MOTOR	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Comentarios]
AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Comentarios]
CALIBRACIÓN DEL FRENO ELECTROMAGNÉTICO	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Comentarios]
ANÁLISIS DE AISLAMIENTO DEL MOTOR	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Comentarios]
ANÁLISIS DE RODAMIENTOS DEL MOTOR	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Comentarios]

Cronograma de mantenimiento

Este cronograma detalla las fechas de ejecución de las actividades de mantenimiento, su responsable y el estado de ejecución.

Tabla 9*Plan de mantenimiento: cronograma de ejecución*

TAREA	FECHA DE EJECUCIÓN	RESPONSABLE	ESTADO
INSPECCIÓN VISUAL AL MOTOR	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Pendiente/Completa do]
LIMPIEZA EXTERNA DEL MOTOR	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Pendiente/Completa do]
AJUSTE DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Pendiente/Completa do]
CALIBRACIÓN DEL FRENO ELECTROMAGNÉTICO	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Pendiente/Completa do]
ANÁLISIS DE AISLAMIENTO DEL MOTOR	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Pendiente/Completa do]
CALIBRACIÓN DE FRENO ELECTROMAGNÉTICO	[Fecha]	[Resultados de la inspección]	[Pendiente/Completa do]

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

El proyecto de mantenimiento integral de los motores y frenos electromagnéticos de la carreta enrolladora de cable de acero mejora la eficiencia, seguridad y durabilidad de los equipos.

Mediante un enfoque de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, se optimiza la operatividad y se reduce el riesgo de fallos imprevistos, prolongando la vida útil de los equipos.

El uso de tecnologías avanzadas de diagnóstico predictivo permite anticipar fallos y reducir costos, mejorando la continuidad operativa y la seguridad del personal. Se recomienda seguir ajustando el plan de mantenimiento conforme se obtengan más datos, además de continuar con la capacitación del personal para maximizar el uso de estas tecnologías.

4.1.1 Conclusiones

Tras aplicar las fases necesarias de la propuesta de mantenimiento integral para los motores y frenos electromagnéticos de la carreta enrolladora de cable de acero, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- La inspección detallada del motor eléctrico y el freno electromagnético permitió identificar posibles fallas, desgastes y necesidades de ajuste en ambos componentes. Durante este proceso no se observaron señales de desgaste en los rodamientos del motor. Pero si se detectaron ligeras irregularidades en el sistema de freno. Estos hallazgos fueron cruciales para implementar un plan de acción inmediato, evitando fallos mayores y asegurando que el motor y freno operaran dentro de los parámetros esperados. Esta inspección resultó ser fundamental para el diagnóstico temprano de posibles problemas y para asegurar el buen funcionamiento de los equipos.

- El mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes del motor eléctrico y el freno electromagnético se ejecutó exitosamente, lo que garantizó su funcionamiento adecuado y contribuyó a la prolongación de su vida útil. Este mantenimiento no solo optimizó el desempeño de los equipos, sino que también disminuyó la necesidad de reparaciones urgentes, lo que se traduce en un ahorro de costos a largo plazo.
- La calibración del sistema de freno electromagnético, realizada conforme a la ficha técnica del fabricante, garantizó la precisión del sistema y su correcto funcionamiento en su totalidad. Tras la calibración, el sistema de freno respondió de manera óptima durante las pruebas operativas, cumpliendo con los estándares de seguridad y eficiencia requeridos. Esta calibración fue esencial para asegurar que el freno estuviera alineado con las especificaciones del fabricante, lo que garantiza la seguridad en las operaciones y contribuye a la estabilidad del equipo a lo largo del tiempo.

4.1.2 Recomendaciones

La implementación del plan de mantenimiento integral para los motores y frenos electromagnéticos de la carreta enrolladora de cable de acero, se han obtenido importantes resultados que garantizan la operatividad y la vida útil del equipo. Sin embargo, existen áreas que pueden ser ampliadas en futuros estudios, con el objetivo de seguir optimizando los procesos de mantenimiento y adaptándolos a las necesidades cambiantes. A continuación, se detallan las recomendaciones primordiales que deben considerarse para futuras fases del proyecto

- Se recomienda continuar con las inspecciones visuales y las pruebas periódicas para detectar posibles fallas en una etapa temprana. Un futuro trabajo podría centrarse en la mejora de la calidad de las revisiones en función del uso y las condiciones de los equipos.

- Es importante mantener los procedimientos de limpieza actualizados, usando los productos y herramientas más adecuados. En el futuro, se podría evaluar la efectividad de los productos de limpieza y ajustar las técnicas para mejorar la eficiencia del proceso.
- Asegurar que el personal continúe siendo capacitado en las mejores prácticas de mantenimiento preventivo que son importantes. Sería útil realizar estudios adicionales sobre los métodos más efectivos de formación, adaptados a nuevas tecnologías y procedimientos.

Referencias

Bose, B. (2020). *Electrónica de potencia y accionamiento de motores.*

Corporation, F. (2010-2018). *Manual de uso FLUKE.*

Motoreductores.mx., M. (s.f.). *Ficha Técnica Maissa .*

Olarte, W. A. (2010). *Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria. Scientia et technica, 2(45).*

Pachay Macias, M. G. (2015). *Mejora en el sistema de lubricación en los Motores eléctricos.*

Pelayo Carvajal, J. (2024). *Diseño técnico y análisis económico de un freno electromagnético de resorte.*

SDT International sa-nv. (Versión 07 - 2023). *Manuel de usuario LUBEXPERT.*

Apéndice

Apéndice A fichas técnica

Figura A1

Ficha técnica de calibración de los frenos electromagnéticos

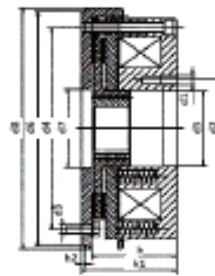
B型制动器+定心盖板

B-type Brake+Centering Flange

适用于安装速度或位置传感器，安装孔位置还可以根据客户要求定制。

The parts are applicable for speed or position sensors. Customers are also able to order the position of the installation bore.

机座号 Size No.	h	h1	h2	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8
06	36.3	42.3	2	4×M4	37.7	3×M4	72	25	95	40	98
08	42.8	49.8	2	4×M5	49	3×M5	90	32	115	50	116
10	48.4	57.4	2	4×M5	54	3×M6	112	42	140	60	141
12	54.9	63.9	2	4×M5	64	3×M6	132	50	162	60	165
14	65.5	76.5	2	4×M6	75	3×M8	145	60	177	80	181
16	72.5	83.5	2	4×M6	85	3×M8	170	68	204	85	206
18	83.1	94.1	2	4×M8	95	4×M8	196	75	233	90	237
20	97.6	108.6	2	4×M10	110	4×M10	230	85	271	90	274
25	105.7	118.2	2	4×M10	140	6×M10	278	115	321	120	324



制动扭矩与转速的关系及最高工作转速

Relation between the braking torque and rotation speed;maximum working speed

产品规格 Product Size	额定扭矩[%](转速100r/min) Rated Torque[%](Rotation Speed 100r/min)	制动力矩与转速的关系[%] Relationship between braking torque and rotation speed[%]			最高工作转速 (r/min) Maximum Rotation Speed in Working(r/min)
		1500	3000	max	
REB0406	100%	86%	79%	74%	6000
REB0408	100%	84%	77%	73%	5000
REB0410	100%	82%	76%	73%	4000
REB0412	100%	80%	74%	73%	3600
REB0414	100%	79%	72%	70%	3600
REB0416	100%	78%	71%	67%	3600
REB0418	100%	76%	69%	67%	3600
REB0420	100%	74%	67%	67%	3600
REB0425	100%	72%	67%	67%	3000
REB0430	100%	70%	67%	67%	3000

制动器使用额定参数

Relation between the braking torque and rotation speed;maximum working speed

机座号 Size NO.	额定间隙z(+0.1/-0.05) (mm)	Zmax 保持制动 (mm)	Zmax 减速制动 (mm)	摩擦面组件 厚度(mm)		额定功率 20℃ (W)	安装 位置圆 (mm)	安装螺钉 规格
				min	Max			
06	0.2	0.3	0.5	4.5	6	20	72	3×M4
08	0.2	0.3	0.5	5.5	7	25	90	3×M5
10	0.2	0.3	0.5	7.5	9	30	112	3×M6
12	0.3	0.45	0.75	8	10	40	132	3×M6
14	0.3	0.45	0.75	7.5	10	50	145	3×M8
16	0.3	0.45	0.75	8.5	11.5	55	170	3×M8
18	0.4	0.6	1	10	13	85	196	6×M8
20	0.4	0.6	1	12	16	100	230	6×M10
25	0.5	0.75	1.25	15.5	20	110	278	6×M10
30	0.6	1	1.2	18.5	23	200	325	6×M10

Nota. Datos obtenidos de ficha técnica Reach Top-modelo REB04

Apéndice B manual de uso del equipo de análisis de aislamiento

Figura B1

Manual de uso –Especificaciones generales para el uso del equipo

1550C/1555
Manual de uso

Especificaciones generales

Pantalla.....	475 mm x 105 mm
Alimentación.....	Batería plomo-ácido recargable de 12 V, 2,6 Ahr
Capacidad de carga de la batería normal	
Número de comprobaciones	4100 a 250 V 3800 a 500 V 3200 a 1 kV 2500 a 2,5 kV 1000 a 5 kV 500 a 10 kV
A temperaturas extremas.....	cargue la batería más a menudo
Entrada del cargador (CA).....	85 V a 250 V CA, 50/60 Hz, 20 VA Este instrumento de Clase II (con doble aislamiento) se suministra con un cable de alimentación de Clase I (conexión a tierra). El terminal de tierra de protección (patilla de conexión a tierra) no está conectado internamente. La única funcionalidad de la patilla adicional es asegurar la posición del enchufe.
Dimensiones (alto x ancho x largo).....	170 mm x 242 mm x 330 mm (6,7 pulg. x 9,5 pulg. x 13,0 pulg.)
Peso.....	3,6 kg (7,94 lb)
Protección antimanipulaciones	candado Kensington

Especificaciones ambientales

Temperatura de trabajo	-20 °C a +50 °C (-4 °F a +122 °F)
Temperatura de almacenamiento	-20 °C a +65 °C (-4 °F a +149 °F)
Humedad relativa	80 % a 31 °C con disminución hasta el 50 % a 50 °C
Altitud.....	2000 m
Clasificación IP.....	IEC 60529: IP40

Nota. Datos obtenidos de ficha técnica Fluke-1550-1555-FC_manual

Figura B2

Manual de uso –Especificaciones eléctricas-valores de tensión rango predeterminados en el equipo

1550C/1555
Manual de uso

Especificaciones eléctricas

La precisión del comprobador se ha especificado para 1 año una vez calibrado a temperaturas de trabajo de entre 0 °C y 35 °C. Para temperaturas de trabajo que se encuentren fuera del rango (de -20 °C a 0 °C y de 35 °C a 50 °C), sume el $\pm 0,25$ % por °C, excepto en las bandas con un 20 %, donde deberá sumar el ± 1 % por °C.

Aislamiento		
Tensión de prueba (CC)	Rango de resistencia del aislamiento	Precisión (lectura \pm)
250 V	<250 k Ω	sin especificar
	250 k Ω a 5 G Ω	5 %
	5 G Ω a 50 G Ω	20 %
	>50 G Ω	sin especificar
500 V	<500 k Ω	sin especificar
	500 k Ω a 10 G Ω	5 %
	10 G Ω a 100 G Ω	20 %
	>100 G Ω	sin especificar
1000 V	<1 M Ω	sin especificar
	1 M Ω a 20 G Ω	5 %
	20 G Ω a 200 G Ω	20 %
	>200 G Ω	sin especificar
2500 V	<2,5 M Ω	sin especificar
	2,5 M Ω a 50 G Ω	5 %
	50 G Ω a 500 G Ω	20 %
	>500 G Ω	sin especificar
5000 V	<5 M Ω	sin especificar
	<5 M Ω a 100 G Ω	5 %
	100 G Ω a 1 T Ω	20 %
	>1 T Ω	sin especificar
10 000 V	<10 M Ω	sin especificar
	10 M Ω a 200 G Ω	5 %
	200 G Ω a 2 T Ω	20 %
	>2 T Ω	sin especificar
Rango del gráfico de barras:		0 a 2 T Ω
Exactitud de la tensión de comprobación del aislamiento:		-0 %, +10 % a una corriente de carga de 1 mA
Rechazo de corriente de red principal de CA inducida:		2 mA máximo
Velocidad de carga por carga capacitiva:		5 s/ μ F
Velocidad de descarga por carga capacitiva:		1,5 s/ μ F

Nota. Datos obtenidos de ficha técnica Fluke-1550-1555-FC_manual