

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO PARA EL  
PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES  
ELÉCTRICOS DE ELECTROTÉCNICOS LTDA., CONTEMPLANDO LOS  
REQUISITOS DE LA NORMA ISO 9001:2000**

**MÓNICA YANNETH ORTIZ QUINTERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2009**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO PARA EL  
PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES  
ELÉCTRICOS DE ELECTROTÉCNICOS LTDA., CONTEMPLANDO LOS  
REQUISITOS DE LA NORMA ISO 9001:2000**

**MÓNICA YANNETH ORTIZ QUINTERO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Mecánico**

**Director**

**DAVID A. FUENTES DÍAZ**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2009**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser luz, guía y compañero en todos los instantes de mi vida.

A mis padres: Julián y Martha, por su apoyo incondicional e inmenso amor, fuente de este importante logro y motivación para seguir adelante.

**A mi hermano Julián Andrés, por**

**estar siempre presente.**

A mi esposo David Fernando, quien nunca deja de animarme y con todo su amor me ayuda a concentrarme en el camino que debo recorrer.

***Mónica***

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero David Alfredo Fuentes, director de este proyecto, por su importante orientación, dedicación y respaldo.

Al ingeniero Juan Miguel Mantilla, docente de la Universidad Nacional, por su apoyo incondicional.

A la Dra. Olga Vesga, Gerente de Industrias Lavco Ltda., por su disposición y ayuda constante.

A la Dra. Luz Eugenia, Gerente de Electrotécnicos Ltda., por su apoyo y oportunidad para realizar este trabajo de grado.

A mi esposo David Fernando, por todo el tiempo dedicado, por su esfuerzo incansable, ánimo y paciencia.

A mis familiares y amigos, que de alguna forma me ayudaron y apoyaron para obtener este gran logro.

Mónica Y. Ortiz Quintero

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	1
1. ELECTROTÉCNICOS LTDA.	4
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	14
1.3.1 Objetivo general	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	15
2. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	17
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	17
2.2 ANTECEDENTES	20
2.2.1 Procedimientos e instructivos	20
2.2.2 Formatos	31
2.2.3 Manejo de la información	32
2.3 DISEÑO DE MANUAL TÉCNICO PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.	33
2.3.1 Requisitos de la norma ISO 9001	33
2.3.2 Presentación de la información del manual técnico	34
2.3.3 Requisitos	36
2.3.4 Actividades	38
2.4 DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	44
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	52
ANEXOS	53

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Pruebas eléctricas.	8
Tabla 2. Presentación de las actividades en el manual técnico.	36
Tabla 3. Trabajadores del proceso de mantenimiento.	37
Tabla 4. Normas aplicadas en el manual técnico.	38

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Planta de producción.	6
Figura 2. Motor abierto para su análisis y diagnóstico.	7
Figura 3. Bobinado de motores.	7
Figura 4. Zona de pruebas para verificación del estado del motor.	8
Figura 5. Equipos en zona de pintura.	9
Figura 6. Equipos en zona de producto terminado.	9

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Manual técnico para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos de Electrotécnicos Ltda.	54
Anexo B. Plan de gestión para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos.	133
Anexo C. Carta de aprobación del trabajo de grado, expedida por Electrotécnicos Ltda.	165

## RESUMEN

### **TÍTULO:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE ELECTROTÉCNICOS LTDA., CONTEMPLANDO LOS REQUISITOS DE LA NORMA ISO 9001:2000 \***

### **AUTORES:**

Mónica Yanneth Ortiz Quintero. \*\*

### **PALABRAS CLAVES:**

Normas técnicas, manual, mantenimiento, calidad.

### **DESCRIPCIÓN:**

El principal objetivo de este trabajo de grado es mejorar el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos de la empresa Electrotécnicos Ltda., mediante el diseño e implementación de un manual técnico, ya que se presentaban falencias por desconocimiento de las normas técnicas que rigen el proceso.

El diseño del manual técnico, fue hecho con base en las etapas de mantenimiento y reparación del motor eléctrico, desde la recepción hasta la entrega al cliente, teniendo en cuenta los requerimientos de los clientes, las recomendaciones y criterios de las normas técnicas que se aplican y dando cumplimiento a los requisitos para el sistema de gestión de la calidad de la empresa.

El manual incluye todos los formatos empleados o necesarios para registrar toda la información respectiva de datos tomados, pruebas realizadas y resultados para la determinación de conformidad de todos los trabajos ejecutados o desarrollados.

El resultado es un documento técnico que incluye todas las actividades que se realizan para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos, útil para el desarrollo de las actividades diarias, auditorías y visitas técnicas de los clientes. Además, se presenta el diseño de un plan de gestión para el proceso, con el fin de lograr una mayor productividad.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. David A. Fuentes Díaz.

## SUMMARY

**TITLE:**

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A TECHNICAL MANUAL FOR MAINTAINING AND REPAIRING PROCESS IN ELECTRIC MOTORS, CONSIDERING THE REQUIREMENTS OF ISO 9001:2000**\*

**AUTHORS:**

Mónica Yanneth Ortiz Quintero. \*\*

**KEY WORDS:**

Technical standards, manual, maintaining, quality.

**DESCRIPTION:**

The main objective of this degree is to improve maintaining and repairing process in electric motors of the Electrotecnicos Company Ltda., through designing and implementing of technical manual, as it had shortcomings due to ignorance in relation to technical standards that govern the process.

The design of the technical manual was made based on the stages of maintenance and repair of electric motor from receipt to delivery to the client, taking into account customer requirements, recommendations and criteria of technical standards that apply and in compliance with the requirements for the system of quality management of the company.

The manual includes all the formats used or necessary to record all information concerning the data taken, tests and results for determining compliance of any work performed or developed.

The result is a technical document that includes all activities undertaken for the maintenance and repair of electric motors, useful for the development of daily activities, audits and technical visits of clients. Additionally, we present the design of a management plan for the process, in order to achieve greater productivity.

---

\* Degree Work.

\*\* Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. David Alfredo Fuentes Díaz.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente las industrias deben preocuparse y esforzarse para ser más competitivas y rentables. Por eso deben buscar mecanismos que les permita mejorar sus procesos y así poder acceder a clientes importantes que faciliten su desarrollo empresarial y el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

En los últimos años ha surgido un factor determinante para el establecimiento de relaciones comerciales, que está relacionado con el aseguramiento de la calidad de los productos y servicios adquiridos y/o entregados.

El aseguramiento de la calidad se logra con la aplicación y cumplimiento de estándares internacionales, que garanticen óptimos procesos y por ende, óptimos productos. Pero en general, cuando se inicia una organización, la primera preocupación es lograr un prestigio y darse a conocer para aumentar los clientes y lograr un lugar en el mercado, por eso se pasa por alto la aplicación de dichos estándares en las actividades diarias. Sin embargo, con el tiempo y ante la presencia de mercados más exigentes, se hace necesario fortalecer los métodos y formas de sus procesos para poder acceder a ellos.

Electrotécnicos Ltda., es una empresa de Barrancabermeja, que inició la prestación de servicios de mantenimiento y reparación de motores eléctricos en 1985. Desde ese año se encuentra en la búsqueda de mecanismos para mejorar sus productos y servicios, con el fin de conformar un negocio estable y perdurable en el tiempo.

La Universidad Industrial de Santander, por medio de sus docentes y estudiantes, está en la capacidad de brindar asesoría al sector industrial de nuestro país y dar un enfoque más adecuado a las organizaciones para el

cumplimiento de los requisitos correspondientes. Por esta razón se estableció una relación entre la universidad y la industria por medio de este trabajo de grado, el cual pretende aportar a la empresa Electrotécnicos Ltda., un documento técnico para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, incluyendo las normas técnicas aplicables, bajo un esquema ISO 9001, y así solucionar sus necesidades actuales y mantenerse competitiva en el mercado.

Es importante para la empresa contar con un documento técnico para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos, ya que es una de las falencias en su sistema de gestión de la calidad, evidenciado por ICONTEC y un requerimiento de sus clientes, porque actualmente no existe una guía para realizar las actividades del proceso y estas deben estar basadas en normas técnicas.

Existe gran variedad de normas técnicas que pueden ser aplicadas al proceso, no obstante, deben aplicarse las que más se adapten a las necesidades específicas de los clientes y del proceso.

En el capítulo 1 se describe la empresa Electrotécnicos Ltda., el problema identificado en ella y los objetivos planteados para su solución. En el capítulo 2, se detalla la metodología empleada para el diseño e implementación del manual técnico para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, que pueda solucionar las necesidades específicas de la empresa, la selección y aplicación de normas técnicas correspondientes a las actividades del proceso.

En el anexo A se muestra el manual técnico diseñado que contiene toda la información del proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, dividido en 10 partes generales. Estas partes son: Recepción del equipo,

determinación del estado del motor, aprobación del cliente, mantenimiento y reparación mecánica, mantenimiento y reparación eléctrica, barnizado, armado del motor, pruebas finales, pintura y entrega de producto terminado. Cada etapa incluye las recomendaciones realizadas por las normas: IEEE, ISO, ANSI/EASA, NEMA, IEC, SSPC, según corresponda. Así mismo, el manual contiene todos los formatos que se requieren para el registro de la información durante el desarrollo de las actividades y los reportes que se entregan al cliente para certificar la conformidad del equipo reparado.

Finalmente, se muestra en el anexo B el plan de gestión diseñado para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, con el fin de agilizar las labores que se realizan y lograr mayor eficiencia y productividad.

## 1. ELECTROTÉCNICOS LTDA

Electrotécnicos Ltda., fue fundada en el año 1985 como una empresa de servicios dedicada al mantenimiento y reparación de motores eléctricos de baja tensión. Inició sus actividades prestando servicios a la empresa Colombiana de Petróleos ECOPEPETROL Barrancabermeja y posteriormente a otros distritos de la estatal petrolera, tales como: Centro, Casabe y Cantagallo.

En 1989 ofrece sus servicios a otras empresas de la ciudad, como Postobón, Fertilcol S.A., Coca-cola y empresas contratistas de ECOPEPETROL. En 1990 amplía su infraestructura lo que le permitió atender equipos de mayor potencia. En 1991 inicia sus servicios a empresas agroindustriales fuera de Barrancabermeja y empieza a incursionar en mercados a nivel nacional. Posteriormente, la empresa diversifica sus servicios con la intención de atender el área de mantenimiento predictivo de máquinas eléctricas, para lo cual adquirió un equipo analizador de devanados.

Actualmente tiene sus instalaciones en la ciudad de Barrancabermeja en dos edificaciones de la siguiente manera: Avenida 36, 29 – 09/06 en donde se maneja el proceso de comercialización y Avenida 29, 32 - 53 donde se encuentra la planta de producción (mantenimiento y reparación de equipos).

Los productos y servicios ofrecidos por Electrotécnicos Ltda., son:

- ✓ Mantenimiento y reparación de motores eléctricos industriales de baja y media tensión (principal actividad).
- ✓ Mantenimiento y reparación de equipos de soldadura.
- ✓ Mantenimiento y reparación de transformadores y generadores.

- ✓ Venta y distribución de herramientas, rodamientos, motores eléctricos y repuestos afines a la industria.

La prestación de los servicios de mantenimiento y reparación de motores eléctricos se realiza en la planta de producción, en la cual el equipo de trabajo está conformado por:

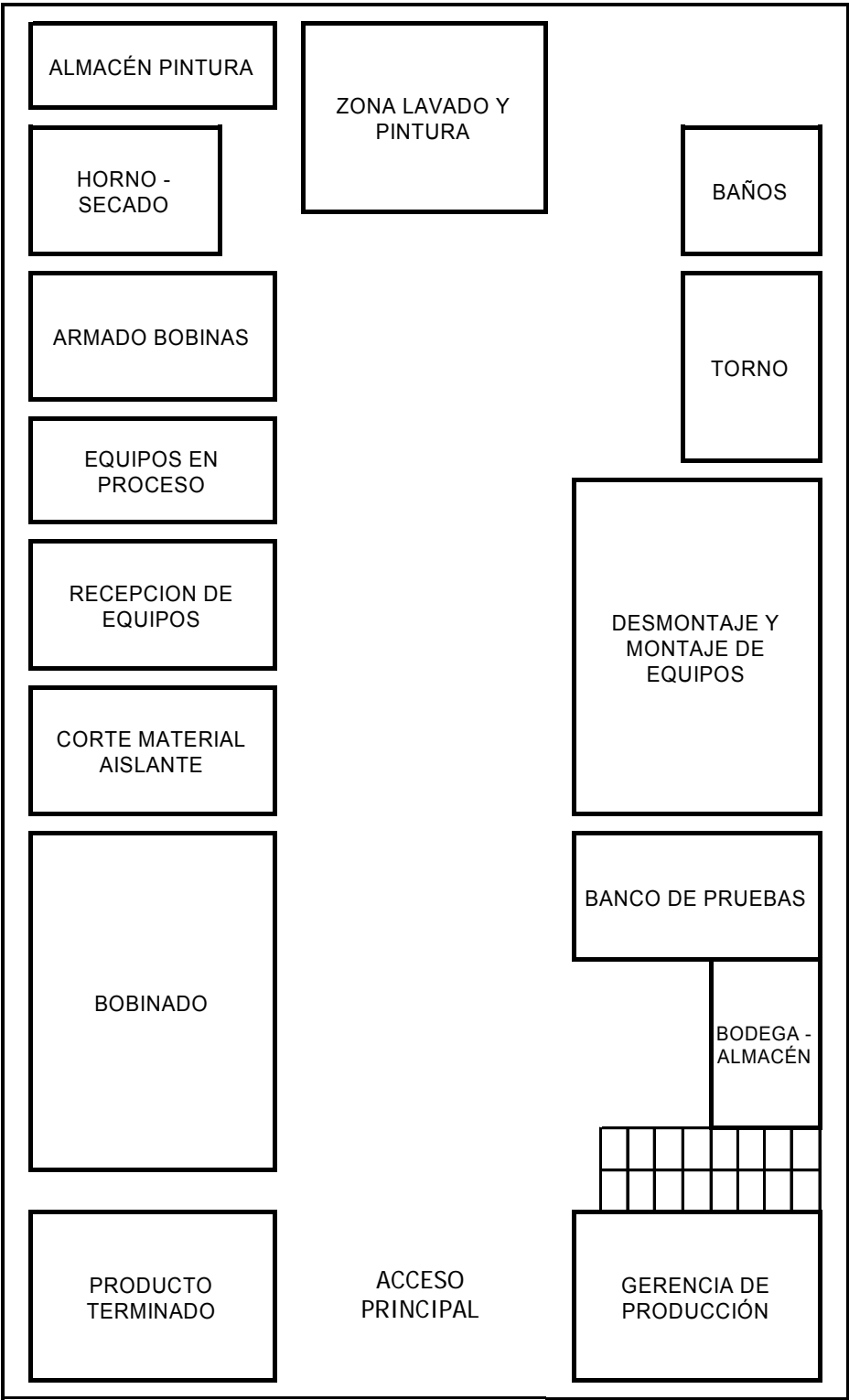
- ✓ Gerente de Producción
- ✓ Coordinador de Planta
- ✓ Supervisor de Taller
- ✓ Operador de máquina herramienta
- ✓ Técnico Electricista
- ✓ Auxiliar de mantenimiento
- ✓ Conductor

En la figura 1 se muestra la planta de producción, en donde puede apreciarse los puestos y zonas de trabajo, en los cuales los equipos son intervenidos conforme a la ruta de la orden de trabajo. La ruta de la orden de trabajo se describe a continuación:

**a. Recepción del equipo.** El cliente solicita el servicio de reparación, para lo cual establece comunicación con el coordinador de planta o gerente de producción. La empresa recibe el equipo o lo recoge en las instalaciones del cliente si es necesario.

El equipo es codificado en el formato respectivo, además se registran todas las observaciones y comentarios realizados por el cliente.

Figura 1. Planta de producción.



**b. Análisis y diagnóstico.** El personal encargado hace una primera inspección del equipo con el fin de identificar las fallas y sus posibles causas. Para verificar su estado, se realizan pruebas eléctricas y se registran los hallazgos. Con base en los resultados obtenidos, se determinan los trabajos a realizar para lograr un óptimo funcionamiento en el equipo.

Figura 2. Motor abierto para su análisis y diagnóstico.



**c. Mantenimiento y reparación.** Se efectúan los trabajos requeridos para que el equipo opere correctamente.

Figura 3. Bobinado de motores.



**d. Pruebas.** Una vez reparado el equipo, éste es sometido a diferentes pruebas para verificar su conformidad. Estas pruebas se mencionan en la tabla 1.

Figura 4. Zona de pruebas para verificación del estado del motor.



Tabla 1. Pruebas eléctricas.

PRUEBA	INSTRUMENTO
CONTINUIDAD ENTRE LINEAS	Multímetro.
AISLAMIENTO	Medidor de aislamiento.
CORRIENTE	Amperímetro.
PRUEBA HIPOT	Analizador de devanados eléctricos (Baker).
PRUEBA DE SURGE	Analizador de devanados eléctricos (Baker).

Los equipos de medición usados para las pruebas eléctricas deben estar calibrados según las especificaciones del fabricante.

**e. Pintura.** Los equipos son sometidos a un proceso de pintura, de acuerdo a las especificaciones del cliente y medio de exposición. Posteriormente son llevados a un horno para que el secado se produzca de manera controlada.

Figura 5. Equipos en zona de pintura.



**f. Entrega de equipos.** Después de verificar la conformidad del funcionamiento de los equipos, éstos quedan listos para su respectiva entrega al cliente. El cliente exige el reporte de la intervención realizada a cada equipo, por esta razón se entregan los resultados de las pruebas realizadas en el formato establecido. Los equipos son almacenados en la zona de producto terminado, hasta que sean entregados al cliente.

Figura 6. Equipos en zona de producto terminado.



## **1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

El nivel de exigencia de los actuales clientes de Electrotécnicos Ltda., es muy alto, principalmente su cliente ECOPETROL. Por esta razón, la empresa permanentemente debe cumplir y garantizar estándares de calidad y demostrar que sus procesos se encuentran en mejora continua.

La empresa cuenta con el certificado de la norma ISO 9001:2000, sin embargo, su sistema de gestión de la calidad tiene algunas necesidades, especialmente en el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, lo cual puede generar problemas en una auditoría de calidad por parte del ente certificador ICONTEC, e inconsistencias en las interventorías que realiza la empresa contratante, ECOPETROL.

Estas interventorías son realizadas de manera frecuente e inesperada y son muy exigentes en cuanto al recorrido dentro de la empresa del equipo en reparación, la información soporte, normas y catálogos que aplican, recomendaciones del fabricante, los equipos empleados para realizar las pruebas finales, entre otros.

No contar con la información apropiada puede causar de manera inmediata la cancelación de los contratos vigentes y la no renovación de la certificación de su sistema de gestión de la calidad. Para esto la empresa ha solicitado la intervención de la Universidad Industrial de Santander por medio de la realización de un proyecto de grado que resuelva sus necesidades específicas y fortalezca su proceso de mantenimiento, lo cual le permite ser más competitiva, reconocida y confiable en el sector petrolero.

Las necesidades específicas que actualmente tiene Electrotécnicos Ltda., para dar cumplimiento a los requisitos de la norma ISO 9001:2000 y especificaciones de sus clientes en general son:

✓ Establecer e implementar un manual técnico para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos, pues los procedimientos e instructivos en uso no contienen información técnica, siendo esto de vital importancia para efectuar los trabajos requeridos. Actualmente sólo se dispone de un listado general de actividades, tales como desarmar, lavar, pintar, sin ninguna especificación. Se toma el producto motores eléctricos por ser la principal actividad de la empresa y la mayor parte de su producción.

✓ Contemplar en los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad, las normas técnicas que rigen cada parte del trabajo realizado.

✓ Tener disponible la información empleada para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos para todo el personal participante en dicha actividad, ya que actualmente esta información sólo está contenida en la memoria de las personas que iniciaron esta empresa, gracias a su conocimiento y gran experiencia. No obstante, esto no es justificación suficiente para atender una auditoría, porque los auditores buscan que tanto los responsables como los participantes de cada proceso conozcan y manejen toda la información necesaria para realizar sus labores.

Cabe anotar que el personal participante del proceso de mantenimiento de motores eléctricos realiza de manera conforme su trabajo, pero no es de su conocimiento las normas que deben cumplir diariamente. Por esta razón muchas veces se encuentran inhabilitados para responder las auditorías que se realizan en su sitio de trabajo, lo que puede provocar una vez más, que se

pierda el certificado de su sistema de gestión de la calidad o que su principal cliente decida terminar su contrato.

Es importante realizar la documentación del proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, para iniciar un proceso de mejoramiento de la organización, evitar perder información técnica indispensable, tener la documentación técnica que exige el cliente y finalmente, dejar establecido un documento que sirva de base para documentar y fortalecer otros procesos productivos.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA**

Normalmente las empresas durante su constitución no documentan sus actividades diarias, pero con el paso del tiempo se va creando la necesidad de hacerlo y en algunos casos se convierte en requisito para desarrollarse y acceder a clientes más especializados. No atender los nuevos requerimientos puede dejar a las empresas fuera de mercados importantes.

Electrotécnicos Ltda., es una empresa que cuenta con el certificado de calidad de la norma ISO 9001:2000. Durante la etapa de certificación, la documentación de los procesos que conforman el sistema se realizó como una primera fase, la cual es una base para iniciar un proceso de mejora que le permita a la empresa consolidar sus operaciones y enfocarse hacia el aseguramiento de la calidad.

Al implementarse un sistema de gestión de la calidad, la empresa debe esforzarse por cumplir los requisitos de la norma, los requisitos de ley, las metas y objetivos impuestos por los accionistas y principalmente los requisitos del cliente, con el fin de ser más competitivos y confiables.

Las exigencias de los clientes son muy altas, pues los equipos que Electrotécnicos Ltda. repara, cumplen funciones indispensables en los procesos productivos de los clientes. Por esta razón la empresa debe garantizar que los equipos son entregados a conformidad y que no se presentarán problemas una vez instalados por el cliente.

Por lo anterior, la empresa debe asegurar y demostrar que el trabajo que se realiza contempla todas las variables y recomendaciones que se dan en las normas respectivas y que se toman en cuenta las recomendaciones del fabricante, entre otros.

Para solucionar todas estas fallas potenciales y reales, se hace indispensable hacer e implementar un manual técnico que incluya todas las etapas para reparar y mantener un motor eléctrico trifásico de media y baja tensión, en donde se contemplen las normas técnicas aplicables y recomendaciones respectivas de los fabricantes<sup>1</sup>.

Así mismo, este manual servirá de base para próximas documentaciones de todos los productos que ofrece Electrotécnicos Ltda.

Este manual una vez implementado en la empresa, permitirá a las personas responsables y participantes del proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, contar con una guía muy útil para el cumplimiento de los requisitos respectivos, así mismo, será un material de consulta permanente, lo que reducirá la posibilidad de no conformidades.

---

<sup>1</sup> Se toma el producto: Motor eléctrico trifásico de media y baja tensión, por ser el equipo comúnmente reparado en la empresa.

## **1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

**1.3.1 Objetivo General.** Contribuir a la misión de la Universidad Industrial de Santander al brindar apoyo a la industria dedicada al mantenimiento de equipos en Santander, para liderar procesos de cambio, fortalecimiento y mejora continua, por medio del diseño e implementación de un manual técnico para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos en Electrotécnicos Ltda.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

✓ Establecer los requisitos para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos trifásicos de media y baja tensión, según las normas técnicas IEEE, ISO y SSPC que aplican.

✓ Diseñar y/o modificar los formatos para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos trifásicos de media y baja tensión, que requiere el sistema de gestión de la calidad según los requisitos de la norma ISO 9001:2000.

✓ Documentar el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos trifásicos de media y baja tensión, realizado en Electrotécnicos Ltda., teniendo en cuenta los requisitos de la norma ISO 9001:2000, lo cual incluye: Recepción del equipo, diagnóstico, mantenimiento y reparación y entrega del mismo.

✓ Diseñar el plan de gestión de mantenimiento y reparación de motores eléctricos trifásicos de media y baja tensión. Este plan contiene:

- Recepción del equipo, en donde se incluye: Fecha de recepción, registro de cliente (nombre, dirección, teléfono, nit), datos de los

equipos – hojas de vida (potencia, rpm, marca), estado actual del equipo, observaciones del cliente y firmas de entrega por parte del cliente y recepción por parte de Electrotécnicos Ltda..

- Registro de los equipos en proceso para facilitar programación de la producción y así mismo proporcionar al cliente fechas de entrega más confiables.
- Datos del equipo durante todo el proceso de mantenimiento y reparación: resultados de las pruebas de diagnóstico realizadas, trabajos requeridos, datos del bobinado, datos de conexión, responsables de cada intervención, datos de rodamientos, estado de ejes y alojamientos, pruebas finales.
- Documento de entrega al cliente: Protocolo de pruebas, en donde se reúne toda la información del equipo, para hacer entrega al cliente.
- Datos requeridos para elaboración de indicadores, lo cual permitirá tener información confiable para la toma de decisiones basada en hechos y así mismo tomar acciones que permita la mejora continua de la organización.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

Con este trabajo de grado se busca dar un aporte de ingeniería al proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos de Electrotécnicos Ltda. Por medio del diseño e implementación de un manual técnico para dicho proceso, la empresa contará con información correcta para la prestación de sus servicios y así garantizará a los clientes el cumplimiento de todos los requisitos.

Electrotécnicos Ltda., tiene las siguientes alternativas para realizar este trabajo de investigación:

- ✓ Por contratación de servicios externos – outsourcing.
- ✓ Por el departamento de mantenimiento y/o calidad de la empresa.
- ✓ En convenio con la Universidad Industrial de Santander.

Las empresas por lo general tienen recursos limitados y éstos son usados en mayor proporción, para compra de equipos empleados en la prestación de sus servicios. De igual forma, cuenta con personal idóneo, pero su carga laboral no permite que ellos destinen tiempo para actividades de investigación, por esta razón se considera pertinente que la labor que se plantea en el presente plan de proyecto sea realizada con la ayuda de la Universidad Industrial de Santander.

La escuela de Ingeniería Mecánica posee personal docente capacitado para brindar el apoyo técnico requerido, para realizar este trabajo como proyecto de grado, cumpliendo con la misión de la Universidad y los requisitos exigidos para obtener el título profesional.

Al final del proceso, la empresa contará con una herramienta útil que mejorará su desempeño y permitirá el logro de los objetivos trazados.

## **2. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO**

### **2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

Este trabajo de grado fue realizado en la ciudad de Barrancabermeja, en donde se identificó un gran número de empresas prestadoras de servicios enfocadas a la industria petrolera, por ser la principal actividad económica de la región.

Electrotécnicos Ltda., es una de las empresas más reconocidas de la región, por ser contratista de la entidad estatal más grande del país, ECOPETROL y otras destacadas de la región. Así mismo, por buscar permanentemente alternativas y medios para mejorar y fortalecer su empresa, y de esta manera lograr un mayor prestigio por la calidad en la prestación de sus servicios. ECOPETROL es el cliente que demanda la mayor parte de su producción, por esto la empresa debe prepararse para cumplir con los requerimientos y exigencias estipulados en sus contratos.

La disponibilidad de los directivos de la empresa para realizar cambios al interior con el fin de fortalecer sus procesos y el deseo de que se realizara la intervención de la Universidad Industrial de Santander, hicieron que Electrotécnicos fuera la empresa más idónea para realizar este proyecto de grado enfocado a resolver sus principales necesidades.

Este proyecto de grado fue realizado en su totalidad, en las instalaciones de la empresa Electrotécnicos Ltda., con participación directa del personal que interviene en las labores de mantenimiento y reparación de motores eléctricos. Es importante anotar que aunque la empresa presta servicios de reparación y mantenimiento a diferentes equipos, se seleccionaron los

motores eléctricos por ser el producto de su principal actividad y el de mayor demanda.

La metodología de trabajo empleada fue:

✓ Revisión del proceso actual de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, para realizar la identificación del problema y hacer el planteamiento de los objetivos del proyecto de grado.

Para identificar el problema, inicialmente se efectuó la revisión de la documentación existente: instructivos, procedimientos y formatos, así como los hallazgos de las auditorías de calidad contemplados en los reportes de auditoría de ICONTEC. Posteriormente se realizaron algunas reuniones con los líderes del proceso, tales como: Gerente de producción, coordinador de planta y supervisor de taller, para analizar dichos hallazgos y plantear posibles soluciones que llevaran a la eliminación de las no conformidades detectadas.

Adicional a los reportes de auditoría, los líderes del proceso habían detectado inconvenientes para la atención de las interventorías realizadas por los clientes, principalmente ECOPEPETROL, quien en varias ocasiones se quejaba por no tener información técnica que respaldara la realización de las labores del proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos.

Finalmente se hizo una reunión con la gerente de la empresa para presentar y sustentar la identificación del problema y las alternativas de solución mostradas mediante los objetivos planteados, los cuales para la empresa se traducen básicamente en:

a. Diseñar un manual técnico para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos, basado en los requerimientos de la norma ISO 9001 y la

normativa técnica aplicable exigida por el cliente, que incluya todos los formatos requeridos para la realización de los reportes y la recopilación de información requerida. También se planteó que el diseño fuera un documento a disposición de todos los trabajadores que participan en el proceso, con un lenguaje claro y preciso, puesto que uno de los principales inconvenientes para el manejo de normas directamente en el taller, es que éstas en su mayoría se encuentran en el idioma Inglés.

b. Diseñar un plan de gestión de mantenimiento para agilizar las labores realizadas y lograr una mayor eficiencia y productividad en su proceso.

✓ Los objetivos fueron aprobados por la gerencia.

✓ Se identificó la normativa aplicable al proceso, conforme a los requerimientos de los clientes y en cumplimiento de la norma ISO 9001:2000 que rige el sistema de gestión de calidad de la empresa.

✓ Trabajo en sitio. Inspección de las labores realizadas, superando las diferentes etapas de la orden de trabajo y relacionando cada actividad con las normas técnicas aplicables identificadas.

Se realizaron visitas por todos los puestos de trabajo, así: recepción del equipo, toma de datos iniciales, pruebas de diagnóstico, desarmado del motor, revisión de ejes y alojamientos, medición, rectificado de ejes y tapas, toma de datos del bobinado y conexiones, calibración del alambre, desarmado del bobinado, fabricación de bobinas, bobinado, barnizado, armado del motor, pruebas finales para su respectiva verificación de conformidad, pintura y entrega del equipo al cliente.

✓ Análisis de formatos actualmente en uso, tales como Recepción del equipo, Cotización de Taller, Orden de trabajo, Tarjeta de identificación,

Datos técnicos del motor eléctrico trifásico, Programación de producción, Protocolo de pruebas a motores eléctricos trifásicos y Lista de chequeo para salida de equipos. La revisión de estos formatos se hizo durante las visitas realizadas por los puestos de trabajo, verificando la información contenida en cada uno de ellos y detectando la información omitida que era de gran aporte al proceso.

Con base en esta revisión se realizaron los ajustes pertinentes con el fin de lograr un mejor funcionamiento del proceso y garantizar el uso de los datos apropiados.

✓ Realización del Manual Técnico para el proceso de Mantenimiento y Reparación de Motores eléctricos. Con base en toda la información obtenida, se inició la elaboración del manual, sometiéndolo a revisiones permanentes con cada participante del proceso, hasta lograr un documento que reflejara las labores realizadas, contemplando los requisitos correspondientes en cada etapa de trabajo, para su implementación.

✓ Diseño de Plan de gestión de mantenimiento. El diseño del plan se hizo conforme al funcionamiento del proceso reflejado en el manual implementado.

## **2.2 ANTECEDENTES**

**2.2.1 Procedimientos e instructivos.** Cuando se inició este proyecto de grado, la empresa contaba con diferentes documentos para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, que inicialmente fueron aceptados en las auditorías de calidad realizadas por ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas) para la obtención del certificado de calidad de sus procesos, según la norma ISO 9001:2000. Sin embargo, en la auditoría realizada para la renovación de dicha certificación en el año

siguiente, se empezaron a presentar problemas porque estos documentos no mostraban mejora continua del sistema.


Además, los procedimientos e instructivos no contemplaban información técnica que describiera cómo realizar los trabajos, bajo cuáles condiciones y con cuáles criterios de aceptación; siendo éste uno de los principales puntos de no conformidad, porque se veía vulnerable el aseguramiento de la calidad de los procesos productivos.

La información técnica, era manejada de manera exclusiva por los líderes del proceso: Gerente de producción y supervisor de taller, basados en su alta experiencia en el campo y apuntes que conservaban sobre recomendaciones generales para el proceso.

Adicionalmente, Con la expansión que ha tenido la empresa, se han logrado importantes contratos con organizaciones de altos niveles de calidad, que a su vez requieren que sus proveedores estén a la altura de sus exigencias. Esto, sumado a la no conformidad y las múltiples observaciones presentadas en la última auditoría de calidad, mostraron la importancia y urgencia de documentar sus procesos de una forma adecuada, basándolos en la información técnica respectiva y dando a conocer estos documentos a los trabajadores de una manera sencilla.

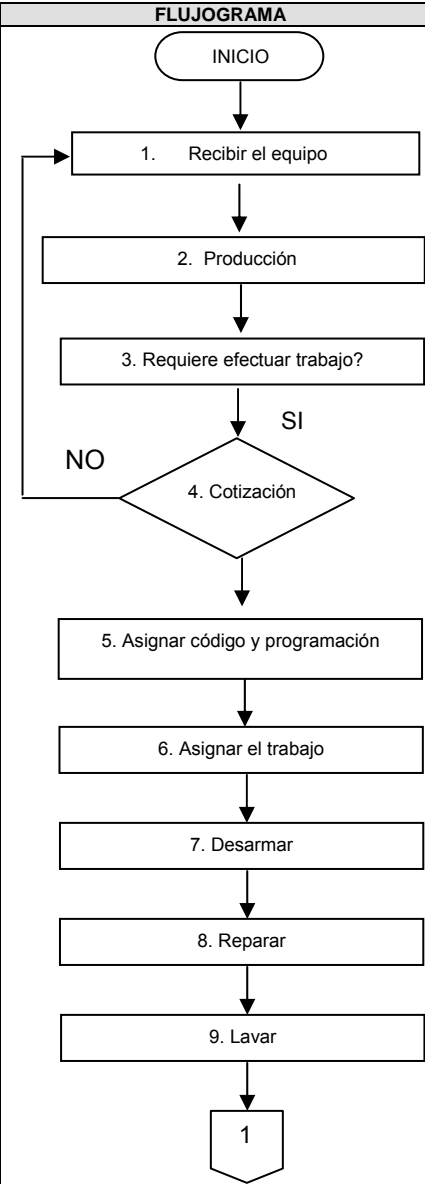
Los documentos que conformaban el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos se muestran a continuación:


- ✓ Procedimiento de Producción (ET-P-03)
- ✓ Instructivo de Pruebas Eléctricas (ET-I-03)
- ✓ Instructivo de Armado de motores eléctricos (ET-I-07)
- ✓ Bobinado y pintura de motores eléctricos trifásicos (ET-I-05)

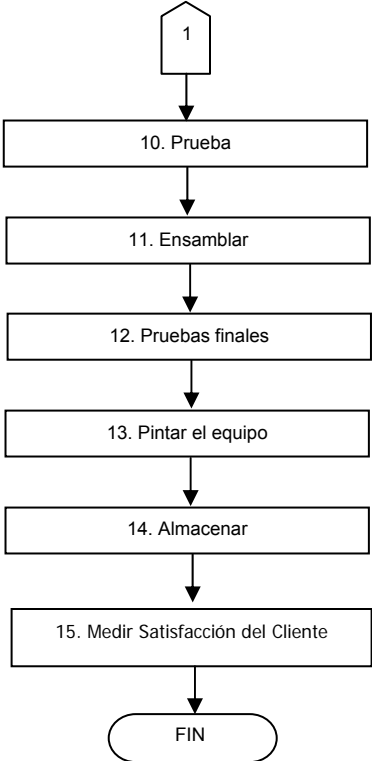
	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Aprobó: Comité de calidad
		Fecha: 20-08-08
Código: ET-P-03	<b>PRODUCCIÓN</b>	No Edición: 5
		Página: 1 de 2


**OBJETO:** Estandarizar las actividades relacionadas con el mantenimiento y reparación de equipos eléctricos de baja y media tensión.

**ALCANCE.** Aplica a los materiales, insumos y servicios que inciden en la calidad del producto final.

FLUJOGRAMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOC.
	<b>1. Recibir el equipo y registrarlo en el formato RECEPCIÓN DEL EQUIPO.</b>	Gerente Coordinador de planta Operarios	ET-R-17
	2. Diagnostico general del equipo para detectar posibles fallas.		
	3. Si requiere, se le informa al cliente el trabajo a realizar del equipo, para acordar el valor del mismo. De lo contrario se entrega el equipo al cliente.	Coordinador de planta Gerente	
	4. Se elabora la orden de trabajo para clientes informales. Para clientes formales se evidencia por medio de un contrato donde registramos el acuerdo del valor del trabajo y firmas.	Coordinador de planta Secretaria	ET-R-01
	5. Se le asigna el código interno al equipo y se programa la ejecución del trabajo, lo cual se evidencia en el registro "PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN".	Coordinador de planta	ET-R-24
	6. Registrar datos del cliente y el trabajo a ejecutar en los formatos según corresponda y asignar responsabilidad para la realización del trabajo.	Operario	ET-R-18 ET-R-19 ET-R-20 ET-R-21 ET-R-22 ET-R-23
	7. Desarme general del equipo.	Operario	ET-I-03 ET-I-07 ET-I-05
	8. Realizar el trabajo al equipo. El trabajo debe efectuarse teniendo en cuenta lo establecido en los instructivos.	Coordinador de producción Operario	
	9. Lavar totalmente el equipo y cambio de piezas defectuosas, revisiones y reparaciones mecánicas.	Operario Ayudante	

	<b>PROCEDIMIENTO</b>	Aprobó: Comité de calidad
		Fecha: 20-08-08
Código: ET-P-03	<b>PRODUCCIÓN</b>	No Edición: 5
		Página: 1 de 2

FLUJOGRAMA	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DOC.													
	10. Efectuar pruebas de aislamiento.	Coordinador de planta Operario	ET-I-03													
	11. Ensamblar el equipo.	Operario	ET-I-07													
	12. Aplicar pruebas eléctricas y de funcionamiento, para determinar la conformidad del equipo, según el instructivo PRUEBAS ELÉCTRICAS y registrar en el formato DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO, según corresponda.	Coordinador de planta Operario	ET-I-03													
	13. Se pinta el equipo.	Operario	ET-I-05													
	14. Almacenar en el lugar establecido	Operario														
	15. Medir semestralmente la satisfacción del cliente mediante el registro "Encuesta de satisfacción del cliente", realizada a los clientes que frecuentemente soliciten los servicios a la empresa durante el periodo evaluado.	Gerente														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">CRITERIO</th> <th style="text-align: center;">%</th> <th style="text-align: center;">ACCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">EXCELENTE</td> <td style="text-align: center;">100</td> <td rowspan="2">Calificación satisfactoria</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BUENO</td> <td style="text-align: center;">95</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">REGULAR</td> <td style="text-align: center;">75</td> <td rowspan="2">Calificación que Requiere mejora en forma inmediata</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MALO</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> </tbody> </table>	CRITERIO	%	ACCIÓN	EXCELENTE	100	Calificación satisfactoria	BUENO	95	REGULAR	75	Calificación que Requiere mejora en forma inmediata	MALO	25		
	CRITERIO	%	ACCIÓN													
	EXCELENTE	100	Calificación satisfactoria													
	BUENO	95														
	REGULAR	75	Calificación que Requiere mejora en forma inmediata													
	MALO	25														
	<p>Nota: El análisis de la satisfacción del cliente se debe realizar en forma global para determinar el cumplimiento de la meta del indicador "Satisfacción del cliente", y en forma individual (Por factor y por cliente) con base en los criterios anteriormente definidos.</p>															

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Aprobó: Comité de calidad
	<b>PRUEBAS ELÉCTRICAS</b>	Fecha: 20-08-08
Código: ET-I-03		No Edición: 4
		Página: 1 de 2


## 1. OBJETIVOS

Establecer procedimientos para llevar a cabo las pruebas eléctricas de los motores y equipos a reparar o realizar el mantenimiento.

## 2. ALCANCE


Aplica a todos los equipos donde se realicen las pruebas eléctricas.

## 3. RESPONSABLES

 Gerente de producción.

 Ejecutor de la labor.

 Supervisor del Taller.

 Código: ET-I-03	<b>INSTRUCTIVO</b>	Aprobó: Comité de calidad
		Fecha: 20-08-08
<b>PRUEBAS ELÉCTRICAS</b>		No Edición: 4
		Página: 2 de 2

<b>4. PRUEBAS ELÉCTRICAS</b>			
<b>PRUEBA</b>	<b>INSTRUMENTO</b>	<b>NIVEL DE ACEPTACION</b>	<b>EQUIPOS A APLICAR</b>
CONTINUIDAD ENTRE LINEAS	Texter	Activar alarma	Motores trifásicos, generadores, transformadores, equipos de soldar rotativos.
	Medidor de aislamiento (Meger).	Desplazamiento de la aguja	
	Lámpara en serie	Encendido de la bombilla	
AISLAMIENTO (Baja tensión)	Medidor de aislamiento (Meger).	*2 o más meghomios (prueba inicial para motores que requieren mantenimiento) *Más de 50 meghomios (motores bobinados)	Motores trifásicos, generadores, transformadores, equipos de soldar rotativos.
AISLAMIENTO (Media tensión)	Medidor de aislamiento (Meger )	Desplazamiento de la aguja (Marcar mínimo 1000 meghomios)	Motores trifásicos y generadores.
CORRIENTE	AMPERIMETRO	Consumir ½ ó ¾ de la corriente nominal de placa	Motores trifásicos
		Consumir 1/3 de la corriente nominal de placa	Equipos de soldar estáticos
PRUEBA HIPOT	Analizador de devanados eléctricos (Baker)	Voltaje nominal x 2 + 1000	Motores trifásicos y generadores.
PRUEBA DE SOURCE	Analizador de devanados eléctricos (Baker)	Voltaje nominal x 2 + 1000	Motores trifásicos y generadores.

 Código: ET-I-07	<b>INSTRUCTIVO</b>	Aprobó: Comité de calidad
	<b>ARMADO DE MOTORES ELÉCTRICOS</b>	Fecha: 20-08-08
No Edición: 2		
Página: 1 de 2		


## 1. OBJETIVO

Establecer las actividades a desarrollar en relación con el proceso de armado de motores eléctricos, teniendo en cuenta los factores de riesgos a que están expuestos los ejecutores de la labor.

## 2. ALCANCE


Aplica a las actividades de planificación, ejecución, control, seguimiento de armado de motores eléctricos hasta la entrega final al cliente.

## 3. RESPONSABLES

-  Gerente de producción.


-  Ejecutores de la labor.

-  Supervisor del taller.

 Código: ET-I-07	<b>INSTRUCTIVO</b>	Aprobó: Comité de calidad
	<b>ARMADO DE MOTORES ELÉCTRICOS</b>	Fecha: 20-08-08
		No Edición: 2
		Página: 2 de 2

#### **4. PASOS PARA EL ARMADO CORRECTO DE LOS MOTORES.**

1. Tapar salida de cables.
2. Bajar ranuras (Si se requiere).
3. Meguear estator no menos de 500 Meghomios.
4. Revisar eje y topes de salineras.
  - a. Instalar contratapa.
  - b. Instalar rodamientos.
5. Limpiar pestaña a tapas.
6. Limpiar pestaña a estator.
7. Limpiar conducto de grasa.
8. Verificar medidas de tapas y ejes.
9. Instalar muelle de tapa trasera.
10. Armar motor lado ventilador.
11. Armar motor lado acople.
12. Revisar juego axial.
13. Realizar pruebas de aislamiento.
14. Realizar pruebas con voltaje nominal.
15. Probar corriente entre fases.
16. Apagar el equipo.
17. Instalar ventilador.
18. Instalar acople.
19. Instalar caperuza.
20. Realizar pruebas con voltaje nominal.
21. Realizar pruebas de vibraciones.
22. Entrega de registro.

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Aprobó: Comité de calidad
	<b>BOBINADO Y PINTURA DE MOTORES</b>	Fecha: 20-08-08
Código: ET-I-05		No Edición: 3
		Página: 1 de 3




## 1. OBJETIVO


Implantar la forma adecuada para desarrollar la actividad de bobinado y pintura de motores eléctricos.

## 2. ALCANCE

Aplica cuando se requiera bobinar y pintar motores eléctricos.

## 3. RESPONSABLES


-  Gerente de Producción.
-  Ejecutores de la labor.
-  Supervisor del taller.

 Código: ET-I-05	<b>INSTRUCTIVO</b>	Aprobó: Comité de calidad
	<b>BOBINADO Y PINTURA DE MOTORES</b>	Fecha: 20-08-08
		No Edición: 3
		Página: 2 de 3

## 4. CONTENIDO

### 4.1 BOBINADO

1. Tomar datos de conexión del motor.
2. Determinar los parámetros eléctricos del bobinado como (largo de cabeza, hierro, bobina, toma número de grupos y bobinas por grupos, paso de bobinas, espiras de grupo, número de hilos, numero de calibre y peso de alambre.
3. Extraer el alambre y hacer limpieza general al estator o al núcleo.
4. Pintar el estator.
5. Cortar e insertar el material aislante para el equipo que se va a reparar (ranuras).
6. Se determina la matriz de la bobina.
7. Elaborar las bobinas según muestras.
8. Se realiza montaje de las bobinas e insertacion del material aislante del cierre de las ranuras.
9. Tomar medidas cortar e insertar el material aislante de las cabezas de la bobina.
10. Amarrar las cabezas de la bobina del lado posterior de la conexión.
11. Realizar conexión de bobinas (Insertar espagueti, soldar punto de conexión y aislar punto de conexión).
12. Amarrar la conexión con la cabeza de la bobina.
13. Asentar las cuñas de cierre.
14. Realizar pruebas de aislamiento.
15. Realizar barnizado del devanado.
16. Secar a temperatura ambiente.

	<b>INSTRUCTIVO</b>	Aprobó: Comité de calidad
	<b>BOBINADO Y PINTURA DE MOTORES</b>	Fecha: 20-08-08
No Edición: 3		
Página: 3 de 3		
Código: ET-I-05		

17. Armar el equipo.

18. Realizar pruebas finales (aislamiento y corriente).

#### **4.2. PROCESO DE PINTURA DE MOTORES ELÉCTRICOS**

- ✓ Lavado en general y todas sus piezas con desengrasante dieléctrico SS-26 (Biodegradable).
- ✓ Se ingresa a pintura (se aplica de color verde maquina o el color que el cliente sugiera).

**2.2.2 Formatos.** Los formatos usados para el desarrollo del proceso fueron diseñados desde el inicio de la documentación del proceso y aunque han sido modificados en el transcurso del tiempo, aún tenían muchas falencias. A continuación se mencionan algunos hallazgos:

- ✓ Formatos en uso sin debida identificación numérica.
  
- ✓ Información primordial incompleta tales como: Número de inventario del cliente, código interno del equipo. Esta información no era incluida en todos los formatos empleados para la reparación y/o mantenimiento de un mismo motor, por lo cual la se afectaba la trazabilidad del equipo.
  
- ✓ No existía un criterio que identificara los formatos empleados en el recorrido del equipo para comprobar su trazabilidad.
  
- ✓ Información solicitada que no aportaba nada al proceso, por lo cual la mayoría de las veces no se llenaba.
  
- ✓ Información de características del equipo incompleta.
  
- ✓ No incluía explícitamente un lugar para las observaciones y requerimientos del cliente cuando hacía entrega del equipo para su reparación. Cuando se presentaban, eran escritas de manera informal en los formatos y por esta razón alguna veces no se tenían en cuenta.
  
- ✓ Uso de palabras no técnicas para referenciar partes del motor eléctrico.
  
- ✓ Manejo poco funcional y claro de los espacios.
- ✓ Los formatos que requerían algún chequeo al equipo, no contenían un criterio claro de evaluación, por lo cual la realización era poco objetiva y clara.

- ✓ Los formatos contenían información que no era usada.
- ✓ El tiempo total empleado para la reparación y/o mantenimiento del equipo no es plenamente identificado en los documentos de entrega.
- ✓ La información no se mostraba conforme a los procedimientos realizados. En el caso de los formatos empleados para registro de pruebas, éstas eran registradas de manera desordenada, lo que no permitía una clara identificación de la etapa dentro de su reparación en la que se encontraba cada equipo.

**2.2.3 Manejo de la información.** Toda la información resultante de la intervención realizada a cada equipo, es archivada en carpetas porque es llevada manualmente.

Las consultas deben hacerse directamente sobre estos documentos escritos, convirtiéndose en un método poco ágil y que no aporta mejoras al sistema, ya que el análisis que puede realizarse es muy restringido y dispendioso. Además se notan las siguientes falencias:

- ✓ Dificultad para la programación de la producción.
- ✓ No es posible entregar datos de manera rápida a los clientes sobre las intervenciones realizadas a un mismo equipo.
- ✓ No existe hoja de vida de los equipos reparados.
- ✓ La trazabilidad de los equipos no es fácilmente identificable.
- ✓ No se genera información útil para tomar decisiones.

✓ Tiempos no productivos altos, porque los trabajadores deben escribir en varios formatos la misma información. Esto también puede inducir errores en el traslado de información de un formato a otro.

✓ No permite proponer cambios en las actividades que se realizan, para obtener más eficiencia en los procesos y mayor productividad.

### **2.3 DISEÑO DE MANUAL TÉCNICO PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.**

El diseño del manual técnico fue estructurado con base en las etapas del motor eléctrico durante su mantenimiento y/o reparación, teniendo en cuenta las normas técnicas que aplican en cada una de ellas y dando cumplimiento a la norma ISO 9001 que describe los requisitos para el sistema de gestión de la calidad de la empresa.

**2.3.1 Requisitos de la norma ISO 9001.** Existen varios puntos de la norma ISO 9001:2000 que tuvieron especial incidencia en el diseño del manual técnico para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos. A continuación se describen los puntos más importantes:

✓ “La alta dirección debe asegurarse de que los requisitos del cliente se determinan y se cumplen con el propósito de aumentar la satisfacción del cliente” (numeral 5.2 Enfoque al cliente).

✓ “La organización debe planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto”; “Durante la planificación de la realización del producto, la organización debe determinar cuando sea apropiado: las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, inspección y ensayo/prueba específicas para el producto así como los criterios para la

aceptación del mismo; los registros que sean necesarios para proporcionar evidencia de que los procesos de realización y el producto resultante cumplen los requisitos. El resultado de esta planificación debe presentarse de forma adecuada para la metodología de operación de la organización” (numeral 7.1 Planificación de la realización del producto).

✓ “La organización debe determinar: los requisitos especificados por el cliente” (numeral 7.2.1 Determinación de los requisitos relacionados con el producto).

✓ “La organización debe planificar y llevar a cabo la producción y la prestación del servicio bajo condiciones controladas. Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable: la disponibilidad de instrucciones de trabajo, cuando sea necesario” (numeral 7.5.1 Control de la producción y de la prestación del servicio).

✓ “Cuando sea apropiado, la organización debe identificar el producto por medios adecuados, a través de toda la realización del producto” (numeral 7.5.3 Identificación y trazabilidad).

**2.3.2 Presentación de la información del manual técnico.** Para la elaboración del manual técnico, se muestra la ruta de la orden de trabajo en 10 actividades principales que describen todas las etapas por las que pasa el motor eléctrico durante el proceso de mantenimiento y reparación. Estas actividades son:

- ✓ Recepción del equipo.
- ✓ Determinación del estado del motor.
- ✓ Aprobación del cliente.
- ✓ Mantenimiento y reparación mecánica.

- ✓ Mantenimiento y reparación eléctrica.
- ✓ Barnizado.
- ✓ Armado del motor.
- ✓ Pruebas finales.
- ✓ Pintura.
- ✓ Entrega de producto terminado.

Cada actividad contiene toda la información que debe tenerse en cuenta, tales como: nombre de la actividad, objeto de la actividad, quienes participan (se mencionan los cargos), las referencias correspondientes como normas técnicas o manuales que se aplican en la actividad, procedimiento para realizar la actividad, criterios de aprobación y conclusiones. Todas las actividades se presentan de la misma manera, con el fin de facilitar su comprensión.

La presentación de las actividades de muestra en la tabla 2.

El manual incluye además, los formatos empleados para registrar la información respectiva de datos tomados, pruebas realizadas y resultados para la determinación de conformidad de los trabajos ejecutados. Éstos son referenciados en cada una de las actividades conforme a su debido uso y son presentados en su totalidad como anexo del manual técnico. Cabe anotar que los formatos fueron ajustados para cada una de las etapas mencionadas, teniendo en cuenta las falencias descritas anteriormente en el numeral 2.2.2 Formatos, e identificando las necesidades reales y sus soluciones, de manera que se adaptaran al manual diseñado.

Tabla 2. Presentación de las actividades en el manual técnico.

<b>ACTIVIDAD</b>	
<b>OBJETO</b>	
<b>PARTICIPANTES</b>	
<b>REFERENCIA</b>	
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	
<b>CONCLUSIONES</b>	

**2.3.3 Requisitos.** Los requisitos para la elaboración del manual técnico, provienen del personal que participa directamente en las actividades (equipo de trabajo) y las especificaciones dadas por los clientes.

El actual equipo de trabajo está conformado por personas con diferentes especialidades, que aportan su conocimiento y experiencia en cada una de las etapas en las que intervienen.

En la tabla 3, se muestran las personas que lo integran y sus respectivos cargos, las cuales fueron entrevistadas en varias ocasiones para la realización de este manual.

Otro de los aspectos importantes que fueron tenidos en cuenta en el manual técnico, son las especificaciones de los clientes que se encuentran incluidas en los objetos de los contratos y procedimientos de los clientes para la aceptación de los servicios prestados por sus contratistas.

Tabla 3. Trabajadores del proceso de mantenimiento.

No.	NOMBRE	CARGO
1	Luz Eugenia Bautista de Gómez	Gerente
2	Raymundo Gómez	Gerente de producción
3	Julio Cenlinz	Coordinador de planta
4	David Gómez	Supervisor de taller
5	Ferney Rancel	Operador de máquina herramienta
6	Luis Romero	Técnico electricista
7	José Lozano	Técnico electricista
8	Jason Sierra	Técnico electricista
9	Sergio Gómez	Técnico electricista
10	Luis Edgardo Morón	Auxiliar de mantenimiento
11	Santiago Peñaloza	Conductor

Sin embargo, en los contratos y procedimientos de los clientes no se mencionan todas las normas técnicas que deben ser aplicadas, por esta razón, deben seleccionarse de manera adecuada para su respectiva aplicación.

Existe gran variedad de normas técnicas que pueden aplicarse al proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos en general, no obstante, fueron seleccionadas conforme al proceso realizado en Electrotécnicos Ltda., de acuerdo a los equipos disponibles, tipo de motores reparados y trabajos que se hacen; como fruto de la investigación hecha en este trabajo de grado y confirmadas mediante las entrevistas y consultas realizadas a los interventores de los contratos de la empresa, principalmente, los

interventores de ECOPETROL. Las normas empleadas se listan en la tabla 4.

Tabla 4. Normas aplicadas en el manual técnico.

ORGANIZACIÓN	NORMA
<b>IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ IEEE 432-1992, Guide for insulation maintenance for rotating electrical machinery.</li> <li>✓ IEEE 112-1996, Standard test procedure for polyphase induction motors and generators.</li> <li>✓ IEEE 43-2000, Recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery.</li> </ul>
<b>ISO. International Organization of Standardization.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ISO 286, System of limits and fits.</li> <li>✓ ISO 10816-1. Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.</li> </ul>
<b>ANSI. American National Standards Institute. EASA. Electrical Apparatus Service Association.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ANSI/EASA AR100-2001, Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus.</li> </ul>
<b>NEMA. National Electrical Manufacturers Association.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ NEMA Standards MG 1-1998, Motors and generators.</li> </ul>
<b>IEC. International Electrotechnical Commission.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ IEC Standard publication 60034-8, Rotating electrical machines.</li> </ul>
<b>SSPC. Steel Structures Painting Council.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SSPC SP Surface preparation specifications (SP1, SP2).</li> <li>✓ SSPC PA1 Shop, field and maintenance painting of steel.</li> </ul>

Adicionalmente se tuvo en cuenta la información proveniente de los siguientes documentos:

- ✓ Catálogo general SKF.
- ✓ Manual de motores WEG.
- ✓ Manual de motores SIEMENS.

**2.3.4 Actividades.** El manual técnico contiene 10 actividades principales que conforman el proceso de mantenimiento y reparación de motores

eléctricos. A continuación se presenta en cada actividad, las normas que fueron tenidas en cuenta para la realización del manual técnico.

✓ **Recepción del equipo.** Esta actividad no tiene normativa aplicable. Su descripción fue realizada teniendo en cuenta los aspectos a considerar para recibir un equipo como: verificación de existencia de partes y su estado, observaciones y diagnóstico preliminar del cliente. Además durante esta actividad se registran los datos técnicos del motor eléctrico y datos del cliente para iniciar la identificación del equipo.

✓ **Determinación del estado del motor.** Para determinar el estado del motor es indispensable efectuar un desmontaje parcial, hacer una inspección visual y realizar las pruebas: Resistencia de aislamiento, índice de polarización y continuidad.

Las normas aplicadas contienen los parámetros para realizar las pruebas como aplicación de voltajes, selección de los mismos de acuerdo al equipo a evaluar, tiempo de aplicación y los criterios que indican el estado, además brindan una guía para hacer una correcta inspección.

- ANSI/EASA AR100-2001, Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus.
- IEEE 432-1992, Guide for insulation maintenance for rotating electrical machinery.
- IEEE 43-2000, Recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery.
- IEEE 112-1996, Standard test procedure for polyphase induction motors and generators.

Conforme en los resultados obtenidos se toma la decisión de los trabajos requeridos para el mantenimiento y reparación de los motores eléctricos.

✓ **Aprobación del cliente.** Los criterios para obtener la aprobación del cliente son de tipo comercial, los cuales se incluyen en esta actividad mediante el manejo de formatos, cuando se requiera, que permitan informar al cliente el estado del equipo, la intervención requerida y el costo de los servicios. Así mismo el manejo de formatos para recibir dicha aprobación de manera que se evidencie.

✓ **Mantenimiento y reparación mecánica.** La intervención mecánica al equipo se determina mediante actividades de inspección y medición. Las mediciones realizadas a las diferentes partes deben ser comparadas con los valores recomendados en las normas. Las características más importantes descritas en las normas son: tolerancias y ajustes del eje (en toda su longitud y especialmente zona de rodamientos), tolerancias de alojamientos de rodamientos, chequeo de run-out, tolerancias de chaveteros, montaje de rodamientos, lubricación, concentricidad de las partes, entre otros.

Cuando las partes mencionadas no cumplen las dimensiones requeridas, éstas deben ser reparadas o reconstruidas para garantizar un correcto funcionamiento del equipo.

Los criterios para esta actividad fueron extraídos de las siguientes normas y documentos:

- Catalogo general SKF.
- Manual Motores SIEMENS.
- Manual Motores WEG.
- ISO 286, System or limits and fits.

- ANSI/EASA AR100-2001, Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus.
- NEMA Standards MG 1-1998, Motors and generators.
- IEC Standard publication 60034-8, Rotating electrical machines.

✓ **Mantenimiento y reparación eléctrica.** Las normas técnicas afirman que las características de los bobinados de motores eléctricos deben conservarse tal como el equipo original. Así mismo los materiales empleados como, alambre conductor, material aislante, cable de líneas de alimentación, tubo flexible, cordel de amarre, terminales, deben ser reemplazados por los que contiene el equipo original. La descripción y los parámetros que deben tenerse en cuenta durante la reparación están contemplados en las siguientes normas y documentos:

- IEEE 432-1992, Guide for insulation maintenance for rotating electrical machinery.
- IEEE 112-1996, Standard test procedure for polyphase induction motors and generators.
- IEEE 43-2000, Recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery.
- ANSI/EASA AR100-2001, Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus.
- NEMA Standards MG 1-1998, Motors and generators.
- IEC Standard publication 60034-8, Rotating electrical machines.
- Manual de motores WEG.
- Manual de motores SIEMENS.

Estas normas también son empleadas para realizar las pruebas de verificación del bobinado una vez reparado o fabricado, las cuales son las

mismas pruebas realizadas para determinar el estado del motor y adicionalmente las pruebas Hi-pot y Surge.

✓ **Barnizado.** La norma ANSI/EASA AR100-2001, Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus, afirma que el bobinado debe ser curado usando un material con buenas propiedades térmicas, teniendo en cuenta las condiciones de operación del equipo. El método de aplicación depende del material seleccionado, el cual se encuentra descrito en la ficha técnica del producto.

✓ **Armado del motor.** El montaje debe realizarse una vez se hayan reparado las partes y verificado las condiciones de concentricidad para garantizar el eje geométrico del equipo y evitar daños provocados por vibraciones.

✓ **Pruebas Finales.** Las pruebas que se realizan para verificar la conformidad del equipo una vez reparado y armado están descritas en las normas:

- ANSI/EASA AR100-2001, Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus.
- IEEE 432-1992, Guide for insulation maintenance for rotating electrical machinery.
- IEEE 43-2000, Recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery.
- IEEE 112-1996, Standard test procedure for polyphase induction motors and generators.

Estas pruebas son las mismas realizadas para determinar el estado del motor antes de iniciar la reparación (2.3.2). Adicionalmente se realiza el

análisis de vibraciones aplicando los principios y límites establecidos en la norma ISO 10816-1. Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.

✓ **Pintura.** Antes de hacer la aplicación de la pintura, la superficie debe ser preparada para garantizar durabilidad de la pintura y protección de la superficie del equipo contra agentes externos. Las normas: SSPC SP Surface preparation specifications (SP1, SP2) y SSPC PA1 Shop, field and maintenance painting of steel, contienen recomendaciones y especificaciones para hacer una correcta preparación de superficies y aplicación de la pintura. Así mismo, la aplicación de la pintura está determinada por las recomendaciones del fabricante del producto seleccionado para tal fin, las cuales están descritas en la ficha técnica del producto.

✓ **Entrega de producto terminado.** La entrega del equipo debe ser realizada de acuerdo al formato diseñado para tal fin, en donde están contemplados los últimos chequeos que deben realizarse para verificar el buen estado del equipo y hacer entrega de un producto conforme al cliente.

No se aplicó una norma específica para la entrega del producto, porque cuando se ha llegado a esta etapa, ya han sido revisada todas las características del equipo y confrontadas con los límites establecidos en las normas.

El manual técnico diseñado permite realizar el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, basado en los criterios técnicos adecuados y cumpliendo los requisitos del cliente. De esta manera se puede hacer entrega de un equipo en óptimas condiciones de funcionamiento.

## 2.4 DISEÑO DEL PLAN DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

El diseño del plan se hizo conforme al funcionamiento del proceso, reflejado en el manual técnico implementado, superando los siguientes pasos:

- ✓ Evaluación de los datos requeridos para el plan de gestión de mantenimiento, conforme a las 10 etapas del proceso. Estos datos hacen referencia a: datos de la empresa, datos del cliente, datos del equipo, datos de pruebas realizadas y resultados obtenidos, entre otros.
  
- ✓ Elaboración de un esquema para visualizar el orden en el que se obtienen los datos durante el proceso e identificación de los requerimientos del plan de gestión. Para esto, se tomaron como base los formatos empleados durante el recorrido del motor eléctrico, los cuales hacen parte del anexo del manual técnico para el proceso.
  
- ✓ Estructuración del plan de gestión en tablas, formularios, consultas e informes, para el manejo de la información del proceso.
  
- ✓ Diseño de las tablas requeridas para el plan de gestión. Conforme a los datos requeridos, se diseñaron las siguientes tablas:
  - Tabla Empresa. Contiene toda la información de la empresa como nombre, teléfonos, dirección, nit, correo electrónico y logotipo.
  - Tabla Datos de formularios. Incluye los datos usados para los formatos de los formularios (presentación en el sistema), tales como: logotipo de la empresa, teléfono, dirección, nombre del formulario, código del documento, fecha de aprobación, número de edición y número de páginas.
  - Tabla Clientes, que a su vez está conformada por las tablas auxiliares: Clientes formales, Clientes particulares, Contactos, Contratos por cliente. La tabla contiene toda la información respecto a los clientes, la cual es

usada de manera permanente. Los datos son: nombre, nit, teléfono, dirección, tipo de cliente, contactos, teléfonos, radio y correo electrónico de los contactos, contratos vigentes, entre otros.

- Tabla Equipos reparados por cliente. Esta tabla incluye todos los datos recopilados para un equipo durante su intervención, como datos de placa del motor, código interno, etc..
- Tabla trabajadores. Incluye todos los datos de los trabajadores de la empresa, tales como: nombre, dirección, teléfono, radio, etc.

✓ Diseño de los formularios. El diseño de los formatos que hacen parte del anexo del manual técnico, fueron empleados para la conformación de los formularios, en los cuales se presentará la información. Cada formulario incluye la información descrita en las tablas anteriores y las tablas auxiliares que forman parte propiamente del formulario.

Los formularios empleados son:

- Formulario Recepción del equipo.
- Formulario Datos técnicos del motor eléctrico trifásico.
- Formulario Cotización.
- Formulario Orden de trabajo.
- Formulario Programación de producción.
- Formulario Protocolo de pruebas eléctricas a motores eléctricos trifásicos.
- Formulario Lista de verificación para salida de equipos.

Las tablas que hacen parte de los formularios, son empleadas cada vez que se requiera y sea solicitada por otros formularios, con el fin de no registrar varias veces la misma información.

Estos formularios son la presentación principal del plan de gestión y serán el medio de interacción de quien registra la información y el sistema.

✓ Diseño de consultas que podrán realizarse mediante el manejo sistematizado de la información y que aportarán información importante para mejorar la atención a los clientes, tomar decisiones acertadas, en el momento adecuado, basados en datos y hechos reales.

- Trazabilidad del equipo. El recorrido del equipo durante su proceso de mantenimiento y/o reparación es importante para la gestión y optimización del mismo. Mediante la consulta de “Trazabilidad del equipo” será posible ver todos los formularios relacionados con la reparación del equipo, datos, pruebas, etc.
- Hoja de vida del equipo. Mediante esta consulta se podrá revisar en cualquier momento, todas las características de un equipo.
- Trabajos realizados por equipo. En esta consulta se mostrarán todos los trabajos realizados al equipo. Además con el número de “Recepción del equipo” se podrá obtener información detallada del recorrido del equipo en la consulta “Trazabilidad del equipo”.
- Cotizaciones realizadas. Esta consulta listará todas las cotizaciones realizadas en la empresa, además se podrá filtrar para mejorar la información y obtener las cotizaciones presentadas por cliente y las cotizaciones finalizadas, es decir, las que se llevaron a cabo y de esta manera evaluar la eficacia de la gestión.

✓ Mediante el plan de gestión, también podrá organizarse toda la información, de manera que se puedan obtener informes, ya sea mensuales,

semanales, o como lo estime necesario el personal de la empresa. Los principales informes que se podrán presentar son:

- Equipos reparados por mes.
- Equipo reparados por mes para cada cliente.
- Tiempo promedio de reparación por equipo. Es el tiempo comprendido entre la fecha de ingreso y fecha de entrega del equipo.
- Reporte de actividades por mes, es decir cuántos requirieron reparación mecánica, bobinados, cambio de rodamientos, conforme a actividades de tabla "Procesos"; entre otros.

## CONCLUSIONES

- ✓ Se diseñó un manual técnico para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos de Electrotécnicos Ltda., incluyendo el conocimiento y experiencia del personal que participa, las normas técnicas que rigen las actividades del proceso, los requisitos del cliente contemplados en los contratos y solicitados explícitamente en sus interventorías y procedimientos.
  
- ✓ El manual diseñado es un aporte para el sistema de gestión de la calidad, ya que cumple los requisitos de la norma ISO 9001.
  
- ✓ Este documento será de especial ayuda para las inducciones al personal que ingresa al proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, además será una referencia de consulta permanente, lo que permitirá al nuevo trabajador desempeñarse con mayor seguridad.
  
- ✓ El documento producto de este trabajo de grado, queda a disposición de la empresa para que sea un modelo para los demás productos que se manejan y de esta forma se fortalezcan sus procesos de producción y puedan ofrecerlos a sus clientes con mayor confiabilidad.
  
- ✓ El manual técnico fue diseñado para el tipo de motores que se manejan actualmente, sin embargo, si la empresa decide aumentar su portafolio de servicios incluyendo otros tipos de motores, este documento podrá ser ajustado para incluir las actividades adicionales que se requieran.
  
- ✓ El manual técnico, los formatos modificados y el plan de gestión para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, contribuirán

para que la empresa opere de una forma más confiable, enfocada hacia el aseguramiento de la calidad de sus procesos y el aumento de la satisfacción de sus clientes.

## RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de este trabajo de grado, pudieron detectarse algunas falencias del proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, sin embargo, estas pueden mejorarse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ La distribución de planta no es la más apropiada, ya que el equipo en reparación no sigue una ruta continua. Se recomienda usar una distribución de planta para que el equipo pase de una estación a la siguiente de una manera ordenada. Un modelo en “U”, podría ser muy apropiado teniendo en cuenta la ruta de los equipos y las dimensiones del taller. Esto disminuiría los tiempos secundarios empleados para el movimiento de los equipos y la posibilidad de accidentes por el tránsito permanente de los mismos.
  
- ✓ La calibración de los instrumentos empleados para la medición y pruebas de los motores eléctricos, es muy importante para asegurar la calidad de los servicios prestados. Por esta razón, se recomienda hacer un instructivo en donde se designen las frecuencias de calibración establecidas para cada instrumento y se registre cómo solicitar dichas calibraciones, con cuánto tiempo de anticipación hacerlo y a quién acudir, entre otros datos. Este instructivo debe contener además, los pasos a seguir para realizar la revisión de los instrumentos antes de ser usados, como lo recomiendan los fabricantes de dichos equipos y cuya información está contenida generalmente en las fichas técnicas.

Adicionalmente se recomienda incluir en la identificación de los instrumentos, la fecha de la última calibración y la próxima que debe realizarse, conforme a las frecuencias establecidas, para que este dato sea visto de manera

permanente por las personas que los usan y de esta manera se asegure que no se usarán instrumentos descalibrados.

✓ Los clientes formales han sido codificados de acuerdo al orden en que son incluidos en la empresa, sin embargo existen algunos clientes con códigos: 0.1, 0.2, 0.3, ..., 0.9 por lo cual se recomienda usar un criterio definido para esta codificación, como por ejemplo números enteros positivos, según corresponda al orden de llegada.

✓ El manual técnico diseñado puede servir como guía, para que se realice un documento técnico para los otros productos que se ofrecen en la empresa, tales como equipos de soldadura, transformadores y generadores.

## **BIBLIOGRAFÍA**

GARCÍA, Alfonso. Vibraciones mecánicas. 1995

GROOVER, Mikell. Fundamentos de manufactura moderna. México: Mc Graw Hill, 2001.

ICONTEC. NTC-ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario. 2002.

ICONTEC. NTC-ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. 2002.

SIEMENS. Manual de motores eléctricos.

SKF. Catálogo general. Suecia, 2008.

SKF. SKF Bearing Maintenance Handbook. Suecia, 1996.

VOEHL, Frank y JACKSON, Peter. ISO 9000 Guía de instrumentación para pequeñas y medianas empresas. México: Mc Graw Hill, 1997.

WEG. Manual de instalación y mantenimiento de motores eléctricos.

WILKINSON, Kart. Rewinding and repair of electric motors.

# **ANEXOS**

**ANEXO A. MANUAL TÉCNICO PARA EL PROCESO DE  
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE  
ELECTROTÉCNICOS LTDA.**



**MANUAL TÉCNICO PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y  
REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS**

**CÓDIGO ET-M-01**

<b>Versión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Elaborado</b>	<b>Aprobado</b>	<b>Fecha</b>
1	Documento inicial	Mónica Ortiz Quintero	Comité de Calidad	25-09-09

**APROBADO:\_\_\_\_\_**

## **OBJETIVOS**

- ✓ Establecer una guía técnica, práctica y confiable para realizar las actividades requeridas para mantener y reparar un motor eléctrico.
  
- ✓ Garantizar que los procesos de mantenimiento se realicen conforme con los requisitos especificados por las normas técnicas que aplican.
  
- ✓ Garantizar que los equipos se intervengan sin afectar sus características de calidad.
  
- ✓ Documentar el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos e iniciar la estandarización del mismo.
  
- ✓ Aportar el soporte técnico requerido para realizar las operaciones, brindando de esta manera alta confiabilidad a los clientes.
  
- ✓ Disponer de un documento técnico que sirva de soporte para realizar la inducción del personal que ingresa a la empresa al proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos.

## **ALCANCE**

Este manual técnico aplica para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos trifásicos de baja y media tensión desde la recepción del equipo hasta la entrega al cliente.

## **REFERENCIAS**

### **IEEE. Institute of Electrical and Electronics Engineers.**

IEEE 43-2000, Recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery.

IEEE 432-1992, Guide for insulation maintenance for rotating electrical machinery.

IEEE 112-1996, Standard test procedure for polyphase induction motors and generators.

### **ISO. International Organization of Standardization.**

ISO 286, System of limits and fits.

ISO 10816-1. Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts.

ISO 9001-2000. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos.

### **ANSI. American National Standards Institute.**

#### **EASA. Electrical Apparatus Service Association.**

ANSI/EASA AR100-2001, Recommended practice for the repair of rotating electrical apparatus.

### **NEMA. Nacional Electrical Manufacturers Association.**

NEMA Standards MG 1-1998, Motors and generators.

### **IEC. Internacional Electrotechnical Comisión.**

IEC Standard publication 60034-8, Rotating electrical machines.

### **SSPC. Steel Structures Painting Council.**

SSPC SP Surface preparation specifications (SP1, SP2).

SSPC PA1 Shop, field and maintenance painting of steel.

Catálogo general SKF.

Manual de motores WEG.

Manual de motores SIEMENS.

## **RESPONSABILIDADES**

Las actividades son realizadas por el equipo de trabajo seleccionado conforme a “RH-G-01 Guía para selección y contratación de personal” y los requerimientos de educación, formación, experiencia y habilidades, descritos en “RH-M-01 Manual de funciones y responsabilidades”, documentos que hacen parte del sistema de gestión de calidad - Proceso recurso humano.

El equipo de trabajo está conformado por los siguientes cargos:

- ✓ Gerente de Producción
- ✓ Coordinador de Planta
- ✓ Supervisor de Taller
- ✓ Operador de máquina herramienta
- ✓ Técnico Electricista
- ✓ Auxiliar de mantenimiento
- ✓ Conductor

## **FORMATOS** (Ver anexo)

Formato 1 ET-R-17 Recepción del Equipo

Formato 2 ET-R-16 Tarjeta de Identificación

Formato 3 ET-R-18 Datos Técnicos motor eléctrico trifásico

Formato 4 ET-R-02 Cotización

Formato 5 ET-R-01 Orden de Trabajo

Formato 6 ET-R-24 Programación de producción

Formato 7 ET-R-26 Protocolo de pruebas eléctrica a motores eléctricos trifásicos

Formato 8 ET-R-46 Lista de Verificación para salida de Equipos

**FICHAS TÉCNICAS** (Ver información en página del fabricante)

Ficha técnica 1. Grasa LGHP2. SKF

Ficha técnica 2. Solvente Industrial Dieléctrico SS-26. Provinas.

Ficha técnica 3. Alambre Magneto. Condumex cables.

Ficha técnica 4. Fibras aislante. Royal Diamond.

Ficha técnica 5. Cable para líneas de alimentación.

Ficha técnica 6. Tubo aislante flexible. Royal Diamond.

Ficha técnica 7. Cordel de plano. Royal Diamond.

Ficha técnica 8. Terminales.

Ficha técnica 9. Barniz dieléctrico. Royal Diamond.

Ficha técnica 10. Esmalte Pintulux. Pintuco

Ficha técnica 11. Anticorrosivo. Pintuco

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>1. RECEPCIÓN DEL EQUIPO</b>		
<b>OBJETO</b>	Describir los requisitos para realizar la recepción del equipo del cliente. Iniciar la identificación del equipo en las instalaciones de la empresa.		
<b>PARTICIPANTES</b>	Conductor, Supervisor de Taller, Coordinador de Planta y Gerente de Producción.		
<b>REFERENCIA</b>	No aplica.		
<b>PROCEDIMIENTO</b>			
<p>Los motores son recibidos por el personal de la empresa, algunas veces en las instalaciones del cliente y otras veces el cliente lo lleva personalmente a la empresa.</p> <p>La persona que recibe el equipo realiza un chequeo ó inspección visual. Además, registra en el formato “ET-R-17 RECEPCIÓN DEL EQUIPO” las observaciones realizadas directamente por el cliente, ya sea un diagnóstico preliminar o algunas recomendaciones. También se registran los datos del cliente y los datos del equipo. Ver Formato 1.</p> <p>hi</p> <p>En el formato “ET-R-17 RECEPCIÓN DEL EQUIPO” se escribe el número de inventario del equipo y/o el número de identificación asignado por la empresa en mantenimientos o reparaciones anteriores, si existe. Sin embargo, una vez ingresa el equipo a la empresa, si éste no ha sido identificado, se identificará con un código interno, empleando la siguiente configuración:</p> <p style="text-align: center;">X - Y</p> <p>donde:</p> <p>X      Corresponde a un código asignado por Electrotécnicos Ltda. al cliente, tal como se muestra en la Tabla 1.</p> <p>Y      Corresponde al consecutivo de equipo reparado para cada cliente.</p> <p>Ejemplo, el equipo 1-354, equivale al equipo reparado 354 del cliente ECOPETROL Refinería.</p>			
<b>CÓDIGO</b>	<b>EMPRESA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>EMPRESA</b>

1	ECOPETROL Refinería	16	Consacol Hanover
2	Palmas las Brisas	17	Palmas Monterrey
3	Palmas Bucarelia	18	Ecopetrol Cantagallo
4	Oleoducto Ayacucho	19	Arrocera Villacruces
5	Oleoductos Vasconia	20	Palmeras de Puerto Wilches
6	Indupalmas	0.0.0	Particulares
7	Edasaba	0.1	Mansarovar Energy de Colombia
8	Oleoductos Barrancabermeja	0.2	Ecopetrol el Centro
9	Campo Teca	0.3	Asohuelos
10	Inelectra	0.4	Ecopetrol Casabe
11	Merielectrica	0.5	Ecopetrol Palaguas
12	ECOPETROL Sabana	0.6	Termobarranca
13	Maderas Sander	0.7	Cafaba
14	Seguro Social	0.8	La Sierra
15	Dinasfaltos	0.9	Fertilizantes

**Tabla 2. Lista de clientes.**

El número de identificación interno otorgado por Electrotécnicos Ltda. es consignado en el formato “ET-R-16 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN”, ver Formato 2. Esta tarjeta es pegada a cada equipo y lo acompañará durante todo el proceso de mantenimiento y reparación, hasta su respectiva entrega, con el fin de evitar pérdidas del mismo y para hacer su respectivo seguimiento y trazabilidad. Así mismo, el motor es marcado en la carcasa con el número de identificación interna asignado, empleando un troquel o punzón.

El uso de la tarjeta de identificación es muy importante ya que durante el proceso de mantenimiento el equipo se alojará en un recipiente junto con todas las piezas y su correspondiente tarjeta de identificación.

<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	Equipo marcado con su respectivo número de identificación interna.
--------------------------------	--

<b>CONCLUSIONES</b>	<p>Teniendo en cuenta el procedimiento para realizar la recepción del equipo, éste queda debidamente identificado, además se registran todos los datos de placa y las recomendaciones hechas por el cliente para que sean tenidas en cuenta durante su mantenimiento y/o reparación.</p> <p>Se generan los registros: "ET-R-17 RECEPCIÓN DEL EQUIPO" y "ET-R-16 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN"</p>
---------------------	--

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2. DETERMINACIÓN DEL ESTADO DEL MOTOR</b>
<b>OBJETO</b>	Realizar diferentes pruebas para indicar el estado del motor y así mismo determinar las actividades de mantenimiento y/o reparación necesarias para su óptima operación.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de taller, Coordinador de Planta, Gerente de Producción.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001, IEEE 432-1992, IEEE 43-2000, IEEE 112-1996.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
2.1. DESMONTAJE	
2.2. PRUEBAS PARA DETERMINAR EL ESTADO DEL MOTOR ELÉCTRICO	
2.2.1 Inspección	
2.2.2 Prueba de Resistencia de aislamiento	
2.2.3 Prueba de índice de polarización	
2.2.4 Prueba de continuidad	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica
<b>CONCLUSIONES</b>	Los datos obtenidos en las pruebas son registrados en el formato "ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO". De acuerdo a los hallazgos, se hace el diagnóstico del motor y se determinan los procesos que se requieren. También se consignan los datos indicados en el formato "ET-R-17 RECEPCIÓN DEL EQUIPO", tales como cliente, identificación del motor, fecha de ingreso, datos del motor, entre otros. Conociendo el estado del motor es posible informar al cliente las actividades necesarias para efectuar la reparación del mismo.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2.1 DESMONTAJE</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las actividades necesarias para realizar un desmontaje parcial del motor, con el fin de tenerlo disponible para practicarle las pruebas que permitan determinar su estado de funcionamiento.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista.
<b>REFERENCIA</b>	No aplica.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificar que el motor eléctrico se encuentra desconectado de la red de alimentación.</li> <li>✓ Quitar la tapa de la cubierta del ventilador desatornillando los tornillos de fijación.</li> <li>✓ Quitar el ventilador de enfriamiento con la ayuda de un extractor.</li> <li>✓ Desmontar los escudos protectores y extraer el rotor teniendo cuidado de no dañar el devanado.</li> </ul> <p>Una vez el motor ha sido desmontado de esta manera y durante el tiempo de espera hasta que sea montado de nuevo, es necesario proteger todos sus componentes, tales como tornillos, tuercas, arandelas, tapas y otros elementos que han sido retirados para realizar las pruebas de diagnóstico. Para esto, es utilizado un recipiente en donde se almacenan estas partes. A este recipiente se adjunta un desprendible del formato “ET-R-16 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN”, la otra parte de este formato queda adjunta a los demás documentos que se generen del equipo, los cuales son controlados y almacenados por el Coordinador de Planta.</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACION</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	De esta manera queda separado el rotor y estator del equipo para realizar las pruebas requeridas. Se usa el Formato 2 “ET-R-16 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN”.
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2.2 PRUEBAS PARA DETERMINAR EL ESTADO DEL MOTOR ELÉCTRICO</b>

<b>OBJETO</b>	Determinar mediante pruebas el estado del motor eléctrico.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de Taller, Coordinador de Planta.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001, IEEE 432-1992, IEEE 43-2000, IEEE 112-1996.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
2.2.1 Inspección	
2.2.2 Prueba de Resistencia de aislamiento	
2.2.3 Prueba de índice de polarización	
2.2.4 Prueba de continuidad	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	<p>Por medio de las pruebas realizadas, se puede determinar el estado del motor eléctrico y sus principales fallas. Los resultados son registrados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.</p> <p>Si los resultados de la inspección y las pruebas: Resistencia de aislamiento, índice de polarización y continuidad son satisfactorios, se debe realizar adicionalmente las pruebas Hi-pot y Surge, las cuales se describen en 5.7. PRUEBAS DE VERIFICACIÓN AL BOBINADO, 5.7.1. Prueba Hi-Pot y 5.7.2. Prueba Surge. Estas pruebas sirven para confirmar el estado del bobinado y la necesidad de su reparación. Si los resultados de estas pruebas son satisfactorios, se procede a 4. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN MECÁNICA, si se requiere.</p>
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2.2.1 Inspección</b>
<b>OBJETO</b>	Determinar mediante inspección visual, los daños presentes en estator y rotor.

<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico electricista, Supervisor de Taller, Gerente de Producción.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Hacer los siguientes chequeos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bobinado abierto, roto, separado, decolorado o con señales de envejecimiento.</li> <li>✓ Contaminación de las bobinas y conexiones. Suciedad, aceite u otros.</li> <li>✓ Abrasión u otros esfuerzos mecánicos.</li> <li>✓ Evidencia de descargas parciales.</li> <li>✓ Cuñas sueltas, daño en soportes, indicador de movimientos o soldaduras.<sup>1</sup></li> <li>✓ Daños o deterioros en el rotor de jaula de ardilla, marcas de fricción u otros esfuerzos.</li> <li>✓ Coloración de lubricante.</li> <li>✓ Estado de rodamientos.</li> </ul> <p>Los hallazgos se registran en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”, Ver Formato 3, junto con los datos del equipo y datos del cliente, tomados en la recepción del equipo.</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No encontrar ningún daño, de los mencionados anteriormente.
<b>CONCLUSIONES</b>	<p>Mediante la inspección se puede verificar la existencia de daños en el motor eléctrico, además analizar el origen de los mismos en el caso de presentarse.</p> <p>Se genera el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.</p>

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2.2.2 Prueba de Resistencia de aislamiento</b>
<b>OBJETO</b>	Determinar la conveniencia del aislamiento del bobinado para continuar su operación.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de Taller.

<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001, IEEE 43-2000, IEEE 112-1996.
-------------------	--

**PROCEDIMIENTO**

Realizar la medición de la resistencia del aislamiento del bobinado directamente con un Megohmetro, el cual es un instrumento medidor de resistencia de alto rango (Ohms) con un sistema de baterías que suministra un alto voltaje al equipo en prueba. La prueba no es destructiva, es decir, no ocasiona deterioro al aislamiento.

El procedimiento para realizar la prueba es el siguiente:

- ✓ Seleccionar el Megohmetro a usar, de acuerdo a los rangos del equipo que se va a medir (equipos de baja tensión o media tensión). Cada Megohmetro tiene un rango de voltajes que se pueden aplicar.
- ✓ Aislar eléctricamente el motor de la red.
- ✓ Conectar el cable de Tierra o Negativo del Megohmetro (generalmente de color negro) a la carcasa del motor o a la tierra general del sistema.
- ✓ Conectar el cable positivo del Megohmetro (generalmente de color Rojo) a uno de los cables del motor.
- ✓ Elegir el voltaje de prueba. Los voltajes DC que deben ser aplicados en la prueba se muestran en la tabla 2.
- ✓ Aplicar durante un minuto el voltaje de prueba al equipo. Los resultados se muestran en la pantalla del equipo.
- ✓ Registrar los resultados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”, Formato 3.

Es importante tener en cuenta la temperatura a la cual se hace la medición (T=40°C).

<b>Voltaje nominal del Bobinado (V)*</b>	<b>Voltaje DC de Prueba (V)</b>
<1000	500
1000 – 2500	500 – 1000
2501 – 5000	1000 – 2500
5001 – 12000	2500 – 5000
>12000	5000 – 10000

\*Voltaje nominal (Máquinas AC).

**Tabla 3. Voltajes que deben ser aplicados durante la prueba de Resistencia de Aislamiento.**

Esta prueba debe ser realizada por personal experto, porque el Megohmetro generalmente aplica tensiones superiores a 500 Voltios.

**CRITERIOS DE APROBACIÓN**

Las recomendaciones mínimas para los valores de resistencia de aislamiento hallados en la prueba, son mostradas en la Tabla 3.

Resistencia de aislamiento mínima*	Equipo Muestra
$IR_{1min} = kV + 1$	Para la mayoría de los bobinados hechos antes de 1970
$IR_{1min} = 100$	Para la mayoría de los bobinados construidos después de 1970
$IR_{1min} = 5$	Para la mayoría de máquinas con daños en alguna bobina del estator con una voltaje nominal menor a 1kv

\*(Valores en MΩ, tomados a 40°C)

**Tabla 4. Recomendaciones mínimas para valores de Resistencia de Aislamiento.**

Nota: Kv es el voltaje nominal de la máquina en prueba.

<b>CONCLUSIONES</b>	Los valores obtenidos en la prueba, determinan el estado del aislamiento. Si los resultados no son satisfactorios, no es necesario realizar la Prueba de Índice de Polarización. Se usa el formato "ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO".
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2.2.3 Prueba de índice de polarización.</b>
<b>OBJETO</b>	Determinar si existe suciedad y/o humedad en el bobinado.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de Taller.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001, IEEE 43-2000, IEEE 112-1996.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
Esta prueba se realiza con un megohmetro, empleando el mismo voltaje de la prueba de resistencia de aislamiento (Ver 2.2.2 Prueba de Resistencia de	

aislamiento) durante un tiempo de 10 minutos.

El índice de Polarización se calcula empleando la siguiente expresión matemática:

$$IP = \frac{IR_{10}}{IR_1}$$

Donde,

IP es el índice de polarización.

IR<sub>(10)</sub> es la resistencia de aislamiento al minuto 10.

IR<sub>(1)</sub> es la resistencia de aislamiento al minuto 1.

### CRITERIOS DE APROBACIÓN

El valor mínimo recomendado para el Índice de Polarización depende de la clase de aislamiento del equipo<sup>ii</sup>.

Clase A, valor mínimo de IP es 1.5

Para Clase B, F, H IP debe ser mínimo 2.

Si en el minuto 1 la resistencia de aislamiento está por encima de 5000, MΩ el cálculo del índice de polarización no es significativo, en tal caso este índice debe ser ignorado<sup>iii</sup>.

<b>CONCLUSIONES</b>	Con esta prueba se puede concluir si el bobinado se encuentra limpio y seco. Los hallazgos son registrados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>2.2.4 Prueba continuidad entre líneas</b>
<b>OBJETO</b>	Verificar la conducción del alambre del motor ó unión directa entre dos elementos.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de Taller.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001.

### PROCEDIMIENTO

Esta prueba es realizada con un multímetro digital. Para realizar la prueba debe tenerse en cuenta los siguientes pasos:

- ✓ Confirmar que no hay potencia conectada al equipo.
- ✓ Programar el multímetro al modo “Continuidad”.
- ✓ Ubicar las puntas negra y roja del multímetro en la entrada y salida de cada fase.
- ✓ Revisar lectura del indicador.
- ✓ Registrar los resultados en el formato 3, “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.
- ✓ Hacer el mismo procedimiento en las tres fases.

**CRITERIOS DE APROBACIÓN**

El indicador debe marcar una lectura diferente de cero, para confirmar que hay un circuito continuo.

**CONCLUSIONES**

El resultado de esta prueba no es muy significativo, sin embargo se realiza únicamente con el fin de determinar continuidad en circuito. Se usa el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>3. APROBACIÓN DEL CLIENTE</b>
<b>OBJETO</b>	Obtener la aprobación del cliente para iniciar el proceso de mantenimiento y/o reparación de los equipos conforme al diagnóstico realizado.
<b>PARTICIPANTES</b>	Coordinador de Planta.
<b>REFERENCIA</b>	No aplica.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>La empresa maneja en general, 2 tipos de clientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Clientes particulares (identificados internamente con el código 0.0.0). Son los clientes no habituales y aquellos que solicitan los servicios de la empresa de manera esporádica.</li> <li>✓ Clientes formales. Aquellos con los que se establece una relación habitual, la cual se formaliza mediante un contrato, como el caso de la empresa ECOPETROL (principal cliente). Cada cliente de este tipo tiene establecido su código interno, como se mostró en la Tabla 1.</li> </ul> <p>Conociendo el estado del motor, se le notifica al cliente en el caso de clientes particulares, la falla del equipo y los procesos que se requieren, presentando una cotización mediante el formato “ET-R-02 COTIZACIÓN”, Ver formato 4. Si el cliente está conforme con esta cotización realiza su aprobación mediante llamada telefónica, correo electrónico, fax o personalmente y se genera el formato “ET-R-01 ORDEN DE TRABAJO”, el cual se muestra en el Formato 5.</p> <p>Los cliente formales, no requieren cotización antes de iniciar los trabajos, ni su aprobación por medio de una Orden de trabajo, ya que ellos son manejados mediante un contrato, donde se establecen los costos del servicio, detalles de facturación, forma de pago, condiciones contractuales, entre otros. Sin embargo,</p>	

<p>es importante mantenerlos informados de los daños presentes en el equipo, para que determinen si hay necesidad de ajustar algunas condiciones en sus líneas de producción. La comunicación se realiza mediante una llamada telefónica, correo electrónico (anexando fotografías del equipo) o algunas veces el cliente visita la empresa para ver el estado de sus equipos.</p>	
<p><b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b></p>	<p>Clientes particulares mediante el formato “ET-R-01 ORDEN DE TRABAJO”. Los clientes formales no requieren aprobación previa.</p>
<p><b>CONCLUSIONES</b></p>	<p>Con las órdenes de trabajo generadas para los clientes particulares y los equipos pertenecientes a clientes formales, el Coordinador de planta hace la respectiva programación de la producción registrándola en el formato “ET-R-24 PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN”, Ver formato 6. Esta programación permite establecer la fecha de entrega de cada equipo.</p> <p>En esta actividad se generan los formatos 4, 5 y 6, llamados respectivamente: “ET-R-02 COTIZACIÓN”, “ET-R-01 ORDEN DE TRABAJO” y “ET-R-24 PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN”.</p>

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN MECÁNICA</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las actividades necesarias para realizar el mantenimiento y reparación mecánica del motor, teniendo en cuenta los parámetros técnicos requeridos.
<b>PARTICIPANTES</b>	Auxiliar de Mantenimiento, Técnico Electricista, Operador de máquina herramienta, Supervisor de Taller.
<b>REFERENCIA</b>	Catalogo general SKF, Manual Motores SIEMENS, Manual Motores WEG, ISO 286, ANSI/EASA AR100-2001, NEMA Standards MG 1-1998, IEC Standard publication 60034-8.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
4.1 INFORMACIÓN DE ENTRADA 4.2 DESMONTAJE 4.3 TOMA DE DATOS 4.4 EJE 4.4.1 Inspección y medición 4.4.2 Reparación del eje 4.5 ALOJAMIENTO DE RODAMIENTOS Y FRAMES 4.6 RODAMIENTOS 4.7 LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica
<b>CONCLUSIONES</b>	Teniendo en cuenta las actividades descritas para realizar el mantenimiento y reparación de los motores eléctricos y los criterios técnicos para la aprobación de las mismas, se pueden obtener productos conformes y garantizar la satisfacción del cliente.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.1 INFORMACIÓN DE ENTRADA</b>
<b>OBJETO</b>	Tener en cuenta la información técnica de consulta.
<b>PARTICIPANTES</b>	Conductor, Auxiliar de mantenimiento, Técnico Electricista, Operador de máquina herramienta, Supervisor de taller, Coordinador de Planta, Gerente de Producción.
<b>REFERENCIA</b>	Catálogo general SKF, Manual de motores WEG, Manual de motores SIEMENS.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>La información técnica del equipo proviene del Manual del fabricante. Si existe información del fabricante del equipo a intervenir, es muy importante tenerla en cuenta, ya que esta suministra condiciones óptimas de trabajo bajo las cuales fue diseñado cada equipo. Este catálogo también especifica las tolerancias y ajustes que se deben mantener para garantizar la operación correcta del equipo. Cuando no se dispone de esta información o para generalizar independientemente del fabricante, es importante recurrir a las recomendaciones establecidas en las normas técnicas aplicables a cada actividad, las cuales están contempladas en este Manual técnico.</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	Este manual reúne la información técnica requerida para hacer un correcto mantenimiento de motores eléctricos trifásicos, aún cuando se cuenta con el catálogo del fabricante del equipo a intervenir.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.2 DESMONTAJE</b>
<b>OBJETO</b>	Conocer las actividades requeridas para hacer correctamente el desmontaje de un motor eléctrico.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista
<b>REFERENCIA</b>	Manual de motores WEG, Manual de motores SIEMENS.

### **PROCEDIMIENTO**

Para hacer el desmontaje total, luego de hacerlo parcialmente para realizar las pruebas que determinan el estado del motor (Ver 2.1 Desmontaje), se debe proceder a desmontar los rodamientos. Siempre que se intervenga un motor, ya sea para mantenimiento ó reparación, es recomendado cambiar los rodamientos. El desmontaje de rodamientos puede darse de 2 formas:

**Desmontaje en frío.** Los rodamientos pequeños se pueden desmontar de su asiento aplicando ligeros golpes de martillo, con un botador adecuado, en la cara del aro, o preferiblemente usando un extractor. Las garras del extractor deberán situarse alrededor de la cara lateral del aro que va a desmontar o de un componente adyacente. En la figura 1 se muestra la extracción de un rodamiento con la ayuda de un extractor.



**Figura 7. Desmontaje de un rodamiento con extractor.**

Este montaje se facilita si existen ranuras en los resaltes del eje y/o del soporte para colocar las garras del extractor ó se disponen orificios roscados en los resaltes del soporte para los tornillos de desmontaje.

**Desmontaje en caliente.** Para realizar este trabajo, se han desarrollado calentadores de inducción especiales. Estos calentadores calientan rápidamente

el aro interior sin calentar el eje, de manera que el aro interior dilatado se pueda extraer fácilmente. Estos calentadores de inducción eléctrica cuentan con una o más bobinas alimentadas por corriente alterna.



**Figura 8. Calentador de inducción.**

Al finalizar el desmontaje, el equipo queda dividido básicamente en dos partes generales: eje – rotor y estator, así mismo se pueden dividir las reparaciones en reparación mecánica y reparación eléctrica.

Cuando el motor ha sido desmontado completamente, es necesario proteger y preservar todos sus componentes en el recipiente en donde se almacenaron inicialmente las partes desmontadas junto con su respectivo desprendible del formato “ET-R-16 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN”, hasta que éste sea armado totalmente.

<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	Teniendo el equipo desarmado, se puede proceder a intervenir las partes que requieren algún procedimiento. Es muy importante preservar las partes desarmadas del motor con su respectivo formato de identificación, “ET-R-16 TARJETA DE IDENTIFICACIÓN”.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.3 TOMA DE DATOS</b>
<b>OBJETO</b>	Describir los datos que deben tomarse para realizar un correcto mantenimiento y reparación mecánica a los

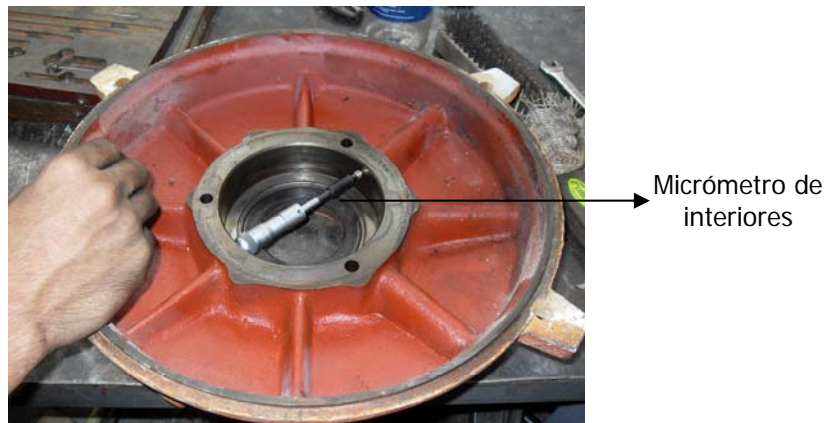
	motores eléctricos, así como los instrumentos empleados para las mediciones, cuando se requiere.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Operador de máquina herramienta.
<b>REFERENCIA</b>	No aplica

### PROCEDIMIENTO

✓ Tomar los datos requeridos para efectuar la reparación y/o mantenimiento mecánico, tales como: referencia de rodamientos, diámetro de alojamientos, diámetros del eje y se registran en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”, ver formato 3.

✓ Verificar si existe el ventilador y su estado.

✓ Medir los alojamientos. Para esto se utiliza un instrumento de medición llamado, Micrómetro de interiores debidamente calibrado. Antes de hacer las mediciones, es importante limpiar las superficies y remover cualquier sustancia o suciedad que pueda inducir errores. En la figura 3 se muestra el momento de la medición de los alojamientos.



**Figura 9. Medición de los alojamientos de los rodamientos.**

✓ Revisar los ejes para verificar existencia de grietas, rayas y rectitud. Las superficies deben ser lisas, pulidas y concéntricas. Para la medición del diámetro del eje se utiliza un Micrómetro de exteriores debidamente calibrado. Antes de

hacer la medición, es importante limpiar la superficie para no inducir errores. En la figura 4 se muestra la medición que se realiza al eje.

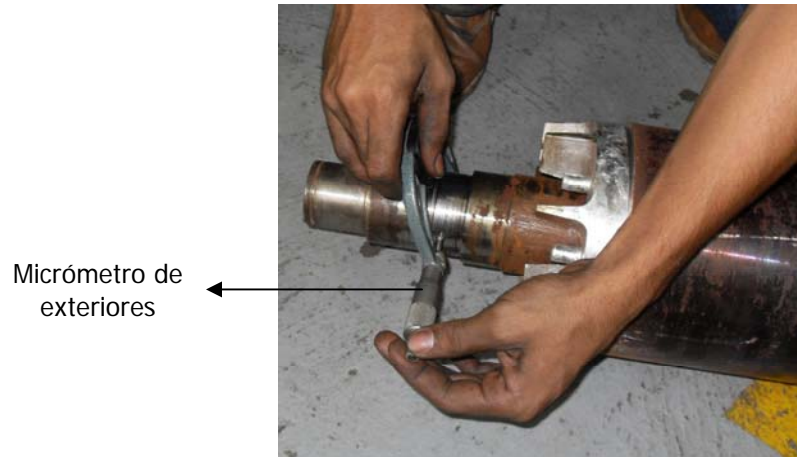


Figura 10. Medición del diámetro del eje.

<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	Los datos obtenidos son registrados en el formato "ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO". Cualquier condición fuera de lo normal que se observe también debe ser registrada en este formato.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.4 EJE</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las actividades necesarias para verificar el estado del eje y para hacer las reparaciones respectivas, con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento.
<b>PARTICIPANTES</b>	Operador de máquina herramienta
<b>REFERENCIA</b>	Catalogo general SKF, Manual Motores SIEMENS, Manual Motores WEG, ISO 286, ANSI/EASA AR100-2001, NEMA Standards MG 1-1998, IEC Standard publication 60034-8.
<b>Procedimiento</b>	
4.4.1 Inspección y medición	
4.4.2 Reparación del eje	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica
<b>CONCLUSIONES</b>	Teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por las normas técnicas, es posible realizar una correcta reparación del eje en caso de necesitarse.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.4.1 Inspección y medición</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las características del eje que deben ser inspeccionadas, medidas y comparadas con las normas estandarizadas, para verificar su conformidad.
<b>PARTICIPANTES</b>	Operador de máquina herramienta.
<b>REFERENCIA</b>	ISO 286, ANSI/EASA AR100-2001, NEMA Standards MG 1-1998, IEC Standard publication 60034-8.

### PROCEDIMIENTO

El eje debe ser revisado para detectar grietas, rayaduras, falta de rectitud, antes de ser usado. La longitud del eje debe estar lisa, pulida y concéntrica. Sus dimensiones y características deben ser chequeadas y comparadas con las Tablas 4,5,6,7,8 y 9. Los resultados deben registrarse en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”, Ver formato 3.

### CRITERIOS DE APROBACIÓN

#### Tolerancias del diámetro

En las tablas 4 y 5 se indican los valores de tolerancia para el eje, las cuales están en función del diámetro. Las mediciones realizadas, son comparadas con estos valores según los rangos a los que pertenezca el diámetro. Cuando las medidas no estén conforme a los rangos mencionados, es necesario hacer reparación del eje.

DIMENSIONES EN PULGADAS			DIMENSIONES EN MILIMETROS*		
Diámetro del eje	Tolerancia		Diámetro del eje	Tolerancia	
0.1875 – 1.5000 (Incluido)	+0.000	-0.0005	4.76 - 38.1 (Incluido)	+0.000	-0.013
Desde 1.5000 - 6.500 (Incluido)	+0.000	-0.001	Desde 38.1 - 165.1 (Incluido)	+0.000	-0.025

\* Las medidas en milímetros son redondeadas.

**Tabla 5. Tolerancias del diámetro del eje (NEMA<sup>IV</sup>)**

TOLERANCIA	DIMENSIONES EN MILIMETROS				DIMENSIONES EN PULGADAS*			
	Diámetro eje		Tolerancia		Diámetro eje		Tolerancia	
	Desde	Hasta			Desde	Hasta		
j6**	6	10	+0.007	-0.002	0.236	0.394	+0.0003	-0.0001
j6**	10	18	+0.008	-0.003	0.394	0.709	+0.0003	-0.0001
j6**	18	30	+0.009	-0.004	0.709	1.181	+0.0004	-0.0002
k6	30	50	+0.018	+0.002	1.181	1.969	+0.0007	+0.0001
m6	50	80	+0.030	+0.011	1.969	3.150	+0.0012	+0.0004
m6	80	120	+0.035	+0.013	3.150	4.724	+0.0014	+0.0005
m6	120	180	+0.040	+0.015	4.724	7.087	+0.0016	+0.0006
m6	180	250	+0.046	+0.017	7.087	9.843	+0.0018	+0.0007
m6	250	315	+0.052	+0.020	9.843	12.402	+0.0020	+0.0008
m6	315	400	+0.057	+0.021	12.402	15.748	+0.0022	+0.0008
m6	400	500	+0.063	+0.023	15.748	19.685	+0.0025	+0.0009
m6	500	630	+0.070	+0.026	19.685	24.803	+0.0028	+0.0010

\* Las medidas en pulgadas son redondeadas.

\*\* En algunos países la tolerancia k6 es usada en lugar de la tolerancia j6.

**Tabla 6. Tolerancias del diámetro del eje (IEC<sup>v</sup>)**

### **Run-out permisible**

Hacer el montaje del eje para chequear el run-out. El montaje no debe hacerse entre puntos, porque estos pueden estar deformes e inducir errores en la medición. Para el chequeo de run-out se emplean comparadores de carátula debidamente calibrados.

DIMENSIONES EN PULGADAS		MEDIDAS EN MILÍMETROS*	
Diámetro Eje	Run-out eje**	Diámetro Eje	Run-out eje**
0.1875 a 1.625 (Incluido)	0.002	4.76 a 41.3 (Incluido)	0.051
Desde 1.625 a 6.500 (Incluido)	0.003	Desde 41.3 a 165.1 (Incluido)	0.076

\* Las dimensiones mostradas en milímetros son redondeadas.

\*\* Máximo cambio permisible en lectura del indicador cuando ha sido medido al final del eje.

**Tabla 7. Run-out permisible (NEMA<sup>vi</sup>)**

NOTA: La tolerancia permisible del Run-out del eje no ha sido establecida para dimensiones que excedan la norma NEMA.

DIMENSIONES EN MILÍMETROS			DIMENSIONES EN PULGADAS*		
Diámetro del eje		Eje run-out**	Diámetro del eje		Eje run-out**
Desde	Hasta		Desde	Hasta	
6	10	0.030	0.236	0.394	0.001
10	18	0.035	0.394	0.709	0.001
18	30	0.040	0.709	1.181	0.002
30	50	0.050	1.181	1.969	0.002
50	80	0.060	1.969	3.150	0.002
80	120	0.070	3.150	4.724	0.003
120	180	0.080	4.724	7.087	0.003
180	250	0.090	7.087	9.843	0.004
250	315	0.100	9.843	12.402	0.004
315	400	0.110	12.402	15.748	0.004
400	500	0.125	15.748	19.685	0.005
500	630	0.140	19.685	24.803	0.006

\* Las dimensiones mostradas en pulgadas son redondeadas.

\*\* Máximo cambio permisible en lectura del indicador cuando ha sido medido al final del eje.

**Tabla 8. Run-out permisible (IEC<sup>vii</sup>).**

### **Tolerancia de chaveteros**

Se realiza medición directa del chavetero y se compara con tolerancias dadas en las tablas 8 y 9.

DIMENSIONES EN PULGADAS			DIMENSIONES EN MILIMETROS*		
Ancho de chaveta	Tolerancia		Ancho de chaveta	Tolerancia	
0.188 – 0.750 (Incluido)	+0.002	-0.000	4.78 - 19.1 (Incluido)	+0.051	-0.000
Desde 0.750 - 1.500 (Incluido)	+0.003	-0.000	Desde 19.1 - 38.1 (Incluido)	+0.076	-0.000

\*Las dimensiones en milímetros son redondeadas.

**Tabla 9. Tolerancias del chavetero del eje (NEMA<sup>viii</sup>).**

DIMENSIONES EN MILIMETROS				DIMENSIONES EN PULGADAS*			
Ancho nominal de chavetero		Tolerancia**		Ancho nominal de chavetero		Tolerancia**	
Desde	Hasta			Desde	Hasta		
2	3	-0.004	-0.029	0.078	0.118	-0.0002	-0.0011
3	6	0	-0.030	0.118	0.236	0	-0.0012
6	10	0	-0.036	0.236	0.394	0	-0.0014
10	18	0	-0.043	0.394	0.709	0	-0.0017
18	30	0	-0.052	0.709	1.181	0	-0.0020
30	50	0	-0.062	1.181	1.969	0	-0.0024
50	80	0	-0.074	1.969	3.150	0	-0.0029
80	100	0	-0.087	3.150	3.937	0	-0.0034

\* Las dimensiones en pulgadas son redondeadas.

\*\* Tolerancia N9.

**Tabla 10. Tolerancias del chavetero del eje (IEC<sup>ix</sup>)**

<b>CONCLUSIONES</b>	Los hallazgos son registrados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”, de acuerdo con estos resultados se toma la decisión de mecanizar el eje o metalizarlo para alcanzar las dimensiones apropiadas.
---------------------	---

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.4.2 Reparación del eje</b>
<b>OBJETO</b>	Describir el proceso empleado para reparar un eje deteriorado y/o con medidas fuera de los rangos de tolerancia, con el fin de usarlo nuevamente y garantizar un óptimo funcionamiento.
<b>PARTICIPANTES</b>	Operador de máquina herramienta
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>El eje puede ser mecanizado para eliminar alguna imperfección, teniendo en cuenta los criterios de aprobación de la actividad 4.4.1 Inspección y Medición.</p> <p>La recuperación del eje en las zonas diferentes a los puntos de fijación, se realiza mediante mecanizado hasta alcanzar las medidas correctas conformes con las tablas 4,5,6,7,8 y 9.</p> <p>Los desgastes del eje en el punto de fijación del rodamiento, se realiza mediante el sistema de rociado térmico, conocido también como Metalizado de ejes. El proceso de metalizado se muestra en la figura 5 y se realiza como se describe a continuación.</p> <p>EQUIPO: CASTODYN DS 8000  PRODUCTO: Castolin Eutectic 21021</p> <p>✓ Mecanizado. Realizar un mecanizado de la superficie afectada del eje de 0.015 – 0.060 pulgadas, con el fin de obtener un metal base libre de contaminación.</p> <p>✓ Preparación de la superficie. El mecanismo de adherencia entre el metal base y la aleación es esencialmente mecánico, por esta razón la superficie de la pieza a metalizar debe ser preparada antes de iniciar el proceso. La superficie debe estar limpia y libre de óxidos, grasas, aceites y otras sustancias contaminantes que</p>	

interfieran en la aplicación del producto. De esta manera se favorece la adherencia de las partículas del material aplicado al material base.

✓ Realizar roscado con número de hilos proporcional a la profundidad del desgaste y con un ángulo de penetración de 90°, tomando como referencia la tabla 10.

Profundidad del desgaste (pulgadas)	Hilos por pulgada
0.015	67
0.025	40
0.040	25
0.050	20
0.060 o más	16

**Tabla 11. Roscado recomendado para realizar rociado térmico.**

✓ Realizar precalentamiento de la pieza a metalizar hasta  $T = 400^{\circ}\text{F}$ . Medir temperatura con pirómetro.

✓ Aplicar el material hasta que toda el área quede cubierta por éste. La posición de la pistola de aplicación debe mantenerse perpendicular al eje, conservando una distancia aproximada de 4 pulgadas.

✓ Hacer limpieza con cepillo para eliminar imperfecciones.

✓ La presión de los manómetro debe controlarse según las recomendaciones dadas por el fabricante del equipo de rociado térmico.

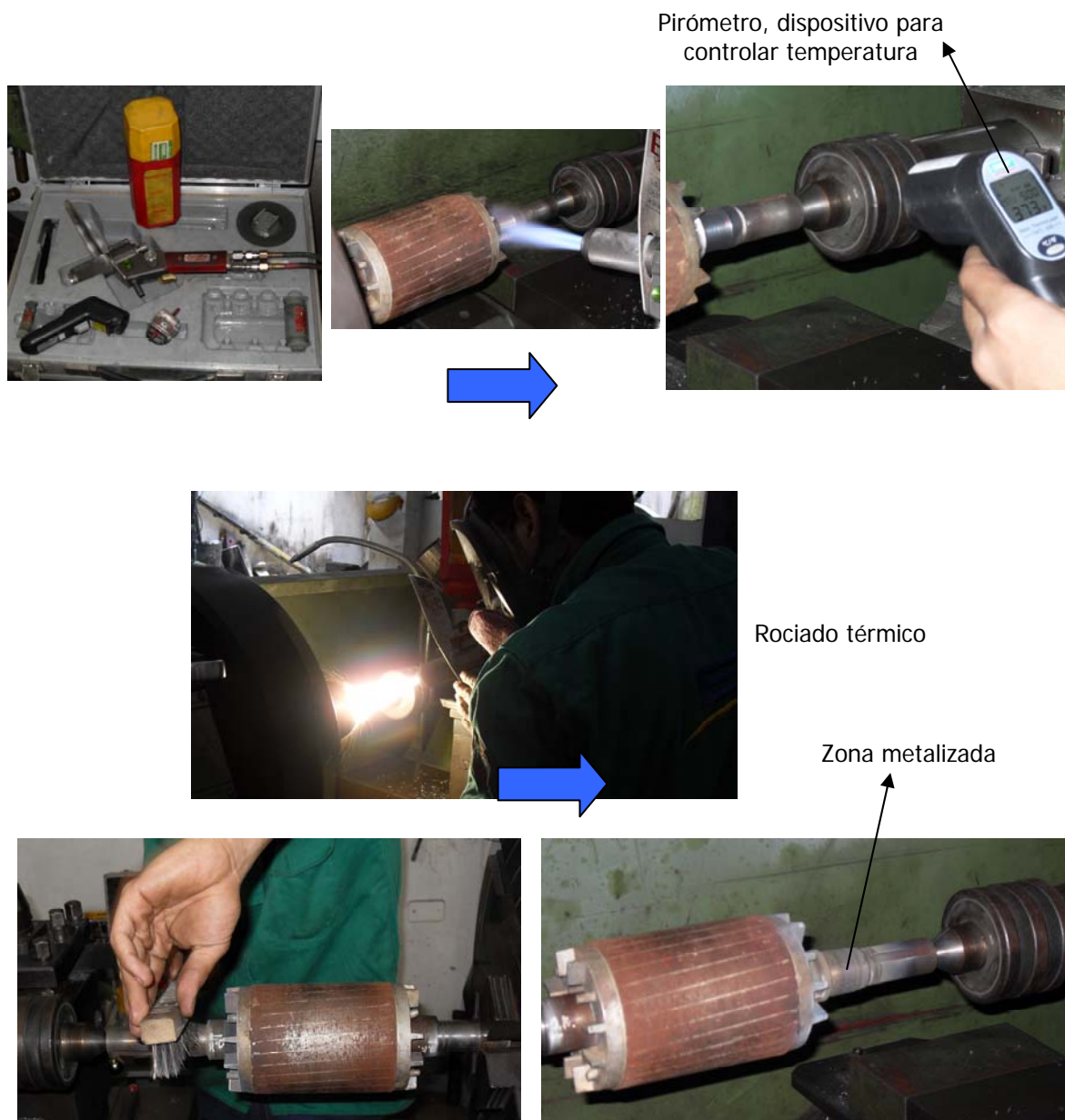
✓ Enfriamiento. Dejar la pieza girando en el torno hasta que la temperatura haya descendido a  $100^{\circ}\text{F}$ .

✓ Mecanizar hasta lograr el diámetro con el ajuste recomendado. En la tabla 11, se presenta la recomendación de mecanizado, teniendo en cuenta el diámetro.

Diámetro (pulg)	Velocidad (RPM)
Hasta 1.5	125 – 275
De 1.5 - 3	100 – 160
De 3 - 6	40 – 80
De 6 - 10	30 – 50

**Tabla 12. Velocidad recomendada para realizar mecanizado final al eje reparado.**

Los pasos para realizar la reparación de ejes mediante rociado térmico – metalizado, fueron tomados de la ficha técnica del producto, recomendaciones en general del fabricante y especificaciones dadas por los clientes, cuya información se encuentra contenida en sus procedimientos internos.



**Figura 11. Proceso realizado para la recuperación de ejes mediante rociado térmico.**

**CRITERIOS DE APROBACIÓN**

Medición directa del eje con Micrómetro de exteriores y comparación con las tolerancias mencionadas en las tablas 4,5,6,7,8, y 9.

Adicionalmente el eje en la zona de montaje de rodamientos debe tener el ajuste necesario para su debido montaje, por esta razón, esta zona debe además cumplir con los requerimientos mostrados en la tablas 18 y 20, según corresponda.

**CONCLUSIONES**

El eje es reparado conforme con las tolerancias y ajustes descritos en las normas técnicas. Los datos y observaciones originados durante la actividad, son registrados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.5 ALOJAMIENTOS DE RODAMIENTOS Y FRAMES</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las actividades necesarias para verificar el estado de los alojamientos de rodamientos y para hacer las reparaciones respectivas, con el fin de garantizar óptimo funcionamiento del motor en reparación.
<b>PARTICIPANTES</b>	Operario de máquina herramienta
<b>REFERENCIA</b>	ISO 286, ANSI/EASA AR100-2001, NEMA Standards MG 1-1998, IEC Standard publication 60034-8.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Los alojamientos deben ser inspeccionados para garantizar que estén libres de grietas, rayas o cualquier imperfección. Las medidas tomadas a los alojamientos son registradas en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”, Ver formato 3.</p> <p>Los alojamientos deben tener los ajustes requeridos para el montaje de rodamientos. Estos ajustes se pueden ver en la tabla 19 y 20, en donde se seleccionarán conforme al tipo de rodamiento a instalar y su diámetro exterior.</p> <p>Si la medida de los alojamientos se encuentra fuera del rango, son mecanizados hasta lograr el ajuste respectivo. Cuando las medidas no son suficientes para realizar lograr el ajuste, estos deben ser sometidos a procesos adicionales como se describe a continuación.</p> <p>Si existe holgura excesiva entre la pista exterior de los rodamientos y la caja de rodamientos, se genera vibración por desajuste en componentes. En el caso de no tener una caja disponible para remplazar la defectuosa, se debe evaluar la posibilidad de recuperar el alojamiento.</p> <p>El alojamiento del rodamiento se puede recuperar ampliando el diámetro actual e</p>	

instalando una camisa o buje metálico (fundición de hierro gris), cuyo diámetro interior es menor a la dimensión requerida en el alojamiento. Finalmente se maquina el diámetro interior de la camisa instalada a la dimensión requerida por el rodamiento y su respectivo ajuste.

El mecanizado se debe efectuar de tal modo que se garantice la concentricidad de los alojamientos de rodamientos; además se debe tener la precaución de no obstruir los agujeros de retorno de aceite en la caja y de asegurar el soporte axial a la camisa instalada.

Las tapas de la carcasa también deben ser inspeccionadas para verificar que estén libre de rayas, grietas y que tengan las medidas adecuadas que garanticen un correcto montaje y de esta manera evitar problemas en el funcionamiento del motor eléctrico. Los alojamientos de los rodamientos deben ser concéntricos con las tapas de la carcasa, de este modo se asegura concentricidad del eje geométrico de la caja de rodamientos con la carcasa. De igual manera se debe chequear la perpendicularidad de las caras (alojamientos y tapas). Esto permite la concentricidad entre las partes rotativas y estacionarios evitando daño prematuro en los rodamientos.

En el caso de los motores NEMA, el frame contiene un sufijo en su designación, lo cual es una especificación respecto al montaje. Las características principales de cada tipo de frame, deben ser consultadas en los manuales del fabricante. En las tablas 12, 13, 14 y 15 se muestran las tolerancias de las tapas y los valores permisibles de concentricidad y run-out de las caras para diferentes tipos de tapas.

La tabla 12 puede ser aplicada para motores NEMA Tipo C y D.

La tabla 13 puede ser aplicada para motores NEMA Tipo P.

Las tablas 14 y 15 aplican para motores IEC.

## CRITERIOS DE APROBACIÓN

Los ajustes para los alojamientos deben ser revisados conforme a las tablas 19 y 20 según el tipo de rodamiento a instalar.

Las especificaciones de las tapas para un correcto montaje del equipo, están dadas en las tablas 12, 13, 14 y 15.

DIMENSIONES EN PULGADAS			DIMENSIONES EN MILÍMETROS				
Diámetro Ranura	Tolerancia		Excentricidad y Run-out	Diámetro Ranura	Tolerancia		Excentricidad y Run-out
Menor que 12	+0.000	-0.003	0.004	Menos que 304.8	+0.000	-0.076	0.102
12 a 24	+0.000	-0.005	0.007	304.8 a 609.6	+0.000	-0.127	0.178
De 12 a 40	+0.000	-0.007	0.009	De 609.6 a 1016	+0.000	-0.178	0.229

**Tabla 13. Tolerancias de las superficies de montaje para motores NEMA<sup>x</sup> Tipo C y D.**

DIMENSIONES EN PULGADAS			DIMENSIONES EN MILÍMETROS				
Diámetro Ranura	Tolerancia		Excentricidad y Run-out	Diámetro Ranura	Tolerancia		Excentricidad y Run-out
Menor que 12	+0.003	-0.000	0.004	Menos que 304.8	+0.076	-0.000	0.102
12 a 24	+0.005	-0.000	0.007	304.8 a 609.6	+0.127	-0.000	0.178
De 12 a 40	+0.007	-0.000	0.009	De 609.6 a 1016	+0.178	-0.000	0.229
De 40 a 60	+0.010	-0.000	0.012	De 1016 a 1524	+0.254	-0.000	0.305

**Tabla 14. Tolerancias de las superficies de montaje para motores NEMA<sup>xi</sup> Tipo P.**

Designación Tolerancia	DIMENSIONES EN MILIMETROS				DIMENSIONES EN PULGADAS			
	Diámetro nominal Ranura		Tolerancia		Diámetro nominal Ranura		Tolerancia	
	Desde	Hasta			Desde	Hasta		
j6	30	50	+0.011	-0.005	1.181	1.969	+0.0004	-0.0002
j6	50	80	+0.012	-0.007	1.969	3.150	+0.0005	-0.0003
j6	80	120	+0.013	-0.009	3.150	4.724	+0.0005	-0.0004
j6	120	180	+0.014	-0.011	4.724	7.087	+0.0006	-0.0004
j6	180	250	+0.016	-0.013	7.087	9.843	+0.0006	-0.0005
h6	250	315	0	-0.032	9.843	12.402	0	-0.0013
h6	315	400	0	-0.036	12.402	15.748	0	-0.0014
h6	400	500	0	-0.040	15.748	19.685	0	-0.0016
h6	500	630	0	-0.044	19.685	24.803	0	-0.0017
h6	630	800	0	-0.050	24.803	31.496	0	-0.0020
h6	800	1000	0	-0.056	31.496	39.370	0	-0.0022
h6	1000	1250	0	-0.066	39.370	49.213	0	-0.0026
h6	1250	1600	0	-0.078	49.231	62.992	0	-0.0031
h6	1600	2000	0	-0.092	62.992	78.740	0	-0.0036
h6	2000	2200	0	-0.110	78.740	86.614	0	-0.0043

Tabla 15. Tolerancias de las superficies de montaje, motores IEC<sup>xii</sup>.

DIMENSIONES EN MILIMETROS			DIMENSIONES EN PULGADAS		
Diámetro nominal Ranura		Excentricidad y Run-out	Diámetro nominal Ranura		Excentricidad y Run-out
Desde	Hasta		Desde	Hasta	
40	100	0.080	1.575	3.937	0.003
100	230	0.100	3.937	9.055	0.004
230	450	0.125	9.055	17.717	0.005
450	800	0.160	17.717	31.496	0.006
800	1250	0.200	31.496	49.213	0.008
1250	2000	0.250	49.213	78.740	0.010
2000	2240	0.315	78.740	88.189	0.012

Tabla 16. Excentricidad y Run-out de las superficies de montaje, para motores IEC.

<b>CONCLUSIONES</b>	Los alojamientos son reparados de acuerdo al tipo y conforme a las especificaciones dadas por las normas técnicas aplicables. Los datos y observaciones originados en la actividad, son registrados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.
---------------------	---

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.6 RODAMIENTOS</b>
<b>OBJETO</b>	Señalar los aspectos a considerar para realizar un correcto montaje de rodamientos.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista.
<b>REFERENCIA</b>	ISO 286, ANSI/EASA AR100-2001, Catálogo general SKF.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Los rodamientos deben ser reemplazados por los mismos rodamientos retirados durante el desmontaje, es decir, los rodamientos originales del equipo. Los rodamientos suministrados para la reparación de los motores deberán ser marca SKF<sup>xiii</sup> y pueden ser de los siguientes tipos:</p> <p><b>a. De elementos rodantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Deben ser lubricados con grasa.</li> <li>✓ Todos los elementos rodantes deben tener jaula metálica.</li> <li>✓ Todos los rodamientos de bolas deben tener una holgura interna radial C3. Los rodamientos de rodillos pueden tener una holgura normal o C3. Las holguras internas radiales se muestran en la tabla 16.</li> <li>✓ Los motores menores a 10Hp podrán disponer de rodamientos sellados.</li> <li>✓ Los rodamientos serán reengrasables sin necesidad de remover el ventilador o cubierta del ventilador y la caja de rodamientos deberá tener un drenaje accesible por fuera de la tapa del ventilador para eliminar la grasa usada. La caja de rodamientos debe poseer contra tapa para minimizar la entrada de grasa o aceite al interior del motor.</li> </ul> <p><b>b. Lisos (chumaceras)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Las chumaceras son aceptables cuando el factor <math>dN &gt; 300000</math>. el factor <math>dN</math> es el producto del tamaño del diámetro interno del rodamiento en mm y la velocidad de operación en RPM.</li> <li>✓ Deben ser lubricados por aceite.</li> <li>✓ Las chumaceras serán del tipo de asiento esférico, autoalineantes y lubricadas</li> </ul>	

por anillo.

- ✓ Las chumaceras deben estar equipadas con un indicador de nivel de aceite.
- ✓ La temperatura en el reservorio no deberá exceder 82°C (API 610, 8 Edición).
- ✓ Las cajas de las chumaceras deben estar provistas de un orificio de llenado y de drenaje, accesibles desde el exterior de la carcasa, también tendrán sellos para prevenir la pérdida de aceite.
- ✓ Sellos. Los sellos impiden el escape de aceite al exterior y limitan el ingreso de contaminantes a la caja de rodamientos. La holgura de los sellos debe estar conforme a las especificaciones del fabricante, o conforme con las recomendaciones de las normas técnicas. En los criterios de aprobación, tabla 21 se mostrará una guía que puede ser empleada.

Diámetro del agujero (mm)		Juego radial interno (µm)			
Desde	Hasta (incluido)	Normal		C3	
		Min	Max	Min	Max
0	6	2	13	8	23
6	10	2	13	8	23
10	18	3	18	11	25
18	24	5	20	13	28
24	30	5	20	13	28
30	40	6	20	15	33
40	50	6	23	18	36
50	65	8	28	23	43
65	80	10	30	25	51
80	100	12	36	30	58
100	120	15	41	36	66
120	140	18	48	41	81
140	160	18	53	46	91
160	180	20	61	53	102
180	200	25	71	63	117
200	225	28	82	73	132
225	250	31	92	87	152
250	280	36	97	97	162

**Tabla 17. Holgura interna radial para cojinetes de elementos rodantes.**

Los rodamientos más comunes, empleados para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos son rodamientos rígidos de una hilera de bolas y sus

referencias se muestran en la tabla 17.

Referencia	Dimensiones principales (mm)			Referencia	Dimensiones principales (mm)		
	Diámetro interior	Diámetro exterior	Ancho		Diámetro interior	Diámetro exterior	Ancho
6000	10	26	8	6304	20	52	15
6004	20	42	12	6305	25	62	17
6200	10	30	9	6306	30	72	19
6201	12	32	10	6307	35	80	21
6202	15	35	11	6308	40	90	23
6203	17	40	12	6309	45	100	25
6204	20	47	14	6310	50	110	27
6205	25	52	15	6311	55	120	29
6206	30	62	16	6312	60	130	31
6207	35	72	17	6313	65	140	33
6208	40	80	18	6314	70	150	35
6209	45	85	19	6315	75	160	37
6210	50	90	20	6316	80	170	39
6211	55	100	21	6317	85	180	41
6212	60	110	22	6318	90	190	43
6213	65	120	23	6319	95	200	45
6220	100	180	34	6320	100	215	47

**Tabla 18. Lista de referencias de rodamientos comúnmente suministrados**

Los rodamientos con placas de protección a ambos lados (2Z) están lubricados de por vida y no necesitan mantenimiento. No se deben lavar ni someterse a temperaturas superiores a 80°C. Dependiendo de su serie y tamaño, los rodamientos rígidos de bolas se suministran llenos con distintas grasas estándares SKF.

Para conseguir la máxima vida útil del rodamiento, un buen funcionamiento y evitar fallas prematuras, éste deberá estar correctamente montado. Para realizar un buen montaje, deberá seguir los siguientes pasos:

- ✓ Debe llevarse a cabo en condiciones de rigurosa limpieza.
- ✓ Comprobar que los ejes y componentes de la disposición se encuentren limpios, especialmente en las ranuras o conductos en las que se pueden acumular restos de mecanizados anteriores.
- ✓ Verificar la precisión dimensional y exactitud de forma de todos los

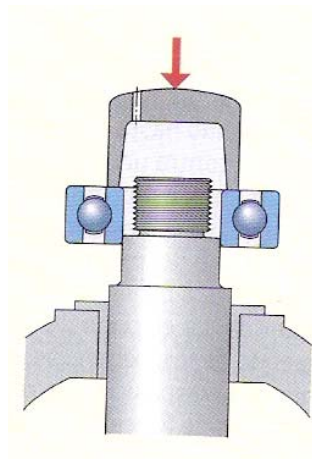
componentes de la disposición de rodamientos.

✓ Los rodamientos se deben conservar en sus embalajes originales hasta inmediatamente antes de su montaje, para evitar su exposición a los contaminantes y suciedad.

✓ Antes de iniciar el montaje de los rodamientos, es conveniente lubricar ligeramente la superficie de los asientos. Para esto se utiliza vaselina convencional.

### **Montaje en frío**

Si el ajuste no es demasiado fuerte, los rodamientos pequeños se pueden posicionar aplicando ligeros golpes de martillo sobre un manquito colocado contra la cara del aro del rodamiento. Los golpes se deben distribuir uniformemente por todo el aro para evitar que el rodamiento se incline o se tuerza, como se muestra en la figura 6.



**Figura 12. Montaje de rodamientos en frío.**

### **Montaje en caliente**

Los rodamientos más grandes generalmente no se pueden montar en frío, ya que la fuerza que se requiere para montar un rodamiento aumenta considerablemente con el tamaño del mismo. Por ese motivo los rodamientos se calientan antes de su montaje. La temperatura no debe ser más de 125°C, ya que podrían

producirse cambios dimensionales originados por alteraciones en la estructura del material.

A la hora de calentar los rodamientos se deben evitar los sobrecalentamientos en un punto. Para calentar los rodamientos de un modo uniforme se debe usar un calentador de inducción eléctrica. En la figura 7, se muestra un rodamiento en el calentador de inducción eléctrica antes de su montaje.

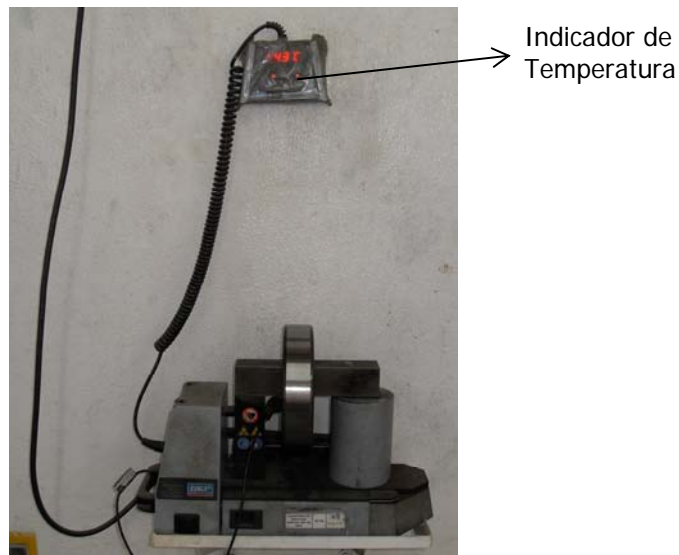


Figura 13. Calentador de inducción eléctrica.

## CRITERIOS DE APROBACIÓN

### Rodamiento-eje.

Las normas técnicas tienen una recomendación general aplicada a motores eléctricos para la tolerancia en los diámetros del eje donde se montan los rodamientos. Dicha tolerancia está en función del diámetro del eje y debe tenerse en cuenta el tipo de rodamiento para su selección, esta recomendación se muestra a continuación:

Rango de Diámetros	Rodamiento de bolas	Rodamiento de rodillos
-----------------------	------------------------	---------------------------

<17	j5	
17-100	k5	
100-140	m5	
<30		k6
30-50		m5
50-65		n5
65-100		n6

En la tabla 18 se muestran las tolerancias para un amplio rango de diámetros (el ajuste del eje se designa con letra minúscula). En las tablas 20 y 21, se muestra una guía para montaje de cojinetes lisos (chumaceras) y sellos.

**Rodamiento-alojamiento.**

Los alojamientos le dan soporte a las pistas exteriores de los rodamientos los que a su vez soportan las fuerzas transmitidas por el eje. Con el fin de asegurar un correcto desempeño, se debe mantener el diámetro de los alojamientos dentro de la tolerancia H6 especificada por la norma ISO 286 (recomendación para motores eléctricos). La tabla 19 muestra diferentes tolerancias para un amplio rango de diámetros (la tolerancia del alojamiento se designa con letra mayúscula).

**NOTA:**

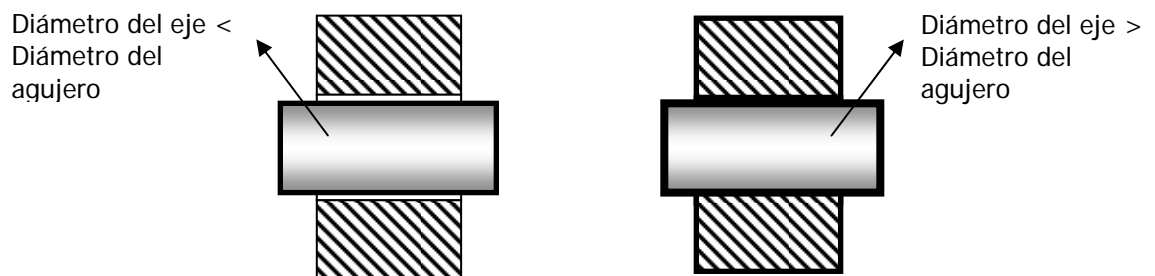
La norma americana USA S B4. 1-1967 (R1974) denominada “Ajustes y límites preferidos para piezas cilíndricas” presenta definiciones de términos que se aplican al ajuste entre superficies cilíndricas lisas (no roscadas) y hace recomendaciones sobre tamaños preferidos, tolerancias y ajustes, que deben ser aplicados donde sea posible.

El ajuste está definido como el grado de holgura o interferencia que existe entre dos piezas cilíndricas que trabajan, una montada sobre otra. Existen esencialmente tres tipos de ajuste :

✓ Ajuste con holgura. Las tolerancias de las dos partes (eje-agujero) están definidas para que siempre exista holgura cuando las partes son ensambladas. Diámetro agujero mayor que el diámetro del eje (mostrada en la figura 8).

✓ Ajuste con interferencia: las tolerancias de las dos partes (eje-agujero) están definidas para que siempre exista interferencia cuando las partes son ensambladas. Diámetro eje mayor que el diámetro del agujero (mostrada en la figura 8).

✓ Ajuste de transición: las tolerancias de las dos partes (eje-agujero) están definidas de tal modo que puede presentarse holgura o interferencia al ensamblar las partes



**Figura 14. Ajustes con holgura e interferencia.**

Diámetro (mm)	Desde	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355		
	Hasta	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400		
Tolerancias para ejes (micrometros)	j5	3 -2	4 -2	5 -3	5 -4	6 -5	6 -7	6 -9	7 -11	7 -13	7 -16	7 -18											
	j6	6 -2	7 -2	8 -3	9 -4	11 -5	12 -7	13 -9	14 -11	16 -13	16 -16	18 -18											
	j7	8 -4	10 -5	12 -6	13 -8	15 -10	18 -12	20 -15	22 -18	25 -21	26 -26	29 -28											
	js5	2,5 -2,5	3 -3	4 -4	4,5 -4,5	5,5 -5,5	6,5 -6,5	7,5 -7,5	9 -9	10 -10	11,5 -11,5	12,5 -12,5											
	js6	4 -4	4,5 -4,5	5,5 -5,5	6,5 -6,5	8 -8	9,5 -9,5	11 -11	12,5 -12,5	14,5 -14,5	16 -16	18 -18											
	js7	6 -6	7,5 -7,5	9 -9	10,5 -10,5	12,5 -12,5	15 -15	17,5 -17,5	20 -20	23 -23	26 -26	28,5 -28,5											
	k5	6 1	7 1	9 1	11 2	13 2	15 2	18 3	21 3	24 4	27 4	29 4											
	k6	9 1	10 1	12 1	15 2	18 2	21 2	25 3	28 3	33 4	36 4	40 4											
	k7	13 1	16 1	19 1	23 2	27 2	32 2	38 3	43 3	50 4	56 4	61 4											
	m5	9 4	12 6	15 7	17 8	20 9	24 11	28 13	33 15	37 17	43 20	46 21											
	m6	12 4	15 6	18 7	21 8	25 9	30 11	35 13	40 15	46 17	52 20	57 21											
	m7	16 4	21 6	25 7	29 8	34 9	41 11	48 13	55 15	63 17	72 20	78 21											
	n5	13 8	16 10	20 12	24 15	28 17	33 20	38 23	45 27	51 31	57 34	62 37											
	n6	16 8	19 10	23 12	28 15	33 17	39 20	45 23	52 27	60 31	66 34	73 37											
	n7	20 8	25 10	30 12	36 15	42 17	50 20	58 23	67 27	77 31	86 34	94 37											
	p5	17 12	21 15	26 18	31 22	37 26	45 32	52 37	61 43	70 50	79 56	87 62											
	p6	20 12	24 15	29 18	35 22	42 26	51 32	59 37	68 43	79 50	88 56	98 62											
	r6	23 15	28 19	34 23	41 28	50 34	60 41	62 43	73 51	76 54	88 63	90 65	93 68	106 77	109 80	113 84	126 94	130 98	144 108	150 114			

**Tabla 19. Tolerancia para ejes, ISO 286.**

Las tablas 20 y 21 son proporcionadas como una guía para la holgura diametral de cojinetes lisos y sellos, ya que esta información debe ser suministrada por el fabricante. Sin embargo estas guías pueden ser útiles, para esto es importante revisar las dimensiones del nuevo rodamiento y sello, según sea el caso, para ingresar a la respectiva tabla.

Diámetro (mm)	Desde	3	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	
	Hasta	6	10	18	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	
F6	18	22	27	33	41	49	58	68	79	88	98											
	10	13	16	20	2	30	36	43	50	56	62											
F7	22	28	34	41	50	60	71	83	96	108	119											
	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62											
F8	28	35	43	53	64	76	90	106	122	137	151											
	10	13	16	20	25	30	36	43	50	56	62											
G6	12	14	17	20	25	29	34	39	44	49	54											
	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18											
G7	16	20	24	28	34	40	47	54	61	69	75											
	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18											
G8	22	27	33	40	48	56	66	77	87	98	107											
	4	5	6	7	9	10	12	14	15	17	18											
H6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
H7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
H8	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
H9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
H10	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
H11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
J6	5	5	6	8	10	13	16	18	22	25	29											
	-3	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-7											
J7	6	8	10	12	14	18	22	26	30	36	39											
	-6	-7	-8	-9	-11	-12	-13	-14	-16	-16	-18											
J8	10	12	15	20	24	28	34	41	47	55	60											
	-8	-10	-12	-13	-15	-18	-20	-22	-25	-26	-29											
JS6	4	4,5	5,5	6,5	8	9,5	11	12,5	14,5	16	18											
	-4	-4,5	-5,5	-6,5	-8	-9,5	-11	-12,5	-14,5	-16	-18											
JS7	6	7,5	9	10,5	12,5	15	17,5	20	23	26	28,5											
	-6	-7,5	-9	-10,5	-12,5	-15	-17,5	-20	-23	-26	-28,5											
JS8	9	11	13,5	16,5	19,5	23	27	31,5	36	40,5	44,5											
	-9	-11	-13,5	-16,5	-19,5	-23	-27	-31,5	-36	-40,5	-44,5											
K6	2	2	2	2	3	4	4	4	5	5	7											
	-6	-7	-7	-9	-11	-13	-15	-18	-21	-24	-29											
K7	3	5	6	6	7	9	10	12	13	16	17											
	-9	-10	-12	-15	-18	-21	-25	-28	-33	-36	-40											
K8	5	6	8	10	12	14	16	20	22	25	28											
	-13	-16	-19	-23	-27	-32	-38	-43	-50	-56	-61											
M6	-1	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-8	-8	-9	-10											
	-9	-12	-15	-17	-20	-24	-28	-33	-37	-41	-46											
M7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
	-12	-15	-18	-21	-25	-30	-35	-40	-46	-52	-57											
M8	2	1	2	4	5	5	6	8	9	9	11											
	-16	-21	-25	-29	-34	-41	-48	-55	-63	-72	-78											
N6	-5	-7	-9	-11	-12	-14	-16	-20	-22	-25	-26											
	-13	-16	-20	-24	-28	-33	-38	-45	-51	-57	-62											
N7	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-12	-14	-14	-16											
	-16	-19	-23	-28	-33	-39	-45	-52	-60	-66	-73											
N8	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-5											
	-20	-25	-30	-36	-42	-50	-58	-67	-77	-86	-94											
P6	-9	-12	-15	-18	-21	-26	-30	-36	-41	-47	-51											
	-17	-21	-26	-31	-37	-45	-52	-61	-70	-79	-87											
P7	-8	-9	-11	-14	-17	-21	-24	-28	-33	-36	-41											
	-20	-24	-29	-35	-42	-51	-59	-68	-79	-88	-98											
P8	-12	-15	-18	-22	-26	-32	-37	-43	-50	-56	-62											
	-30	-37	-45	-55	-65	-78	-91	-106	-122	-137	-151											
R6	-12	-16	-20	-24	-29	-35	-44	-56	-68	-81	-97											
	-20	-25	-31	-37	-45	-54	-66	-81	-97	-117	-143											
R7	-11	-13	-16	-20	-25	-30	-38	-48	-59	-74	-91											
	-23	-28	-34	-41	-50	-60	-73	-90	-109	-137	-174											

Tabla 20. Tolerancia para alojamientos, ISO 286.

DIMENSIONES EN PULGADAS				DIMENSIONES EN MILÍMETROS			
Agujero Rodamiento		Holgura		Agujero Rodamiento		Holgura	
Desde	Hasta	Mínimo	Máximo	Desde	Hasta	Mínimo	Máximo
0.75	1	0.0015	0.0025	19	25	0.037	0.062
1	1.25	0.0030	0.004	25	32	0.075	0.100
1.25	2	0.0035	0.005	32	50	0.087	0.125
2	2.5	0.004	0.006	50	63	0.100	0.150
2.5	3	0.005	0.007	63	75	0.125	0.175
3	4	0.006	0.008	75	100	0.150	0.200
4	5	0.007	0.009	100	125	0.175	0.225
5	6	0.008	0.010	125	150	0.200	0.250
6	7	0.009	0.011	150	175	0.225	0.275
7	8	0.010	0.012	175	200	0.250	0.300
8	9	0.011	0.013	200	225	0.275	0.325
9	11	0.012	0.014	225	275	0.300	0.350
11	13	0.013	0.015	275	325	0.325	0.375
13	15	0.014	0.016	325	375	0.350	0.400
15	17	0.015	0.017	375	425	0.375	0.425
17	19	0.015	0.018	425	475	0.375	0.450
19	22	0.016	0.019	475	550	0.400	0.475
22	28	0.018	0.021	550	700	0.450	0.525

Tabla 21. Guía de holgura diametral para cojinetes lisos (chumaceras).

Diámetro del eje (-0.002)	Agujero (+0-002)	Diámetro del eje (-0.002)	Agujero (+0-002)
3.000	3.015	4.750	4.774
3.375	3.392	4.937	4.962
3.625	3.643	5.000	5.025
3.781	3.800	5.250	5.276
4.000	4.020	5.718	5.747
4.188	4.209	6.000	6.030
4.250	4.271	7.000	7.035
4.500	4.523	-	-

Dimensiones en pulgadas. Holgura Eje/sello = 0.005" por pulgada de diámetro.

Tabla 22. Guía de holgura diametral para sellos.

<b>CONCLUSIONES</b>	En las tablas anteriores se presentan recomendaciones adecuadas para los ajustes requeridos para un correcto montaje de rodamientos.
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>4.7 LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS</b>
<b>OBJETO</b>	Describir el proceso y producto utilizado para la lubricación

	de rodamientos, con el fin de garantizar un correcto funcionamiento.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista.
<b>REFERENCIA</b>	Catálogo General SKF.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Para que los rodamientos funcionen de un modo fiable, deben estar adecuadamente lubricados con el fin de evitar el contacto metálico directo entre los elementos rodantes. El lubricante también evita el desgaste y protege las superficies contra la corrosión.</p> <p>Bajo condiciones normales de funcionamiento, es posible utilizar grasa para lubricar los rodamientos en la mayoría de aplicaciones. La ventaja de la grasa con respecto al aceite, es que es más fácil de retener en la disposición de rodamientos y también ayuda a obturar la disposición contra los contaminantes, la humedad o el agua.</p> <p>La grasa que se empleará para la lubricación de los rodamientos, según la recomendación del fabricante de rodamientos usados, SKF, es Grasa SKF LGHP2, de alto rendimiento para altas temperaturas. En la ficha técnica 1 se puede ver la información del producto.</p> <p>Una cantidad excesiva de grasa provoca un rápido aumento de temperatura en el interior del rodamiento, particularmente cuando éste funciona a altas velocidades. Por regla general, solamente el rodamiento debe quedar completamente lleno de grasa en el momento de la puesta en marcha, mientras que el espacio libre que queda en el alojamiento debe estar parcialmente cubierto. Antes de que el rodamiento funcione a altas velocidades, se debe permitir que el exceso de grasa en el rodamiento se asiente o se elimine durante un periodo de rodaje. Al final del periodo de rodaje la temperatura de funcionamiento descenderá</p>	

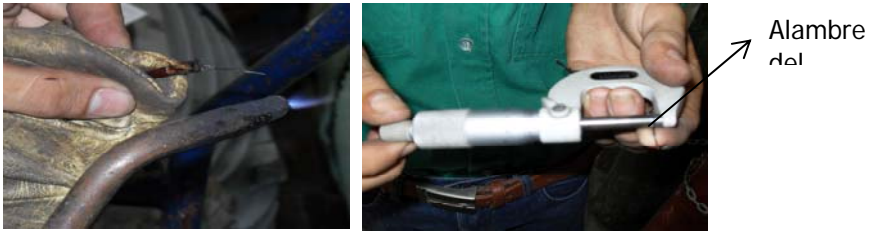
considerablemente, lo que indica que la grasa se ha distribuido adecuadamente en la disposición. No obstante, cuando los rodamientos van a funcionar a velocidades muy bajas y se requiere una buena protección contra la contaminación y la corrosión, es aconsejable llenar el alojamiento completamente de grasa.

Para lubricación con aceite, este es designado por el manual del fabricante del equipo, así como la cantidad requerida.

<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	La aplicación del lubricante mencionado, garantiza un buen funcionamiento del rodamiento.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5. MANTENIMIENTO Y REPARACION ELÉCTRICA</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las actividades requeridas para hacer la reparación eléctrica de los motores.
<b>PARTICIPANTES</b>	Auxiliar de mantenimiento, Técnico Electricista, Supervisor de taller, Gerente de Producción.
<b>REFERENCIA</b>	IEEE 432-1992, IEEE 112-1996, IEEE 43-2000, ANSI/EASA AR100-2001, NEMA Standards MG 1-1998, IEC Standard publication 60034-8, Manual de motores WEG, Manual de motores SIEMENS.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
5.1. INFORMACIÓN DE ENTRADA 5.2. TOMA DE DATOS 5.3. DESMONTAJE 5.4. LIMPIEZA 5.5. BOBINADO DEL MOTOR 5.6. PRUEBAS DE VERIFICACIÓN DEL BOBINADO 5.6.1 Prueba Hi-Pot 5.6.2 Prueba Surge	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	Teniendo en cuenta las actividades descritas para realizar el mantenimiento y reparación de los motores eléctricos y los criterios técnicos para la aprobación de las mismas, se pueden obtener productos conformes y garantizar la satisfacción del cliente.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.1 INFORMACION DE ENTRADA</b>
<b>OBJETO</b>	Tener en cuenta la información técnica de consulta indicada para esta actividad.
<b>PARTICIPANTES</b>	Conductor, Auxiliar de mantenimiento, Técnico Electricista, Operador de máquina herramienta, Supervisor de taller, Coordinador de Planta, Gerente de Producción.
<b>REFERENCIA</b>	Manual de motores WEG, Manual de motores SIEMENS.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>La información técnica del equipo proviene del Manual del fabricante. Si existe información del fabricante del equipo a intervenir, es muy importante tenerla en cuenta, ya que esta suministra condiciones óptimas de trabajo bajo las cuales fue diseñado cada equipo. Este catálogo también especifica los materiales empleados y sus características, lo cual se debe mantener para garantizar la operación correcta del equipo. Cuando no se dispone de esta información, es importante recurrir a las recomendaciones establecidas en las normas técnicas aplicables a cada actividad, las cuales están contempladas en este Manual técnico.</p> <p>Todas las características del bobinado, conexiones y demás se conservarán como el equipo original.</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	Este manual reúne la información técnica requerida para hacer un correcto mantenimiento de motores eléctricos trifásicos, aún cuando se cuenta con el catálogo del fabricante del equipo a intervenir.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.2 TOMA DE DATOS</b>												
<b>OBJETO</b>	Describir los datos que deben tomarse para realizar un correcto mantenimiento y reparación eléctrica a los motores eléctricos.												
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista.												
<b>REFERENCIA</b>	IEEE 432-1992, ANSI/EASA AR100-2001.												
<b>PROCEDIMIENTO</b>													
<p>El técnico electricista hace la toma de datos y registra en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO” (formato 3), tales datos son:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Plano de conexión del motor</td> <td style="width: 50%;">Tipo de conexión</td> </tr> <tr> <td>Numero de ranuras</td> <td>Paso</td> </tr> <tr> <td>Número de grupo de bobinas</td> <td>Bobinas por grupo</td> </tr> <tr> <td>Espiras por bobinas</td> <td>Hilos</td> </tr> <tr> <td>Profundidad de ranuras</td> <td>Cabeza</td> </tr> <tr> <td>Calibre del alambre</td> <td>Hierro</td> </tr> </table> <p>Todo el sistema, es decir materiales, configuración de bobinas y conexiones, debe conservarse igual como lo usó el fabricante original del equipo.</p> <p>Para determinar el calibre del alambre, es importante retirar el material de pintura aislante mediante calor antes de hacer su calibración. Para su calibración se emplea un micrómetro de exteriores y el resultado se compara con los calibres de alambres estándar, mostrados en la tabla 22.</p>		Plano de conexión del motor	Tipo de conexión	Numero de ranuras	Paso	Número de grupo de bobinas	Bobinas por grupo	Espiras por bobinas	Hilos	Profundidad de ranuras	Cabeza	Calibre del alambre	Hierro
Plano de conexión del motor	Tipo de conexión												
Numero de ranuras	Paso												
Número de grupo de bobinas	Bobinas por grupo												
Espiras por bobinas	Hilos												
Profundidad de ranuras	Cabeza												
Calibre del alambre	Hierro												
													
<b>Figura 15. Preparación y medición del alambre del bobinado.</b>													

## CRITERIOS DE APROBACIÓN

CALIBRE AWG	DIÁMETRO mm	AREA mm <sup>2</sup>	CALIBRE AWG	DIÁMETRO mm	AREA mm <sup>2</sup>	CALIBRE AWG	DIÁMETRO mm	AREA mm <sup>2</sup>
4/0	11.68	107.20	14	1.628	2.082	24	0.511	0.205
3/0	10.4	85.01	14 1/2	1.537	1.850	24 1/2	0.483	0.183
2/0	9.266	67.43	15	1.450	1.651	25	0.455	0.162
1/0	8.252	53.45	15 1/2	1.369	1.470	25 1/2	0.429	0.145
1	7.348	42.41	16	1.250	1.307	26	0.404	0.129
2	6.543	33.62	16 1/2	1.219	1.170	27	0.361	0.102
3	5.827	26.67	17	1.151	1.040	28	0.320	0.0804
4	5.189	21.15	17 1/2	1.085	0.922	29	0.287	0.0647
5	4.620	16.77	18	1.024	0.823	30	0.254	0.0507
6	4.115	13.30	18 1/2	0.965	0.730	31	0.226	0.0401
7	3.665	10.55	19	0.912	0.653	32	0.203	0.0324
8	3.264	8.367	19 1/2	0.861	0.581	33	0.180	0.0255
9	2.906	6.631	20	0.813	0.519	34	0.160	0.0201
10	2.588	5.261	20 1/2	0.767	0.461	35	0.142	0.0159
10 1/2	2.443	4.689	21	0.724	0.412	36	0.127	0.0127
11	2.304	4.169	21 1/2	0.683	0.366	37	0.114	0.0103
11 1/2	2.174	3.710	22	0.643	0.324	38	0.102	0.00811
12	2.052	3.307	22 1/2	0.607	0.289	39	0.089	0.00621
12 1/2	1.938	2.950	23	0.574	0.258	40	0.079	0.00487
13	1.829	2.627	23 1/2	0.541	0.230	41	0.071	0.00387
13 1/2	1.725	2.330				42	0.064	0.00317

**Tabla 23. Calibre de alambres para bobinado.**

### CONCLUSIONES

Los datos obtenidos son registrados en el formato "ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO". Cualquier condición fuera de lo normal que se observe también debe ser registrada en este formato.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.3 DESMONTAJE</b>
<b>OBJETO</b>	Conocer la actividad de desmontaje para realizar la reparación Eléctrica del motor.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista.
<b>REFERENCIA</b>	No aplica.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
Extraer el alambre y cuñas del estator, para lo cual se emplea la herramienta conocida como cortador. El bobinado debe ser removido de tal manera que no cause daños al núcleo ni demás componentes.	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	Una vez retirado el material, se debe inspeccionar el núcleo para verificar su estado. Cualquier anomalía debe reportarse al Supervisor de taller y registrarse en el formato "ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO".

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.4. LIMPIEZA</b>
<b>OBJETO</b>	Realizar limpieza al estator, para retirar grasas, impurezas y partículas de suciedad en general, alojadas principalmente en las ranuras.
<b>PARTICIPANTES</b>	Auxiliar de mantenimiento.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>✓ Sumergir el estator en un recipiente con solvente industrial dieléctrico SS-26 por 15 minutos. En la ficha técnica 2, se presentan las características técnicas del producto empleado para la limpieza.</p> <p>✓ Retirar el estator y remover sustancias con cepillo de dientes de alambre.</p> <p>✓ Utilizar agua y jabón convencional para retirar producto desengrasante y suciedad.</p> <p>✓ Realizar secado a temperatura ambiente por 1 día.</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	Verificar secado mediante inspección visual y tacto.
<b>CONCLUSIONES</b>	El proceso de limpieza es sencillo, sin embargo es importante que el secado se efectúe por el periodo de tiempo mencionado.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.5 BOBINADO DEL MOTOR</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las actividades requeridas para hacer el bobinado del motor en reparación, teniendo en cuenta el uso de los materiales adecuados.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista.
<b>REFERENCIA</b>	IEEE 432-1992, ANSI/EASA AR100-2001, Manual de motores WEG, Manual de motores SIEMENS.

<p><b>PROCEDIMIENTO</b></p> <p>El bobinado realizado debe mantener las mismas características del bobinado del equipo original en cuanto a materiales, forma de bobinas, tamaño y método de aplicación. Para hacer el bobinado del motor, se emplean los siguientes materiales:</p> <p><b>Alambre conductor.</b> Alambre magneto de cobre, con doble capa de aislamiento. Material con excelente estabilidad térmica y propiedades dieléctricas y mecánicas. Ver ficha técnica 3, donde se describen las características del material empleado.</p> <p><b>Material aislante – Fibras.</b> los materiales aislantes en máquinas eléctricas buscan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aislar las bobinas entre si.</li> <li>• Aislar las bobinas de diferentes fases.</li> <li>• Aislar las bobinas de la carcasa de la máquina (Se conoce como aislamiento a tierra o masa).</li> <li>• Aislar las láminas del núcleo magnético.</li> </ul> <p>La máxima temperatura de operación de un motor depende principalmente de los materiales usados en su construcción. Existen varias clases de aislamiento, pero las más usadas son:</p>
--

Clase de aislamiento 130 (Clase B). Es la que comprende materiales aislantes o combinación de los mismos, que deben ser capaces de soportar una temperatura máxima de 130°C.

Clase de aislamiento 155 (Clase F). Es la que comprende materiales aislantes o combinación de los mismos, que deben ser capaces de soportar una temperatura de 155°C.

Clase de aislamiento 180 (Clase H). Es la que comprende materiales aislantes o combinación de los mismos, que deben ser capaces de soportar una temperatura de 180°C. Este tipo de aislamiento es usado para la reparación de motores. La información correspondiente se presenta en la ficha técnica 4.

**Cable para las líneas de alimentación.** Material de cobre electrolítico blando extraflexible, para una tensión de servicio de 600 voltios AC, con aislamiento para una temperatura de conductor de 130°C. sus características técnicas se presentan en la ficha técnica 5.

**Tubo flexible.** Tubo aislante flexible de fibra de vidrio, para cubrir los puntos de conexión de los grupos de bobinas y los empalmes de las mismas. Ver ficha técnica 6.

**Cordel de amarre.** Cinta con alta resistencia térmica, empleada para amarre de bobinas y soporte mecánico del devanado. Se presenta en la ficha técnica 7.

**Terminales.** Para conexión de motores. Ver ficha técnica 8.

El bobinado se realizará conforme a los siguientes pasos, teniendo en cuenta los materiales y demás datos tomados inicialmente:

✓ Cortar las fibras (material aislante). Usar material y tamaño de muestra del motor original. Insertar las fibras en cada una de las ranuras.

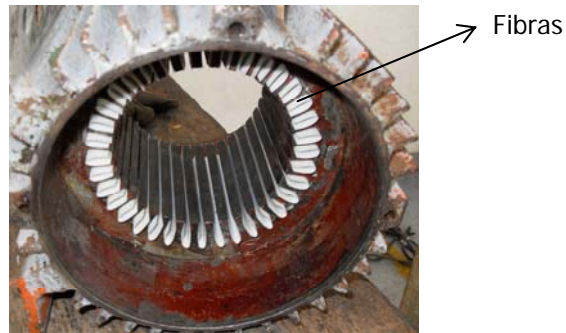
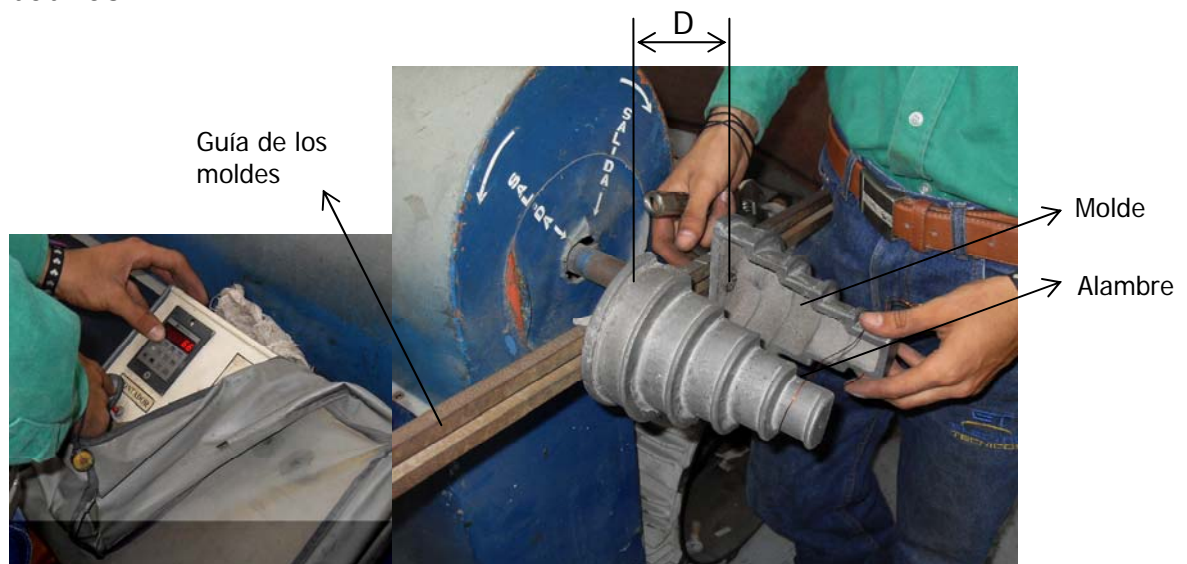


Figura 16. Fibras insertadas en las ranuras antes de iniciar bobinado.

✓ Hacer una muestra con el alambre de calibre seleccionado, de la bobina para determinar la matriz, haciendo un montaje provisional en las ranuras. Para hacer las bobinas, se utiliza la máquina bobinadora, en la cual se programa el número de espiras, sentido de giro de los moldes y velocidad de giro. En ésta se ubican los moldes deslizándolos por la guía y teniendo en cuenta la distancia D que se requiera. La distancia D determina la longitud de las bobinas. En la figura 11 se muestra la máquina bobinadora y el montaje de los moldes para hacer las bobinas.



- ✓ Revisar la bobina de muestra en las ranuras y de acuerdo a este montaje se ajusta el tamaño más conveniente para que las bobinas no sobresalgan e interfieran en el montaje final del motor, sin embargo éstas no deben ser tan cortas que hagan contacto con el núcleo
  
- ✓ Hacer los grupos con el tamaño elegido en la máquina bobinadora, instalarlos en las ranuras conforme al diagrama del equipo (datos tomados antes de hacer desmontaje) y hacer el cierre de las ranuras con material aislante. Cada grupo debe quedar marcado y separado por fibras (material aislante).
  
- ✓ Amarrar las cabezas de la bobina del lado posterior de la conexión.
  
- ✓ Realizar conexión de bobinas, según diagrama registrado en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO” (Formato 3), antes de desarmar el bobinado. Hacer conexión de líneas.
  
- ✓ Insertar tubo flexible en conexiones de bobinas y puentes de grupos de bobinas. Aplicar soldadura de plata en todas las conexiones realizadas.
  
- ✓ Aislar punto de conexión con cinta.
  
- ✓ Poner terminales en puntos de conexión.
  
- ✓ Amarrar conexión con la cabeza de la bobina.
  
- ✓ Asentar cuñas de cierre.

En la figura 12 se muestra un esquema de conexión de bobinas, aplicación de soldadura de plata en las conexiones de línea, uso del tubo flexible y amarre de bobinas.

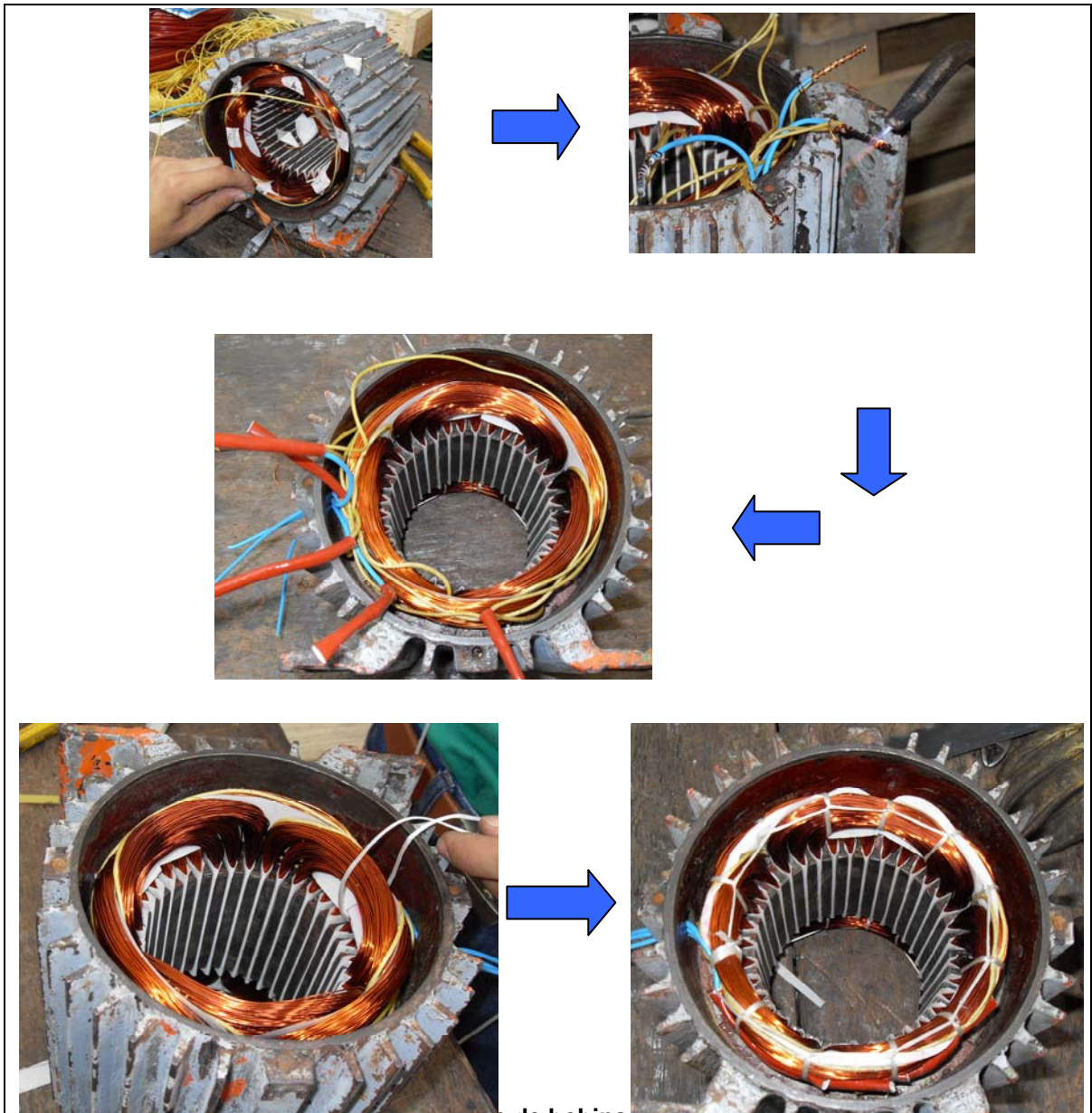


Figura 16. Esquema de conexión y amarre de bobinas.

<p><b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b></p>	<p>Inspeccionar que las conexiones estén realizadas conforme al diagrama. Es importante que el bobinado tenga buena presentación.</p>
<p><b>CONCLUSIONES</b></p>	<p>Al finalizar esta etapa, el bobinado queda listo para la verificación de su conformidad.</p>

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.6 PRUEBAS DE VERIFICACIÓN AL BOBINADO</b>
<b>OBJETO</b>	Realizar pruebas al bobinado para verificar su conformidad.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico electricista, Supervisor de taller.
<b>REFERENCIA</b>	IEEE 432-1992, IEEE 112-1996, IEEE 43-2000, ANSI/EASA AR100-2001.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Realizar las siguientes pruebas</p> <p>Prueba de resistencia de aislamiento. Ver 2.2.2</p> <p>Prueba de Continuidad. Ver 2.2.4</p> <p>Prueba Hi-Pot (High Potencial). Ver 5.6.1</p> <p>Prueba Surge. Ver 5.6.2</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	<p>Ver</p> <p>2.2.2 Pruebas de resistencia de aislamiento.</p> <p>2.2.4 Prueba de continuidad.</p> <p>5.6.1 Prueba Hi-pot</p> <p>5.6.2 Prueba Surge.</p>
<b>CONCLUSIONES</b>	Estas pruebas pueden evidenciar el estado del aislamiento, sin embargo, los resultados de las pruebas de inspección y resistencia de aislamiento deben ser aceptables antes de realizar las pruebas Hi-pot y/o surge (son pruebas destructivas).

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.6.1 Prueba Hi-pot (High- Potencial)</b>
<b>OBJETO</b>	Verificar la capacidad del sistema aislante para soportar esfuerzos dieléctricos <sup>xiv</sup> .
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de Taller.
<b>REFERENCIA</b>	IEEE 112-1996, IEEE 43-2000, ANSI/EASA AR100-2001.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Esta prueba debe realizarse cuando los resultados de la inspección (ver 2.2.1) y de la prueba de resistencia de aislamiento (ver 2.2.2) son aceptables (por ser una prueba destructiva).</p> <p>La prueba consiste en la aplicación deliberada de una tensión alterna superior a la nominal del equipo a ensayar. Se emplea el equipo analizador de devanados.</p> <p>La tensión de ensayo se elige de modo que un aislamiento en buen estado pueda pasar el ensayo y un aislamiento dañado no. Esta es una prueba destructiva. Para evitar esfuerzos excesivos del aislamiento, no es recomendada la repetición de la prueba.</p> <p><b><u>Hi-pot DC</u></b></p> <p>Si se usa voltaje DC, este debe ser 1.7 veces el voltaje AC.</p> <p>Voltaje DC prueba = 1.7 Voltaje AC del equipo a ensayar</p> <p>El voltaje debe incrementarse gradualmente hasta el voltaje de prueba. La prueba debe realizarse por un minuto (tiempo después de alcanzar voltaje de prueba). Un error en esta prueba es menos perjudicial para el bobinado si se usa voltaje DC.</p>	

### **Hi-pot AC**

Esta prueba debe ser realizada aplicando un voltaje específico a 50-60Hz continuamente por un minuto.

Al finalizar la prueba Hi-pot, debe repetirse la prueba de resistencia de aislamiento (ver 2.2.2).

### **Bobinados nuevos**

La prueba debe ser aplicada como se describe en la tabla 23 para AC y en la tabla 24 para DC.

Cuando se requiera una prueba Hi-pot después de terminado el rebobinado y una vez se haya instalado el equipo, es recomendado que el voltaje de prueba no supere el 85% del voltaje de prueba original. La prueba debe ser aplicada una sola vez con el voltaje especificado<sup>xv</sup>.

	DESCRIPCION DE LA MÁQUINA	VOLTAJE AC PARA PRUEBA HI-POT	
		BOBINADO ESTATOR	BOBINADO ROTOR
Máquinas de inducción AC	Motores = 0.5 HP ó menos Generadores = 373 Watts ó menos Para operación en circuitos = 250 V ó menos	1000 Voltios	1000 Voltios + 2 (Voltaje secundario)
	> 250 V		
	Motores > 0.5 HP Generadores > 373Watts No reversibles	1000 Voltios + 2 (Voltaje nominal de la máquina)	1000 Voltios + 4 (voltaje secundario)
	Reversibles		

**Tabla 24. Voltajes de prueba AC para prueba Hi-Pot**

	Máquinas de inducción AC	DESCRIPCION DE LA MÁQUINA	VOLTAJE DC PARA PRUEBA HI-POT	
			BOBINADO ESTATOR	BOBINADO ROTOR
		Motores = 0.5 HP ó menos Generadores = 373 Watts ó menos Para operación en circuitos = 250 V ó menos	1700 Voltios	1700 Voltios + 3.4 (Voltaje secundario)
		> 250 V	1700 Voltios + 3.4 (Voltaje nominal de la máquina)	
		Motores > 0.5 HP Generadores > 373Watts No reversibles		
		Reversibles		1700 Voltios + 6.8 (voltaje secundario)

**Tabla 25. Voltajes de prueba DC para prueba Hi-Pot**

### **Bobinados Reparados**

La prueba Hi-pot para estos bobinados, debe ser realizada al 65% de los valores para la prueba de nuevos bobinados.

### **Bobinados no Reparados**

A las máquinas con bobinados no reparados debe realizarse una prueba de resistencia de aislamiento en lugar de la prueba hi-pot.

### **CRITERIOS DE APROBACIÓN**

Si el aislamiento soporta esa aplicación de tensión durante cierto tiempo y no se produce una circulación excepcionalmente alta de corriente de dispersión, se asume que el equipo evaluado será capaz de soportar sin peligro la tensión normal de funcionamiento. El principio en el que se apoya este ensayo de sobretensión es que un aislamiento con algún punto débil se perforará si se encuentra sometido a una tensión alta.

### **CONCLUSIONES**

La prueba Hi-pot confirma la conformidad del bobinado. No es recomendable realizar esta prueba más de una vez.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>5.6.2 Prueba Surge</b>
<b>OBJETO</b>	Determinar el balance entre las fases.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de taller.
<b>REFERENCIA</b>	IEEE 112-1996, IEEE 43-2000, ANSI/EASA AR100-2001.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>La prueba de Surge detecta fallas tanto en los sistemas de aislamiento entre-vueltas de la bobina como en el sistema de aislamiento de fase-a-fase.</p> <p>Para la prueba se utiliza un equipo analizador de devanados, el cual compara los resultados obtenidos en una bobina con cada uno de los resultados de las otras bobinas.</p> <p>La prueba no debe realizarse si los valores de resistencia de aislamiento no supera los mínimos, ver 2.2.2 Prueba de resistencia de aislamiento.</p> <p>Para seleccionar el valor del voltaje de prueba se utilizan las siguientes expresiones:</p> $V_{\text{mínimo}} = \text{Número de espiras} \times 350 \text{ Voltios AC}$ $V_{\text{máximo}} = \text{Voltaje de operación del devanado} \times 1.5$ <p>Con el valor mínimo se obtiene el nivel de esfuerzo por vuelta necesario (Ley de Parchen) para mostrar un vacío en el aislamiento entre vueltas por medio de un arco a través del espacio de aire entre ellas.</p> <p>El valor de Voltaje máximo está basado en el peor caso de distribución de un impulso en el devanado, que indica que un impulso muy abrupto proveniente de la apertura o cierre de un interruptor o contactor, puede quedar distribuido a través de la primera bobina del devanado.</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	
La concordancia de las ondas revelan un bobinado igualmente distribuido entre las fases en lo que se refiere a inductancia, espiras, resistencia y fase.	
<b>CONCLUSIONES</b>	La prueba Surge confirma el balance entre fases y de esta manera la conformidad del bobinado.
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>6. BARNIZADO</b>

<b>OBJETIVO</b>	Describir la metodología empleada para la aplicación del barniz (aislante eléctrico) al bobinado, garantizando su óptimo funcionamiento.
<b>PARTICIPANTES</b>	Auxiliar de mantenimiento.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Un sistema de aislamiento que atienda a las exigencias técnicas de las máquinas eléctricas debe contar con un agente de impregnación que aglutine los demás aislantes que recubren los devanados y soporte temperaturas elevadas de trabajo. El aislante eléctrico utilizado es Royapox, Royal Diamond. En la Ficha técnica 9 se presentan todas sus características técnicas.</p> <p>El proceso de aplicación del aislante eléctrico (barnizado) se muestra en las figuras 13, 14 y 15 y se realizará de la siguiente forma.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introducir el estator en el tanque de impregnación.</li> <li>2. El barniz pasa al tanque de impregnación. Mantener presión de vacío.</li> <li>3. El barniz impregna totalmente el bobinado. Eliminar presión de vacío para que barniz pase al tanque de almacenamiento.</li> <li>4. El barniz es devuelto a su tanque de almacenamiento.</li> <li>5. Llevar el estator al horno para extraer su humedad. El secado se hace con una temperatura aproximadamente de 70°C durante 12 horas.</li> </ol>	
<b>ITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	El motor es armado una vez realizados todos los procesos requeridos para su reparación mecánica y eléctrica.

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>7. ARMADO MOTOR ELÉCTRICO</b>
<b>OBJETO</b>	Describir las actividades requeridas para hacer un correcto armado del motor eléctrico una vez realizados todos los procesos de reparación.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico Electricista, Supervisor de taller.
<b>REFERENCIA</b>	No aplica.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>El armado del motor se muestra en la figura 16 y se describe a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hacer montaje de eje – rotor y estator.</li> <li>✓ Instalar contratapas.</li> <li>✓ Aplicar vaselina para facilitar deslizamiento de rodamientos en su montaje.</li> <li>✓ Realizar montaje de rodamiento correspondiente, según parte original del equipo y registrada en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.</li> <li>✓ Aplicar, si se trata de rodamientos abiertos, grasa SKF a los mismos.</li> <li>✓ Limpiar pestañas de tapas y estator.</li> <li>✓ Aplicar en las uniones de las tapas grasa Antieze Cu, compuesto antiferrante a base de cobre. Producto del proveedor Provinas. Este producto impermeabiliza equipo y evita que ingresen sustancias del exterior.</li> <li>✓ Instalar tapas del lado del ventilador.</li> <li>✓ Instalar tapas lado del acople.</li> <li>✓ Instalar ventilador.</li> <li>✓ Instalar cubierta del ventilador.</li> </ul> <p>Instalar acople.</p>	

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>8. PRUEBAS FINALES DEL MOTOR ELÉCTRICO</b>
<b>OBJETO</b>	Realizar pruebas al motor eléctrico para verificar su conformidad y óptimo funcionamiento.
<b>PARTICIPANTES</b>	Técnico electricista, Supervisor de taller.
<b>REFERENCIA</b>	ANSI/EASA AR100-2001, IEEE 432-1992, IEEE 43-2000, IEEE 112-1996.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
Realizar las siguientes pruebas: Prueba de resistencia de aislamiento. Ver 2.2.2 Prueba de continuidad. Ver 2.2. Análisis de vibraciones. Ver 8.1	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	Ver 2.2.2 Pruebas de resistencia de aislamiento. 2.2.4 Prueba de continuidad. 8.1. Análisis de vibraciones.
<b>CONCLUSIONES</b>	Estas pruebas evidencian el estado del motor eléctrico luego de superar todas las etapas de reparación y mantenimiento. Los resultados son registrados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”. Cuando los valores de las pruebas son satisfactorios se procede a la realización del protocolo de pruebas eléctricas para entregar al cliente, en el formato “ET-R-26 PROTOCOLO DE PRUEBAS A MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS” (Ver formato 7).

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>8.1 ANÁLISIS DE VIBRACIONES</b>
<b>OBJETO</b>	Determinar mediante el Análisis Vibracional las fallas que ocasionan los altos niveles de vibración como: Desbalances, desalineamiento de ejes, rodamientos defectuosos, rodamientos con holguras fuera de tolerancias, problemas eléctricos entre otros.
<b>PARTICIPANTES</b>	Supervisor de taller.
<b>REFERENCIA</b>	ISO 10816-1, NEMA Stds. MG 1, 7.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Las vibraciones son la mejor indicación de la condición mecánica de una máquina y es una herramienta muy útil para detectar fallas o garantizar un correcto funcionamiento del equipo recientemente reparado, por esta razón, cuando el equipo ha superado todas las etapas de reparación, es necesario realizar el análisis de vibraciones, para lo cual se emplea el equipo SKF CMVP50. Las mediciones se realizan en el lado del ventilador y el lado del acople de la siguiente manera:</p> <p>LADO VENTILADOR HORIZONTAL, MAH.  LADO VENTILADOR VERTICAL, MAV.  LADO ACOPLER HORIZONTAL, MBH.  LADO ACOPLER VERTICAL, MBV.  LADO ACOPLER AXIAL, MBA.</p> <p>Teniendo el motor en el banco de pruebas, se realiza también la medición de la corriente en vacío, empleando una pinza voltiamperica para cada fase: fase R, fase S, fase T.</p> <p>Finalmente se revisa la temperatura del motor en el lado del acople y lado del ventilador. Para la medición de la temperatura se utiliza el pirómetro SKF. Los resultados son registrados en el formato 3 “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL</p>	

## MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.

A continuación se presenta información referente a la medición y análisis de vibraciones que puede facilitar el trabajo.

En general las mediciones de vibraciones globales se realizan en forma de velocidad (mm/seg) debido a que la experiencia ha demostrado que las mediciones de velocidad son la mejor indicación para evaluar la severidad de las vibraciones en el rango normal de frecuencias de giro de las máquinas rotativas usuales (de 10 a 1000 Hz). El valor global de vibraciones obtenido, comparado con los valores recomendados por el fabricante de la máquina, da una idea de la condición mecánica de la misma. En ausencia de valores recomendados por el fabricante se utilizan las normas. Respecto a las máquinas rotatorias, la normativa da criterios de evaluación de la severidad vibratoria respecto a: la condición operacional de la máquina y ensayos de aceptación de máquinas.

Las etapas que deberán seguirse para medir y analizar las vibraciones de los equipos se muestra a continuación:

**a. Etapa captación.** Implica la traducción mediante el sensor usado de una magnitud mecánica (aceleración, velocidad o desplazamiento) en una magnitud eléctrica (voltaje) proporcional a la magnitud medida. Para la medición y análisis de vibraciones se usa el equipo SKF.

Para que la captación sea confiable, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Elegir adecuadamente el punto y dirección de captación, según los intereses del ensayo.
- ✓ Fijar correctamente el sensor.

- ✓ No perturbar apreciablemente el sistema vibratorio, por ejemplo por efecto de la presión de contacto o por la masa del captador.
- ✓ Elegir adecuadamente las características del sensor, como son: la sensibilidad o factor de conversión de la magnitud eléctrica, el rango de frecuencia y la masa del sensor.

**b. Etapa de acondicionamiento de la señal.** Etapa que tiene por objeto acondicionar la señal que sale del transductor para que pueda ser medida adecuadamente, esto contempla: filtraje, integración, amplificación, entre otros datos, los cuales están predeterminados de acuerdo al modelo del medidor y analizador de vibraciones.

**c. Etapa de medición y análisis.** Las características a medir se eligen de acuerdo con los objetivos de la medición como se muestra en la tabla 25.

Objetivo de la medición	Características a medir
Análisis de vibración	Amplitud y frecuencia
Balaneo de una máquina	Amplitud y fase con respecto a una posición de referencia.

**Tabla 26. Selección de la característica de medición de las vibraciones.**

La valoración de la intensidad de la vibración puede expresarse en valor pico, valor pico-pico o valor RMS (Root Mean Square). El valor RMS es el más usado en medición de vibraciones. Las funciones o parámetros en que se expresa la vibración son: desplazamiento, velocidad y aceleración.

Los criterios para la evaluación de la severidad de las vibraciones se contemplan en la tabla 26, en función de la frecuencia.

Frecuencia de las vibraciones (Hz)	Criterio de evaluación
F < 10 (Baja Frecuencia)	Desplazamiento RMS

10 ≤ F ≤ 1000 Hz (Frecuencia Intermedia)	Velocidad RMS
F > 1000 (Alta Frecuencia)	Velocidad, aceleración RMS

**Tabla 27. Criterios para la evaluación de la severidad de vibraciones.**

Para el análisis de vibraciones se toma como referencia el espectro (dado por el equipo SKF), lo cual requiere de una correcta interpretación. En la tabla 27 se presenta un listado de probables problemas, junto con las características comúnmente encontradas en los espectros de vibración de maquinaria.

CAUSAS PROBABLES DE FALLA	CARACTERISTICAS
Desbalanceo	Vibración armónica con frecuencia de 1X RPM. La amplitud de la vibración es proporcional a la cantidad de desbalance y a la velocidad de rotación. La vibración presenta muy bajos o ningún armónicos.
Desalineamiento	Puede aparecer a 1X RPM, 2X RPM, 3X RPM o mayores.
Desalineamiento angular	Alta vibración axial a 1X RPM y puede estar acompañado por altas lecturas de múltiplos de la velocidad de rotación (2X RPM, 3X RPM).
Desalineamiento Paralelo	Alta vibración en dirección radial a 2X RPM del eje.
Desalineamiento de Cojinetes	Debido a una distorsión en la máquina o montaje inapropiado. Si existen cojinetes de fricción desalineados se presentan vibraciones en las direcciones radial y axial, usualmente a 1X RPM y 2X RPM. La vibración axial está presente y puede ocurrir a 1X RPM, 2X RPM, 3X RPM o al número de bolas o rodillos del rodamiento multiplicado por la velocidad de rotación (Ej: si el rodamiento tiene 9 bolas, la vibración puede ocurrir a 9X RPM)
Eje pandeado	Un eje pandeado normalmente aparece como una condición de desbalanceo y muestra vibraciones a 1X RPM en la dirección radial.  Si el eje está pandeado en el lado del acople, la vibración predominante se da a 2X RPM en la dirección radial. Un eje pandeado también muestra alta vibración axial debido a la torsión. La lectura axial puede ser la mayor a 2X RPM, pero también pueden estar presentes múltiplos de la velocidad de rotación del eje.
Juego Mecánico	El juego mecánico no presenta problemas si no existe otra fuente de excitación, como el desbalanceo o el desalineamiento. Aún con pequeñas fuerzas de excitación, se generan altos niveles de vibración, cuando existen severos niveles de juego mecánico.  Las principales características de vibración son: ✓ Se presentan armónicos medios a 11/2, 21/2, 31/2 X RPM.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se presenta gran número de armónicos.</li> <li>✓ Se presentan subarmónicos.</li> <li>✓ Se presentan grandes diferencias en la amplitud según la dirección de toda me la medición (horizontal, vertical, axial).</li> </ul> <p>El juego mecánico se puede presentar en elementos estructurales como: base, carcasas partidas, tapas de rodamientos, soportes de rodamientos; y elementos rotativos como: rotores, ventiladores, rodamientos, acoples.</p>
Rodamientos	<p>El excesivo juego interno en un rodamiento tiene un componente a 1X RPM y varios múltiplos de la velocidad de rotación.</p> <p>Un rodamiento girando en el eje o en el housing, mostrará una vibración igual a 3X RPM y posiblemente mayores armónicos de la velocidad.</p> <p>Desalineamiento de rodamientos puede resultar en vibración igual al número de bolas por la velocidad del eje en RPM. La amplitud de la vibración puede incrementar a medida que el rodamiento se degrada y puede desaparecer justo antes de fallar.</p>

**Tabla 28. Causas probables de falla detectada mediante análisis de vibraciones.**

Dos causas muy comunes de fallas, son el desbalanceo y desalineamiento, los cuales producen espectros con picos importantes en 1 x RPM. Para reconocerlos se pueden tener en cuenta otras características como las presentadas en la Tabla 28.

DESBALANCEO	DESALINEAMIENTO
Pico importante en 1X RPM	Importantes armónicas de 1X RPM
Vibraciones axiales bajas	Altas vibraciones axiales
Mediciones en fase	Mediciones en contratase
Independiente de la temperatura	Las vibraciones cambian con el aumento de temperatura
Depende de la velocidad debido a la fuerza centrífuga	Baja sensibilidad a los cambios de velocidad

**Tabla 29. Reconocimiento entre desbalanceo y desalineamiento.**

**d. Etapa de registro.** Los resultados de la medición y análisis de vibraciones son registradas en el formato "ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR

ELÉCTRICO TRIFÁSICO”, ver formato 3.

### CRITERIOS DE APROBACIÓN

Los límites de vibración para montaje elástico de maquinas basado en la velocidad de rotación se muestra en la tabla 29. Para maquinaria con montaje rígido los valores límites se deben multiplicar por 0.8.

RPM @ 60 Hz	Velocidad pico (pulg/s)	Velocidad (mm/s)	RPM @ 50 Hz	Velocidad pico (pulg/s)	Velocidad (mm/s)
3600	0.15	3.8	3000	0.15	3.8
1800	0.15	3.8	1500	0.15	3.8
1200	0.15	3.8	1000	0.13	3.3
900	0.12	3.0	750	0.10	2.5
720	0.09	2.3	600	0.08	2.0
600	0.08	2.0	500	0.07	1.7

**Tabla 30. Límites de vibración.**

Las normas internacionales<sup>xvi</sup> especifican la velocidad de vibración como RMS en mm/s. Para obtener un valor equivalente RMS, se debe multiplicar la vibración Pico en pulgadas/s, por 18.

Si efectuadas las pruebas anteriores los valores de la Vibración no están dentro de los parámetros establecidos, se procede a corregir las fallas encontradas en el equipo.

<b>CONCLUSIONES</b>	Los resultados de la medición y análisis de vibraciones son registrados en el formato “ET-R-18 DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”.
---------------------	---

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>9. PINTURA</b>
<b>OBJETO</b>	Establecer los aspectos relacionados con la selección y aplicación de la pintura empleada para la protección contra la corrosión y presentación final del motor eléctrico reparado y/o en mantenimiento.
<b>PARTICIPANTES</b>	Auxiliar de mantenimiento.
<b>REFERENCIA</b>	SSPC SP1, SP2, SSPC PA1.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	

La superficie de los motores debe estar limpia y pintada para controlar los diferentes factores que pueda ocasionar corrosión y también para dar una mejor presentación a los equipos.

### **Selección**

Para seleccionar la pintura que se aplica a los equipos reparados, se tendrá en cuenta las condiciones de exposición, la preparación de la superficie y la forma de aplicación de la misma.

✓ **Condiciones de exposición.** Contempla las condiciones climáticas de la zona donde estará instalado el equipo reparado, tales como temperatura y humedad relativa, así como la temperatura de trabajo del equipo.

**Preparación de la superficie.** La superficie a pintar debe encontrarse completamente limpia, seca y libre de polvo.

✓ **Forma de aplicación de la pintura.** Todo procedimiento de aplicación de pintura está determinado por la recomendación del fabricante de la pintura seleccionada.

De acuerdo con la experiencia de la empresa, la pintura PINTULUX de PINTUCO ha dado excelentes resultados para el acabado final de los equipos reparados, por esta razón se emplea este producto en sus diferentes colores conforme a los requerimientos del cliente. No obstante se podrá usar un proveedor diferente que proporcione una pintura equivalente a la usada, para lo cual tendrá en cuenta las recomendaciones y características propias del fabricante. En la tabla 30 se presenta una descripción la Pintura usada. Todas las características del producto se muestran en la Ficha técnica 10.

PINTURA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN	AMBIENTE
---------	-------------	------------	----------

Esmalte Sintético Pintulux Ref. 112.106	Esmalte sintético alquídico a base de aceite, de acabado brillante, de alta resistencia a la intemperie.	Maquinaria industrial y agrícola, estructuras, puentes, torres, motores, exterior de tuberías y tanques, puertas, ventanas, rejas, mampostería y maderas.	Industrial o marino de agresividad intermedia a la intemperie o en interiores.
---	--	---	--

**Tabla 31. Descripción de Esmalte Pintulux.**

### **Aplicación de la pintura**

Antes de iniciar la aplicación de la pintura es indispensable realizar la limpieza de todos los depósitos de aceite, grasa u otros contaminantes, se emplea el solvente industrial dieléctrico SS-26 (Ver ficha técnica 2) y en algunos casos, si es necesario, se emplea varsol convencional.

Las pinturas deterioradas se eliminan con cepillo de alambre. Las grietas y otros defectos que puedan dañar el acabado deben resanarse previamente con anticorrosivo PINTUCO Ver ficha Técnica 11.

La pintura debe ser aplicada en un lugar limpio y adecuado. Ésta debe ser mezclada conforme a las proporciones indicadas por el fabricante, las cuales se muestran en la tabla 31.

EQUIPO DE APLICACIÓN	PINTURA	AJUSTADOR THINNER	No. de Manos
Brocha	1 Galón	1/8 Galón	2 a 3
Pistola Convencional	1 Galón	¼ Galón (25%)	2 a 3

**Tabla 32. Proporciones para mezclado de Esmalte Pintulux.**

Una vez mezclado el producto, se debe utilizar un equipo de aire comprimido y pistola con boquilla adecuada. Se recomienda utilizar mangueras para presiones apropiadas y tan cortas como sea posible.

Algunas reparaciones puntuales se pueden realizar con brocha sin afectar la estética y presentación de la superficie pintada. La pintura debe aplicarse en una

sola mano, dependiendo del grado de dilución de la mezcla. Cuando se requiera la aplicación de una segunda mano, es importante tener en cuenta la recomendación de secado dada por el fabricante, la cual se muestra en la tabla 32.

### **CRITERIOS DE APROBACIÓN**

Las superficies pintadas no deben ser tocadas hasta que se encuentren totalmente secas. Todas las áreas pintadas que sufran deterioro, deberán limpiarse y pintarse nuevamente. El secado de la película de revestimiento usado se muestra en la tabla 32.

<b>SECADO a 25°C Humedad Relativa al 60%</b>	
Al Tacto	1 a 2 Horas
Para segundas manos	4 a 6 Horas

**Tabla 33. Tiempo de secado de Esmalte Pintulux**

<b>CONCLUSIONES</b>	La aplicación de la pintura al motor eléctrico finaliza el proceso de mantenimiento y/o reparación.
---------------------	---

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>10. ENTREGA PRODUCTO TERMINADO AL CLIENTE</b>
<b>OBJETO</b>	Describir la metodología empleada para realizar la entrega del producto terminado al cliente.
<b>PARTICIPANTES</b>	Coordinador de planta.
<b>REFERENCIA</b>	No aplica.
<b>PROCEDIMIENTO</b>	
<p>Cuando el motor ha finalizado su proceso de mantenimiento y/o reparación, éste es entregado al cliente, para lo cual es necesario realizar un chequeo previamente a esta entrega.</p> <p>Este chequeo se realiza conforme al formato “ET-R-46 LISTA DE VERIFICACIÓN PARA SALIDA DE EQUIPOS” y se muestra en el formato 8.</p>	
<b>CRITERIOS DE APROBACIÓN</b>	No aplica.
<b>CONCLUSIONES</b>	El equipo es entregado a conformidad una vez superado todo el proceso descrito en este manual técnico para el mantenimiento y/o reparación de motores eléctricos trifásicos.

<sup>I</sup> Referencia: IEEE Stds. Sec. 5.

<sup>II</sup> Referencia: IEC 60085-01:1984

<sup>III</sup> Referencia: IEEE Stds. 43 Sec. 5.4 y 12.2.

<sup>IV</sup> Referencia: NEMA Stds MG 1, 4.9.1.

<sup>V</sup> Referencia: IEC Stds. 60072-1, C.1.4.

<sup>VI</sup> Referencia: NEMA Stds. MG 1, 4.9.7

<sup>VII</sup> Referencia: IEC Stds. 60072-1, C.1.6.

<sup>VIII</sup> Referencia: NEMA Stds. MG 1, 4.9.2.

<sup>IX</sup> Referencia: IEC Stds. 60072-1, C.1.5.

<sup>X</sup> Referencia: NEMA Stds. MG 1, 4.12

<sup>XI</sup> Referencia: NEMA Stds. MG 1, 4.13

<sup>XII</sup> Referencia: IEC Stds 60072-1, C.1.7.

<sup>XIII</sup> ELECTROTÉCNICOS LTDA., es distribuidor de la marca SKF.G

<sup>XIV</sup> La rigidez dieléctrica de un material aislante se define como el gradiente de potencial máximo que el material puede soportar sin que se produzca la ruptura.

<sup>XV</sup> Referencia: NEMA Stds. MG 1, 12.3.

<sup>XVI</sup> Referencia: NEMA stdas. MG 1, 7.8.

**ANEXO B. PLAN DE GESTIÓN PARA EL PROCESO DE  
MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE  
ELECTROTÉCNICOS LTDA.**

## 1. TABLAS

### 1.1 DATOS DE LA EMPRESA

Los datos de la empresa tales como nombre, logotipo, dirección, teléfonos, Celular, e-mail, nit, deben estar contenidos en la tabla “Empresa”. Esta información sirve para conformar los datos de la empresa contenidos en los formularios, la cual se muestra a continuación en la tabla “Datos de formularios”.

Logotipo de la empresa	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO</b>	Aprobó:
		Fecha:
No. Edición:		
Página:		
Código del documento		
CONTENIDO DEL FORMULARIO		
Avenida 36, 29 – 09 Barrancabermeja. Tel: 6225731 – Telefax 6213937 – Cel. 310 8587725 E-mail: info@electrotecnicositda.com		

**Tabla 34. Tabla datos de formularios.**

### 1.2 DATOS DEL CLIENTE

Para generar iniciar el recorrido de un motor eléctrico en la empresa, será necesario asignar a un cliente de la empresa, el equipo que ingresa ó si este equipo pertenece a un cliente nuevo, será posible crear este nuevo cliente.

Los datos del cliente provendrán de la tabla “Clientes”, la cual servirá para administrar toda la información relacionada con el cliente, con el fin de no repetir sus datos y mantenerse disponible cuando éstos sean solicitados en cada formulario.

La tabla “Clientes” reunirá diferentes tipos de información, como tipo de clientes, contactos, contratos, etc, la cual se manejará mediante tablas auxiliares.

La empresa maneja 2 tipos de clientes. Para facilitar la codificación de cada cliente de acuerdo al tipo, existirán 2 tablas auxiliares de clientes, tales como. Tabla “Clientes formales” y Tabla “Clientes particulares”.

Los clientes formales serán identificados con un número, empleando para esto el conjunto de número naturales,  $N=\{1,2,3,\dots,n\}$ . Estos números serán asignados al equipo teniendo en cuenta el ingreso del mismo a la empresa.

ITEM	CLIENTE FORMAL	CÓDIGO
Autonumérico		Autonumérico

**Tabla 35. Tabla auxiliar Clientes Formales.**

Los clientes particulares serán codificados siempre con los dígitos 0.0.0, indiferente del nombre. Sin embargo, es importante para la gestión del proceso conocer el número de clientes de este tipo que atiende la empresa y tener disponible toda su información.

ITEM	CLIENTE PARTICULAR	CÓDIGO
Autonumérico		0.0.0

**Tabla 36. Tabla auxiliar Clientes Particulares.**

En la tabla “Clientes” se podrá apreciar los 2 tipos de clientes, los cuales, de acuerdo a la selección que se realice, remitirá a la tabla auxiliar correspondiente para la asignación del código cliente.

NOMBRE			
TIPO CLIENTE	FORMAL <i>(Código estará determinado por tabla auxiliar Clientes formales)</i>	CÓDIGO CLIENTE	<i>(Proviene de tablas auxiliares según corresponda)</i>
	PARTICULAR <i>(Código estará determinado por tabla auxiliar Clientes formales)</i>		
NIT	DIRECCIÓN		
TELÉFONO	CIUDAD		

**Tabla 37. Tabla clientes (Vista parcial).**

Cada cliente maneja diferentes contactos. La información de los contactos es importante, ya que ellos pueden ampliar información sobre los equipos en reparación o agregar algún dato que se requiera, por esto cada tabla “Clientes” podrá tener n contactos, los cuales estarán regidos por la tabla auxiliar “Contactos”, ver tabla 5. La asignación del número de contacto dependerá del consecutivo de los contactos en la tabla (autonumérico). La información de los contactos se podrá editar y eliminar cuando sea necesario.

CONTACTO 1		
NOMBRE		CARGO
TELÉFONO		MOVIL
RADIO		CORREO ELECTRONICO
OBSERVACIONES		
CONTACTO 2		
NOMBRE		CARGO
TELÉFONO		MOVIL
RADIO		CORREO ELECTRONICO
OBSERVACIONES		

**Tabla 38. Tabla auxiliar Contactos.**

La empresa maneja diferentes contratos. La información de los contratos también deberá estar contenida en la tabla “Clientes”. Los contratos se manejarán mediante la tabla auxiliar “Contratos por cliente”.

ITEM	NÚMERO CONTRATO	ALCANCE	VIGENCIA
Autonumérico			

**Tabla 39. Tabla auxiliar Contratos por cliente.**

Cuando el cliente ya existe, es decir, ya fue creado y codificado; este no deberá crearse nuevamente. Por esta razón cuando se inicie la digitalización en la tabla “Cliente”, se presentará el nombre de los clientes existentes y almacenados en las tablas auxiliares “Clientes formales” y “Clientes particulares”, y sólo tendrá que seleccionarse para ver la información.

La tabla “Clientes” conformada por las tablas auxiliares: “Clientes formales”, “Clientes particulares”, “Contactos” y “Contratos por cliente”, se muestra en la tabla 7.

### **1.3 DATOS DEL EQUIPO**

Cada equipo que ingresa a la empresa para mantenimiento y/o reparación debe tener un código interno del equipo, el cual será la identificación del mismo durante el proceso. Sin embargo, este código interno no variará para próximas reparaciones al mismo equipo que se efectúen en la empresa, por esta razón existirán 2 alternativas para asignar el código interno a un equipo:

✓ Equipos nuevos (que no han sido reparados en la empresa). Para estos equipos se creará un código nuevo. El código interno del equipo estará determinado por la tabla “Equipos reparados por cliente”, como se muestra en la tabla 8. Para cada cliente existirá una tabla independiente.

DATOS GENERALES			
NOMBRE			
TIPO CLIENTE	FORMAL	CODIGO	
	PARTICULAR	CLIENTE	
NIT		DIRECCIÓN	
TELÉFONO		CIUDAD	
CONTACTOS			
CONTACTO 1			
NOMBRE		CARGO	
TELÉFONO		MOVIL	
RADIO		CORREO ELECTRONICO	
OBSERVACION			
CONTACTO 2			
NOMBRE		CARGO	
TELÉFONO		MOVIL	
RADIO		CORREO ELECTRONICO	
OBSERVACION			
CONTRATOS			
ITEM	No. CONTRATO	ALCANCE	VIGENCIA

**Tabla 40. Tabla Clientes.**

EQUIPO	CLASE	RPM	POTENCIA	MARCA	No. INVENTARIO CLIENTE	CÓDIGO INTERNO DEL EQUIPO		
Autonómico						Código cliente	+	Equipo

**Tabla 41. Tabla Equipos reparados por Cliente.**

Los datos: Clase, Rpm, Potencia, marca, No. Inventario cliente, serán tomados por la persona que recibe el equipo y diligenciados directamente en la tabla. El campo Equipo es autonómico y el campo Código interno del

equipo está compuesto por el código del cliente y el autonumérico dado al equipo.

La tabla “Equipos reparados por cliente”, seguirá alimentándose con los datos del equipo a medida que estos vayan recolectándose durante el proceso de mantenimiento y reparación y constituirá toda la información que caracteriza el equipo.

✓ Equipos reparados anteriormente en Electrotécnicos Ltda. Estos equipos ya han sido identificados, por lo cual no se les deberá asignar un nuevo código interno. El Código interno del equipo, se seleccionará de la tabla “Equipos reparados por cliente” .

#### **1.4 DATOS DE LOS TRABAJADORES**

Toda información de los trabajadores estará contenida en la tabla “Trabajadores “ como se muestra en la tabla 9.

ITEM	NOMBRE TRABAJADOR	CARGO	DIRECCIÓN	TELÉFONO	CELULAR	RADIO
Autonumérico						

**Tabla 42. Tabla Trabajadores.**


## 2. FORMULARIOS

### 2.1 FORMULARIO “RECEPCIÓN DEL EQUIPO”

Este formulario incluirá toda la información que se toma de un equipo que ingresa a la empresa. Por esta razón, este formulario servirá de guía para reconocer el recorrido del equipo por las diferentes etapas del proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos.

La identificación del formulario será autonumérico. El formulario estará conformado por diferentes tablas, como se muestra a continuación.

- ✓ Tabla datos de formularios.
- ✓ Tabla clientes.
- ✓ Tabla equipos reparados por cliente.
- ✓ Estado de elementos externos. Estos datos serán diligenciados por la persona que reciba el equipo, de acuerdo a su inspección.
  
- ✓ Observaciones del cliente. Estos datos serán diligenciados por la persona que reciba el equipo.
  
- ✓ Diagnóstico de fallas. Estos datos serán diligenciados por la persona que reciba el equipo.

	<b>RECEPCION DEL EQUIPO</b>	Aprobó: Comité de calidad
		Fecha: 01-09-09
Código: ET-R-17		No. Edición: 2
		Página: 1 de 1

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
NOMBRE:	TELEFONO:
DIRECCIÓN:	FECHA INGRESO:

<b>DATOS DEL EQUIPO</b>			
EL EQUIPO HA SIDO REPARADO ANTES EN ELECTROTECNICOS LTDA.?	<input type="checkbox"/>	CÓDIGO INTERNO EQUIPO:	
CLASE DE MAQUINA:		RPM:	
H.P./KW.:		MARCA:	
No. INVENTARIO DEL CLIENTE:		COLOR:	

ESTADO ELEMENTOS EXTERNOS					
ELEMENTO	EXISTE		ESTADO		
	SI	NO	BUENO	REGULAR	MALO
ESTATOR					
ROTOR					
POSICION CAJA CONEXION					
IZQUIERDA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
DERECHA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
BASE CAJA DE CONEXIÓN					
VENTILADOR					
TAPA VENTILADOR					
TAPA DELANTERA					
TAPA TRASERA					
POLEA					
ACOPLE					
BASE DEL MOTOR					

<b>OBSERVACIONES DEL CLIENTE</b>		
<b>DIAGNOSTICO DE FALLAS</b>		

ENTREGA	CARGO	FIRMA

RECIBE	CARGO	FIRMA

Avenida 36, 29 - 09 Barrancabermeja. ☎ 6225731 - Telefax 6213937 - ☎ 310 8587725  
 E-mail: info@electrotecnicosltda.com

Figura 19.  
Formulario Recepción del equipo.

## 2.2 FORMULARIO “DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO”

Este formulario contendrá toda la información del equipo recopilada durante cada etapa del proceso de mantenimiento y/o reparación. La identificación del formulario será autonumérico. Ver figuras 2, 3 y 4. La información que contiene el formulario se muestra a continuación.

✓ Datos de Recepción del equipo. Los datos requeridos serán trasladados desde el formulario “Recepción del equipo”, los cuales pasarán cuando se digite el número de Recepción. Estos datos son: Fecha de ingreso y nombre de la empresa. El número del contrato podrá seleccionarse de los contratos existentes para el cliente. Este campo estará vinculado con la tabla auxiliar “Contratos por cliente”, que hace parte de la tabla clientes. Los datos del interventor y las observaciones se registrarán en el formulario y conformarán la tabla “Datos de Recepción del equipo”. En la Tabla 10 se muestra resaltados los datos existentes hasta el momento.

 <b>CÓDIGO ET-R-18</b>	<b>DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO</b>				Aprobó	Comité de Calidad			
					Fecha				
					No. Edición				
					Página	1 de 3			
No. _____									
<b>DATOS DE RECEPCIÓN DEL EQUIPO</b>				<b>DATOS DEL EQUIPO</b>					
RECEPCIÓN DEL EQUIPO		FECHA DE INGRESO		CÓDIGO INTERNO		No. INVENTARIO			
NOMBRE DE LA EMPRESA				CLASE DE MÁQUINA	POTENCIA				
NOMBRE DEL INTERVENTOR				MARCA DE EQUIPO	CLASE AISLAMIENTO				
No. CONTRATO				MODELO	DESIGNACIÓN NEMA				
OBSERVACIONES DE LA RECEPCIÓN				No. SERIE	FRAME				
				RPM	VOLTAJE				
				AMP	FACTOR DE SERVICIO				
<b>PRUEBAS ELÉCTRICAS DE ENTRADA</b>				<b>INSPECCIÓN Y MEDICIÓN</b>					
INSPECCIÓN				RODAMIENTOS		EJE		ALOJAMIENTOS	
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	Voltaje de Prueba			Ubicación	Referencia	Fabricante	Lectura Entrada	Lectura Entrada	
INDICE DE POLARIDAD				Delantero			TAPA D.	EJE D.	
CONTINUIDAD ENTRE LINEAS				Tasero			TAPA T.	EJE T.	
REALIZADO POR				OBSERVACIONES					
									NOMBRE
REALIZADO POR				REALIZADO POR					
									NOMBRE
<b>PROCESOS QUE SE REQUIEREN</b>									
MANTENIMIENTO	REPARACIÓN MECÁNICA			RECONSTRUCCIÓN TAPAS		D	T		
BOBINADO	RECONSTRUCCIÓN EJE			CAMBIO RODAMIENTOS		D	T		
CAMBIO VENTILADOR	METALIZADO EJE			D	T	OTROS			
SE TOMARON FOTOGRAFÍAS?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	ENVIADAS A:				
UBICACIÓN									
REQUIERE APROBACIÓN?	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	APROBADO POR		ORDEN DE TRABAJO		

**Figura 20. Formulario Datos técnicos motor eléctrico trifásico (Parte I).**

DATOS DE RECEPCIÓN DEL EQUIPO			
RECEPCIÓN DEL EQUIPO	Número que se digita	FECHA DE INGRESO	
NOMBRE DE LA EMPRESA			
NOMBRE DEL INTERVENTOR			
No. CONTRATO			
OBSERVACIONES DE LA RECEPCIÓN			

**Tabla 43. Tabla Datos de recepción del equipo.**

✓ Datos del equipo. El código interno del equipo será mostrado automáticamente cuando se digite el número de recepción del equipo. Así mismo los datos como número de inventario, clase de máquina, RPM, potencia, marca de equipo, pasarán al formulario. Esta información hace parte de la tabla “Equipos reparados por cliente, incluida en el formulario “Recepción del equipo”. En la tabla 11 se muestra resaltados los datos existentes hasta el momento, los datos restantes serán registrados en el formulario.

DATOS DEL EQUIPO			
CÓDIGO INTERNO		No. INVENTARIO	
CLASE DE MÁQUINA		POTENCIA	
MARCA DE EQUIPO		CLASE AISLAMIENTO	
MODELO		DESIGNACIÓN NEMA	
No. SERIE		FRAME	
RPM		VOLTAJE	
AMP		FACTOR DE SERVICIO	

**Tabla 44. Tabla Datos del equipo.**

Los “Datos del equipo” conformarán una nueva tabla que a su vez integrarán la tabla “Equipos reparados por cliente”, con el fin de acumular todas las características técnicas del equipo en esta última.

✓ Pruebas eléctricas de entrada. Estos datos se registrarán y constituirán la tabla “Pruebas eléctricas de entrada” como se muestra en la tabla 12.

Los datos de quien realiza el trabajo estarán determinados por la tabla “Trabajadores”.

PRUEBAS ELÉCTRICAS DE ENTRADA		
INSPECCIÓN		
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	Voltaje de Prueba	
INDICE DE POLARIDAD		
CONTINUIDAD ENTRE LINEAS		
REALIZADO POR		
NOMBRE	FIRMA	

**Tabla 45. Tabla Pruebas eléctricas de entrada.**

✓ Inspección y medición. Los datos se registrarán en 3 tablas: tabla “Rodamientos”, tabla “Datos Entrada eje” y tabla “Datos entrada alojamientos”. La tabla “Rodamientos”, resaltada en la tabla 13, se incorporará a la tabla “Equipos reparados por cliente” para constituir toda la información del equipo. Las 3 tablas mencionadas anteriormente harán parte de la tabla “Inspección y medición”, junto con la tabla “Trabajadores”, de donde se seleccionará el nombre de quién realizó el trabajo.

En la tabla 13, se muestra la información de las tablas descritas.

✓ Procesos que se requieren. El formulario también incluirá la información de los trabajos que requiere el equipo para lograr un óptimo funcionamiento. Dichos trabajos serán seleccionados del listado que se muestran en la tabla 14 “Procesos”.

INSPECCIÓN Y MEDICIÓN						
RODAMIENTOS			EJE		ALOJAMIENTOS	
Ubicación	Referencia	Fabricante	Lectura Entrada		Lectura Entrada	
Delantero			TAPA D.		EJE D.	
Tasero			TAPA T.		EJE T.	
OBSERVACIONES						
REALIZADO POR						
NOMBRE			FIRMA			

**Tabla 46. Tabla Inspección y medición.**

ITEM	PROCESO		
1	Mantenimiento		
2	Bobinado		
3	Cambio ventilador		
4	Reparación mecánica		
5	Reconstrucción eje		
6	Metalizado eje	D	T
7	Reconstrucción tapas	D	T
8	Cambio Rodamientos	D	T
9	Otros		
Autonumérico			

**Tabla 47. Tabla Procesos.**

✓ Datos del bobinado. El formulario “Datos Técnicos motor eléctrico trifásico” contendrá la información del bobinado del equipo (Ver figura 3), la cual se diligenciará directamente en la tabla “Datos del bobinado”. Estos datos pasarán a hacer parte de la información del equipo consignada en la tabla “Equipos reparados por cliente”.

DATOS DEL BOBINADO			
No. RANURAS		CALIBRE	
No. GRUPOS		HILOS	
BOBINA POR GRUPO		CABEZA	
PASO		HIERRO	
ESPIRAS		LONG. BOBINA	

Tabla 48. Tabla Datos del bobinado.


 <b>CÓDIGO ET-R-18</b>	<b>DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO</b>			Aprobo	Comité de Calidad
				Fecha	
				No. Edición	
				Página	2 de 3
<b>DATOS DEL BOBINADO</b>		<b>DESCRIPCIÓN DE LA REPARACIÓN</b>		<b>TEMPERATURA</b>	
No. RANURAS	CALIBRE			LADO ACOPLE (°C)	
No. GRUPOS	HILOS				
BOBINA POR GRUPO	CABEZA				
PASO	HIERRO				
ESPIRAS	LONG. BOBINA			LADO VENTILADOR (°C)	
<b>DIAGRAMA DE CONEXIÓN</b>					
<b>RESPONSABLE DE ACTIVIDADES</b>					
DESCRIPCIÓN	FECHA	RESPONSABLE		FIRMA	
DESARMADO					
BOBINADO					
ARMADO					
ENTREGADO A					

Figura 21. Formulario Datos técnicos motor eléctrico trifásico (Parte II).

✓ Temperatura. Los datos se registrarán y constituirán la tabla "Temperatura".

TEMPERATURA	
LADO ACOPLE (°C)	
LADO VENTILADOR (°C)	

**Tabla 49. Tabla Temperatura.**

- ✓ Diagrama de conexión. El diagrama será realizado por el trabajador encargado y digitalizado para ser adjunto a este formulario.
- ✓ Montaje rodamientos. La tabla “Montaje rodamientos” estará conformada por 4 tablas: tabla “Rodamientos”, tabla “Datos salida eje”, tabla “Datos salida alojamientos” y tabla “Trabajadores”, de donde se seleccionará el nombre de quién realizó el trabajo. En la tabla 17, se muestra la información de las tablas descritas.

MONTAJE RODAMIENTOS						
RODAMIENTOS			EJE		ALOJAMIENTOS	
			Ajuste		Ajuste	
Ubicación	Referencia	Fabricante	Lectura Salida		Lectura Salida	
Delantero			TAPA D.		EJE D.	
Tasero			TAPA T.		EJE T.	
OBSERVACIONES						
REALIZADO POR						
NOMBRE			FIRMA			

**Tabla 50. Tabla Montaje Rodamientos.**

- ✓ Pruebas eléctricas finales. Los resultados de las pruebas eléctricas finales se registrarán en la tabla “Pruebas eléctricas finales”, la cual se muestra en la tabla 18.

PRUEBAS ELÉCTRICAS FINALES					
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO					
INDICE DE POLARIDAD					
CONTINUIDAD ENTRE LINEAS					
CORRIENTE EN VACÍO (AMP)					
FASE ( R )		FASE ( S )		FASE ( T )	
REALIZADO POR					
NOMBRE			FIRMA		

**Tabla 51. Tabla Pruebas eléctricas finales.**

✓ Análisis de Vibraciones. Los resultados del análisis de vibraciones se registrarán en la tabla “Análisis de vibraciones”, la cual se muestra en la tabla 19.

ANÁLISIS DE VIBRACIONES	
LADO VENTILADOR H, MAH	
LADO VENTILADOR V, MAV	
LADO ACOUPLE H, MBH	
LADO ACOUPLE V, MBV	
LADO ACOUPLE A, MAB	
NOTA H = HORIZONTAL, V = VERTICAL, A = AXIAL Unidades = mm/seg	

**Tabla 52. Tabla Análisis de vibraciones.**

✓ Run-out. Los resultados de la medición de run-out se registrarán en la tabla “Rn-out” , la cual se muestra en la tabla 20.

RUN-OUT		
	POSICIÓN	RUN-OUT
	0°	
	90°	
	180°	
	270°	
OBSERVACIONES		

Tabla 53. Tabla Run-out.

✓ Responsable de actividades. Los responsables serán seleccionados de la tabla “Trabajadores”.

		DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO				Aprobó	Comité de Calidad
CÓDIGO ET-R-18						Fecha	
						No. Edición	
						Página	3 de 3
MONTAJE RODAMIENTOS				PRUEBAS ELÉCTRICAS FINALES			
RODAMIENTOS			EJE		ALOJAMIENTOS		
			Ajuste		Ajuste		
Ubicación	Referencia	Fabricante	Lectura Salida		Lectura Salida		
Delantero			TAPA D.		EJE D.		
Tasero			TAPA T.		EJE T.		
OBSERVACIONES							
REALIZADO POR							
NOMBRE				FIRMA			
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO							
INDICE DE POLARIDAD							
CONTINUIDAD ENTRE LINEAS							
CORRIENTE EN VACÍO (AMP)							
FASE ( R )		FASE ( S )		FASE ( T )			
REALIZADO POR							
NOMBRE				FIRMA			
ANÁLISIS DE VIBRACIONES				RUN-OUT			
LADO VENTILADOR H, MAH					POSICIÓN	RUN-OUT	
LADO VENTILADOR V, MAV					0°		
LADO ACOUPLE H, MBH					90°		
LADO ACOUPLE V, MBV					180°		
LADO ACOUPLE A, MAB					270°		
NOTA H = HORIZONTAL, V = VERTICAL, A = AXIAL Unidades = mm/seg				OBSERVACIONES			
RESPONSABLE DE ACTIVIDADES							
DESCRIPCIÓN	FECHA	RESPONSABLE				FIRMA	
APROBADO							
ENTREGADO A							
OBSERVACIONES							

Figura 22. Formulario Datos técnicos motor eléctrico trifásico (Parte III).

Cuando el equipo ha sido reparado en Electrotécnicos, esta información ya existe y pasa de manera directa al formulario desde las tablas respectivas.


### **2.3 FORMULARIO “COTIZACIÓN”**

Los clientes particulares requieren para iniciar la reparación del motor eléctrico su aprobación previa. Para esto se realiza una cotización antes de iniciar cualquier labor de reparación. Esta información estará contenida en el formulario “Cotización”, como se muestra en la figura 5.

La identificación del formulario será autonumérico. La información requerida pertenece a la tabla “Clientes”. Los demás datos se registrarán.

### **2.4 FORMULARIO “ORDEN DE TRABAJO”**

Cuando el cliente necesita manifestar la aprobación de una cotización o de un trabajo de los expuestos en ésta, se generará una orden de trabajo. Esta información conformará el formulario “Orden de trabajo”. El formulario será identificado autonumérico y requerirá información del cliente proveniente de la tabla “Clientes”. Los demás datos del formulario se registrarán conforme a los acuerdos realizados con el cliente y quedarán almacenados en el formulario para su consulta permanente. La información descrita se presenta en la figura 6.

 Código: ET-R-02	<b>COTIZACION</b>	Aprobó: Comité de calidad Fecha: No. Edición: Página: 1 de 1
--	-------------------	---

<b>FECHA</b>		<b>No.</b>	
<b>SEÑOR</b>			
<b>EMPRESA</b>			
<b>TELÉFONO</b>			

<b>REFERENCIA</b>	
-------------------	--

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>SUBTOTAL</b>				
<b>IVA 16%</b>				
<b>TOTAL</b>				

<b>SON:</b>			
<b>FORMA DE PAGO</b>	<b>GARANTÍA</b>	<b>VALIDEZ DE OFERTA</b>	<b>TIEMPO DE ENTREGA</b>

Con el ánimo de ofrecerle el mejor servicio y respaldo técnico, cualquier comentario con gusto lo atenderemos.

**RAYMUNDO GOMEZ VESGA**  
Gerente de Producción

**ENVIA DO**  
Día \_\_\_\_ Mes \_\_\_\_ Año \_\_\_\_

**ADJUDICA DO**  
Día \_\_\_\_ Mes \_\_\_\_ Año \_\_\_\_

Iniciación de trabajos: Día \_\_\_\_ Mes \_\_\_\_

Orden de trabajo v/o contrato No. \_\_\_\_\_

Avenida 36, 29 – 09 Barrancabermeja, Tol. 6225731 – Telefax 6213937 – Cel. 310 8587725  
E-mail: info@electrotecnicaslt.com

Figura 23. Formulario Cotización.

 Código: ET-R-01	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>	Aprobó: Comité de calidad
		Fecha: 01-08-09
		No. Edición: 4
		Página: 1 de 1

<b>No.</b>		<b>FECHA</b>	
<b>CLIENTE</b>			
<b>DIRECCION</b>		<b>TELEFONO</b>	

EQUIPO RECIBIDO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	VALOR	RECEPCIÓN DEL EQUIPO	
			Número	Fecha

**ABONO** \_\_\_\_\_ **SALDO** \_\_\_\_\_

**ACEPTACIÓN**

\_\_\_\_\_ **ELECTROTÉCNICOS LTDA.**  
**CLIENTE**

Los equipos deben ser recogidos máximo 60 días calendario después de la fecha de recibido. Después de esta fecha no respondemos.

MODIFICACIONES AL CONTRATO

**Figura 24. Formulario Orden de trabajo.**

## 2.5 FORMULARIO “PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN”

Los datos de este formulario son almacenados de manera automática al digitar el número de “Recepción del equipo”. La información proviene de la tabla “Clientes”, “Equipos reparados por cliente”, “Trabajadores” y “Procesos”. Los datos resaltados en la figura 7, son registrados por el programador de la producción.



		<b>PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN</b>				Aprobó		Comité de Calidad		
						Fecha				
CÓDIGO ET-R-24						No. Edición				
						Página		1 de 1		
RECEPCIÓN EQUIPO	CLIENTE	CODIGO INTERNO	FECHA INGRESO	OPERADOR	DATOS DEL EQUIPO				PROCESOS	FECHA ENTREGA
					HP	AMP	RPM	DESCRIPCIÓN		

Figura 25. Formulario Programación de producción.

## 2.6. FORMULARIO “PROTOCOLO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS A MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS”

El formulario “Protocolo de Pruebas eléctricas a motores Eléctricos trifásicos”, incluirá toda la información del recorrido del equipo durante su mantenimiento y/o reparación. La identificación del formulario será autonumérico. Ver el formulario en las figuras 8 y 11.

Los datos que existen se registrarán automáticamente en este formulario cuando se ingrese el número de recepción del equipo. A continuación se describe el origen de la información requerida.

 <b>CÓDIGO ET-R-26</b>	<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS A MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS</b>			Aprobó	Comité de Calidad				
				Fecha					
	No. Edición								
	Página	1 de 2							
				No.					
<b>1. DATOS DE RECEPCION DEL EQUIPO</b>									
No. RECEPCIÓN DEL EQUIPO		CLIENTE							
No. CONTRATO		DEPARTAMENTO SOLICITANTE							
NOMBRE DEL INTERVENTOR		FECHA DE INGRESO							
CÓDIGO INTERNO EQUIPO		FECHA DE ENTREGA							
OBSERVACIONES _____									
<b>2. DATOS FABRICANTE DEL EQUIPO</b>									
CLASE DE MÁQUINA	<input type="checkbox"/> Horizontal <input type="checkbox"/> Vertical	POTENCIA		<input type="checkbox"/> HP <input type="checkbox"/> KW					
MARCA DE EQUIPO		CLASE AISLAMIENTO NEMA							
MODELO		DESIGNACIÓN NEMA							
No. SERIE		FRAME							
RPM		VOLTAJE NOMINAL (V)							
AMP.		FACTOR DE SERVICIO							
<b>3. PRUEBAS INICIALES</b>									
<b>3.1. INSPECCION ELECTRICA</b>									
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		ÍNDICE DE POLARIDAD, IP		CONTINUIDAD ENTRE LÍNEAS <input type="checkbox"/>					
Lectura MEGOHMIOS (Tiempo de prueba = 1min)		Lectura (Tp = 1-10 min)							
OBSERVACIONES _____									
<b>3.2. INSPECCION MECANICA</b>									
BALINERAS		DIMENSIÓN ALOJAMIENTO			DIMENSIÓN EJE				
Referencia	Fabricante	Holgura (ISO)	Lectura Entrada	Dimensión Estandar (ISO 286)		Ajuste (ISO)	Lectura Entrada	Dimensión Estandar (ISO 286)	
			TAPA D.	MAX	MIN		EJE D.	MAX	MIN
			TAPA T.	MAX	MIN		EJE T.	MAX	MIN
OBSERVACIONES _____									
<b>4. DIAGNOSTICO DE FALLA</b>									
<b>5. DESCRIPCION DE LA REPARACION</b>									
<b>6. REGISTRO</b>									
DATO		ELECTROTECNICOS LTDA.				CLIENTE			
NOMBRE									
CARGO									
FIRMA									

**Figura 26. Formulario Protocolo de pruebas eléctricas a motores eléctricos trifásicos (Parte I).**

- ✓ Datos de recepción del equipo. Requerirá la siguiente información:
  - Formulario “Recepción del equipo”.
  - Tabla “Datos recepción del equipo” (Formulario “Datos técnicos motor eléctrico trifásico”).
  - Formulario “Programación de producción”.
  - Las observaciones se registrarán si son requeridas.
  
- ✓ Datos fabricante del equipo. Incluirá la información de la tabla “Equipos reparados por cliente”.
  
- ✓ Pruebas iniciales. Esta parte del formulario tendrá información referente a la inspección eléctrica y mecánica que se realizó al equipo como se muestra en la figura 9.

3. PRUEBAS INICIALES															
3.1. INSPECCIÓN ELÉCTRICA															
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO				ÍNDICE DE POLARIDAD, IP				CONTINUIDAD ENTRE LÍNEAS <input type="checkbox"/>							
Lectura MEGOHMIOS (Tiempo de prueba = 1min)				Lectura (Tp = 1-10 min)											
OBSERVACIONES _____															
3.2. INSPECCION MECANICA															
RODAMIENTOS		DIMENSIÓN ALOJAMIENTO						DIMENSIÓN EJE							
Referencia	Fabricante	Holgura (ISO)	Lectura Entrada		Dimensión Estandar (ISO 286)				Ajuste (ISO)	Lectura Entrada		Dimensión Estandar (ISO 286)			
			TAPA D.		MAX		MIN		EJE D.		MAX		MIN		
			TAPA T.		MAX		MIN		EJE T.		MAX		MIN		
OBSERVACIONES _____															

**Figura 27. Pruebas iniciales.**

La inspección eléctrica incluirá información de:

- Tabla “Pruebas eléctricas de entrada” (Formato Datos técnicos motor eléctrico). El campo observaciones = inspección.
- La inspección mecánica incluirá información de:

- Tabla “Rodamientos”
- Tabla “Datos entrada eje”
- Tabla “Datos entrada alojamientos”


Los datos resaltados en la figura 10 serán registrados.

RODAMIENTOS		DIMENSIÓN ALOJAMIENTO						DIMENSIÓN EJE							
Referencia	Fabricante	Holgura (ISO)	Lectura Entrada		Dimensión Estandar (ISO 286)				Ajuste (ISO)	Lectura Entrada		Dimensión Estandar (ISO 286)			
			TAPA D.		MAX		MIN			EJE D.		MAX		MIN	
			TAPA T.		MAX		MIN			EJE T.		MAX		MIN	

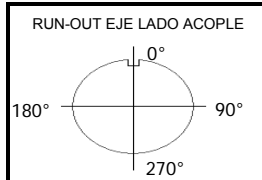
**Figura 28. Inspección mecánica.**

- ✓ Diagnostico de falla. Los datos serán registrados.
- ✓ Descripción de la reparación. Los datos serán registrados.
- ✓ Registro. El nombre provendrá de la tabla “Trabajadores”.
- ✓ Pruebas finales. La información de las pruebas finales requiere las siguientes tablas:

- Tabla “Rodamientos”
- Tabla “Datos salida eje”
- Tabla “Datos salida alojamientos”
- Tabla “Temperatura”
- Tabla “Análisis de vibraciones”
- Tabla “Run-out”
- Tabla “Pruebas eléctricas finales”

 <b>CÓDIGO ET-R-26</b>	<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS ELÉCTRICAS A MOTORES ELÉCTRICOS TRIFÁSICOS</b>	Aprobó	Comité de Calidad
		Fecha	
		No. Edición	
		Página	2 de 2

7. PRUEBAS FINALES																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">RODAMIENTOS</th> </tr> <tr> <td>Referencia</td> <td>Fabricante</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	RODAMIENTOS		Referencia	Fabricante			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Dimensión Alojamiento</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Lectura Salida</td> </tr> <tr> <td>TAPA D.</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>TAPA T.</td> <td> </td> </tr> </table>	Dimensión Alojamiento		Lectura Salida		TAPA D.		TAPA T.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Dimensión Eje</th> </tr> <tr> <td colspan="2">Lectura Salida</td> </tr> <tr> <td>EJE D.</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>EJE T.</td> <td> </td> </tr> </table>	Dimensión Eje		Lectura Salida		EJE D.		EJE T.		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">TEMPERATURA °C</th> </tr> <tr> <td>Lado Acople °C</td> <td>Lado Vent. °C</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	TEMPERATURA °C		Lado Acople °C	Lado Vent. °C		
RODAMIENTOS																															
Referencia	Fabricante																														
Dimensión Alojamiento																															
Lectura Salida																															
TAPA D.																															
TAPA T.																															
Dimensión Eje																															
Lectura Salida																															
EJE D.																															
EJE T.																															
TEMPERATURA °C																															
Lado Acople °C	Lado Vent. °C																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">LECTURA DE VIBRACIONES (H = HORIZONTAL, V = VERTICAL, A = AXIAL)</th> </tr> <tr> <td>LADO ACOUPLE H, MBH</td> <td>mm/seg</td> </tr> <tr> <td>LADO ACOUPLE V, MBV</td> <td>mm/seg</td> </tr> <tr> <td>LADO ACOUPLE A, MAB</td> <td>mm/seg</td> </tr> <tr> <td>LADO VENTILADOR H, MAH</td> <td>mm/seg</td> </tr> <tr> <td>LADO VENTILADOR V, MAV</td> <td>mm/seg</td> </tr> </table>		LECTURA DE VIBRACIONES (H = HORIZONTAL, V = VERTICAL, A = AXIAL)		LADO ACOUPLE H, MBH	mm/seg	LADO ACOUPLE V, MBV	mm/seg	LADO ACOUPLE A, MAB	mm/seg	LADO VENTILADOR H, MAH	mm/seg	LADO VENTILADOR V, MAV	mm/seg		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>POSICIÓN</th> <th>RUN-OUT</th> </tr> <tr> <td>0°</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>90°</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>180°</td> <td> </td> </tr> <tr> <td>270°</td> <td> </td> </tr> </table>	POSICIÓN	RUN-OUT	0°		90°		180°		270°							
LECTURA DE VIBRACIONES (H = HORIZONTAL, V = VERTICAL, A = AXIAL)																															
LADO ACOUPLE H, MBH	mm/seg																														
LADO ACOUPLE V, MBV	mm/seg																														
LADO ACOUPLE A, MAB	mm/seg																														
LADO VENTILADOR H, MAH	mm/seg																														
LADO VENTILADOR V, MAV	mm/seg																														
POSICIÓN	RUN-OUT																														
0°																															
90°																															
180°																															
270°																															
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO, MEGOHMIOS (tp = 1 min)																															
CORRIENTE EN VACÍO	FASE (R)	FASE (S)	FASE (T)																												

8. RECOMENDACIONES FINALES	

9. ENTREGA DEL EQUIPO	
ENTREGADO POR	RECIBIDO POR
C.C. y Firma	C.C. y Firma
Fecha	Fecha

10. CHECK LIST VERIFICACION DEL CLIENTE			
<ul style="list-style-type: none"> <li>* La caja de conexiones quedó instalada correctamente? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El acople tiene los tornillos prisioneros instalados? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El sistema de lubricación está completo y limpio (drenajes, graseras, mirillas, tapones y válvulas)? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* Se realizaron pruebas RTD's? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/></li> <li>* La tapa de la rejilla y el ventilador están en buen estado? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/></li> <li>* Los cables de salida del ventilador están en buen estado? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El valor run-out es _____ décimas pulgadas. SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El acople presenta juego axial y radial? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El motor tiene los tornillos de las tapas completos y en buen estado? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El nivel de aislamiento _____ (Megohmios) y el tiempo de prueba es _____ (Hora)</li> <li>* El valor de corriente en vacío es? Ia = _____ Ib = _____ Ic = _____ (AMP)</li> <li>* Están balanceadas las tres fases? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El valor de las vibraciones es MAH = _____ MAV = _____ MBH = _____ MBV = _____ MBA = _____</li> <li>* La temperatura de prueba del motor es T Cuerpo _____ T Lado Ventilador _____ T Lado Acople _____ (C°)</li> <li>* El estado de la marcación y pintura es correcta? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El motor tiene sello de calidad del taller? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> <li>* El motor se encuentra en condiciones óptimas para ser llevado a campo? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/></li> </ul>			

OBSERVACIONES

PERSONALMENTE HEMOS CHEQUEADO LO ANTERIOR	
ELECTRICISTA DE PRUEBAS (Nombre, Firma, Registro) Fecha	REVISADO POR: Supervisor de taller (Nombre, Firma, Registro) Fecha
INGENIERO DE CONFIABILIDAD (Nombre, Firma, Registro) Fecha	

**Figura 29. Formulario Protocolo de pruebas eléctricas a motores eléctricos trifásicos (Parte II).**

Todas estas tablas hacen parte del formulario “Datos técnicos motor eléctrico trifásico”.

- ✓ Recomendaciones finales. La información será registrada.
- ✓ Entrega del equipo. El nombre será seleccionado de la tabla “Trabajadores”.
- ✓ Check list verificación del cliente. El cliente hará la verificación en el documento impreso.
- ✓ Observaciones. El cliente hará la verificación en el documento impreso.

## **2.7 FORMULARIO “LISTA DE VERIFICACIÓN PARA SALIDA DE EQUIPOS”**

El formulario será identificado autonumérico. Los datos se registrarán de manera automática cuando se digite el número de recepción del equipo. La información provendrá de:

- ✓ Formulario “Recepción del equipo”
- ✓ Formulario “Programación de producción”

Los datos restantes serán diligenciados por la persona que realiza el chequeo. La información total del formulario se puede ver en la figura 12.

	<b>LISTA DE VERIFICACIÓN PARA SALIDA DE EQUIPOS</b>	Aprobó: Comité de calidad
		Fecha:
		No. Edición:
		Página: 1 de 1

No.		No. RECEPCIÓN DEL EQUIPO	
CLIENTE		EQUIPO	
CÓDIGO INTERNO EQUIPO		INVENTARIO DEL CLIENTE	
FECHA INGRESO		FECHA ENTREGA	

DESCRIPCIÓN DE VERIFICACIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
Equipo pintado.			
La carcasa del equipo está en óptimas condiciones.			
Tornillería completa y en buen estado.			
Tornillos de tierra y contactos se encuentran limpios y en buen estado.			
Tornillos de caja y tapa de bornera en buen estado.			
Tornillos cable de conexión en buen estado.			
Se entrega con acople o polea en óptimas condiciones.			
Las empaquetaduras de caja de conexión se encuentran en buenas condiciones.			
El equipo cuenta con el protocolo de pruebas.			
El equipo cuenta con placa de identificación.			
La base del equipo se encuentra en buen estado.			
Tapa de ventilador en buen estado.			
Sale con caja y/ tapa de bornera.			
Sale con retenedores, eje lado acople y/o eje lado ventilador.			

RESPONSABLE DE LA VERIFICACIÓN	
NOMBRE	FIRMA

RECIBIDO POR:	
NOMBRE Y REGISTRO	FIRMA

Avenida 36, 29 - 09 Barrancabermeja. Tel: 6225731 - Telefax 6213937 - Cel: 310 8587725  
E-mail: info@electrotecnica.com

Figura 30. Formulario Lista de verificación para salida de equipos.

### 3. CONSULTAS

#### 3.1 TRAZABILIDAD DEL EQUIPO

El recorrido del equipo durante su proceso de mantenimiento y/o reparación es importante para la gestión y optimización del mismo. Mediante la consulta de “Trazabilidad del equipo” será posible ver todos los formularios relacionados con la reparación del equipo, datos, pruebas, etc. La consulta deberá realizarse con el criterio: código interno del equipo. Si el equipo ha sido reparado antes, se mostraran los recorridos anteriores. En la figura 13 se muestra la información que tendrá la consulta.

RECEPCIÓN DEL EQUIPO		FECHA DE INGRESO	
CODIGO INTERNO EQUIPO		CLIENTE	
DATOS TÉCNICOS MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO			
PROTOCOLO DE PRUEBAS			
LISTA DE VERIFICACIÓN		FECHA DE SALIDA	
DIAS EN PROCESO	FECHA SALIDA	-	FECHA INGRESO

Figura 31. Consulta Trazabilidad del equipo.

#### 3.2 HOJA DE VIDA DEL EQUIPO

Mediante esta consulta se podrá revisar en cualquier momento todas las características de un equipo. El criterio de consulta será el Código de identificación interna. La información que suministrará se muestra en la figura 14.

### HOJA DE VIDA DEL EQUIPO

DATOS DEL GENERALES				DATOS DEL CLIENTE		
CÓDIGO INTERNO		No. INVENTARIO		CLIENTE		
CLASE DE MÁQUINA		POTENCIA				
MARCA DE EQUIPO		CLASE AISLAMIENTO				
MODELO		DESIGNACIÓN NEMA				
No. SERIE		FRAME				
RPM		VOLTAJE				
AMP		FACTOR DE SERVICIO				
DATOS DEL BOBINADO				RODAMIENTOS		
No. RANURAS		CALIBRE		Ubicación	Referencia	Fabricante
No. GRUPOS		HILOS		Delantero		
BOBINA POR GRUPO		CABEZA		Tasero		
PASO		HIERRO				
ESPIRAS		LONG. BOBINA				

**Figura 32. Consulta Hoja de vida del equipo.**

### 3.3 TRABAJOS REALIZADOS POR EQUIPO

El criterio de consulta será el código interno del equipo. En esta consulta se mostrarán todos los trabajos realizados al equipo. Con el número de “Recepción del equipo” se podrá obtener más información del recorrido del equipo en la consulta “Trazabilidad del equipo”.

La información de Recepción del equipo, fecha y proceso, aparecerá cuantas veces sea necesario en la consulta, para indicar los procesos realizados todas las ocasiones que el motor ha sido intervenido en la empresa.

En la figura 15 se muestra la información que se podrá revisar mediante esta consulta.

CODIGO INTERNO EQUIPO		CLIENTE	
RECEPCIÓN DEL EQUIPO		FECHA	
ITEM	PROCESO		
1	Mantenimiento		
2	Bobinado		
3	Cambio ventilador		
4	Reparación mecánica		
5	Reconstrucción eje		
6	Metalizado eje	D	T
7	Reconstrucción tapas	D	T
8	Cambio Rodamientos	D	T
9	Otros		
RECEPCIÓN DEL EQUIPO		FECHA	
ITEM	PROCESO		
1	Mantenimiento		
2	Bobinado		
3	Cambio ventilador		
4	Reparación mecánica		
5	Reconstrucción eje		
6	Metalizado eje	D	T
7	Reconstrucción tapas	D	T
8	Cambio Rodamientos	D	T
9	Otros		

Figura 33. Consulta Trabajos realizados por equipo.

### 3.4 COTIZACIONES REALIZADAS

Esta consulta listará todas las cotizaciones realizadas en la empresa, como se muestra en la figura 16.

No.	FECHA	CLIENTE	REFERENCIA	FINALIZADA
Autonumérico				

Figura 34. Consulta Cotizaciones realizadas.

En esta consulta, además se podrá filtrar para mejorar la información y obtener las cotizaciones presentadas por cliente y las cotizaciones finalizadas, es decir, las que se llevaron a cabo.

#### 4. INFORMES

Con base en las consultas realizadas se pueden presentar informes mensuales que faciliten la toma de decisiones basadas en datos, tales como:

- ✓ Equipos reparados por mes.
- ✓ Equipos reparados por mes para cada cliente.
- ✓ Tiempo promedio de reparación por equipo. Es el tiempo comprendido entre la fecha de ingreso y fecha de entrega del equipo.
- ✓ Reporte de actividades por mes, es decir cuantos requirieron reparación mecánica, bobinados, cambio de rodamientos, conforme a actividades de tabla "Procesos".

Entre otros

**ANEXO C.**  
**CARTA DE CERTIFICACIÓN DE ELECTROTÉCNICOS LTDA.**

Barrancabermeja, 1 de Octubre de 2009

Señores  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
ATT: **ING. ALFONSO GARCIA CASTRO**  
**ING. DAVID ALFREDO FUENTES**  
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
Bucaramanga

**REF: CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO**

Respetados señores,

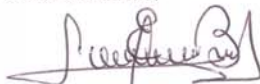
La empresa **ELECTROTÉCNICOS LTDA.**, certifica que la estudiante **MÓNICA YANNETH ORTIZ QUINTERO**, identificada con C.C. 63.524.982 de Bucaramanga, realizó su trabajo de grado en nuestra empresa, desde Abril del presente año, con el título "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE ELECTROTÉCNICOS LTDA., CONTEMPLANDO LOS REQUISITOS DE LA NORMA ISO 9001:2000".

Los objetivos planteados y cumplidos a satisfacción, fueron:

- Diseño e implementación de un manual técnico para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos de Electrotécnicos Ltda., (trifásicos de media y baja tensión), basado en los requerimientos de la norma ISO 9001 y las normas técnicas aplicables exigidas por los clientes.
- Modificación e implementación de los formatos del proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos, requeridos para el registro de la información y la realización de reportes, enfocados al manual técnico implementado.
- Diseño de un plan de gestión para el proceso de mantenimiento y reparación de motores eléctricos.

Agradecemos el aporte realizado por parte de la Universidad Industrial de Santander a nuestra empresa y esperamos que este trabajo haya sido de gran importancia para la formación profesional de la estudiante.

Cordialmente,



**LUZ EUGENIA BAUTISTA ARZUZA**



[www.electrotecnicos.com.co](http://www.electrotecnicos.com.co)



Calle 61 No. 29 - 09 y Transv. 29 No. 32 - 52 Barrio Floresta Baja  
Teléfonos 622 57 31 - 621 39 37 - Barrancabermeja, Santander



**SIEMENS**