

Las principales fallas de motores eléctricos en Costa Rica

Fecha de recepción: 12/03/2009
Fecha de aceptación: 20/06/2009

Osvaldo Guerrero Castro¹
Luis Gómez Gutiérrez²

Esta investigación determinó que existen cuatro tipos de fallas más comunes en motores eléctricos en Costa Rica

Palabras clave

Reparación de motores, fallas en motores eléctricos, mantenimiento industrial, selección de motores, prevención de fallas.

Key words

Repair electrical motors, failures in electrical motors, industrial maintenance, motors selections, prevention of faults.

Resumen

Una de las tareas más importantes en la gestión del mantenimiento de los equipos de producción, y particularmente de los motores eléctricos, es identificar y prevenir las fallas para tomar acciones que eviten la incidencia de las mismas.

Mediante una investigación de campo, con visitas a empresas de varios sectores productivos y talleres de reparación de motores eléctricos en Costa Rica, se logró obtener una clasificación y distribución porcentual de las fallas más comunes en

los motores trifásicos de inducción, en el rango de 2 a 50 HP.

Esta investigación determinó que existen cuatro tipos de fallas más comunes en motores eléctricos en Costa Rica; estas se concentran en dos sectores productivos.

La investigación identificó aspectos relevantes por mejorar en cuanto a la orientación de la formación profesional universitaria y, en el modelo administrativo del mantenimiento de estos equipos, en las industrias.

Abstract

One of the most important tasks in managing the maintenance of production equipment, particularly electric motors, is to identify and prevent failures to take actions to prevent the occurrence of the same.

Through field research, with visits to companies in various sectors of production and repair of electric motors in Costa Rica, we were able to rank and percentage distribution of the most common faults in

1. Escuela de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
Correo electrónico: oguerrero@itcr.ac.cr
2. Escuela de Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
Correo electrónico: lugomez@itcr.ac.cr

three phase induction motors in the range of 2 to 50 HP.

This investigation determined that there are four types of faults, most common in electric motors in Costa Rica, these are concentrated in two sectors.

The research identified aspects for improvement, as to the direction of vocational training college, and the administrative model for the maintenance of this equipment in industries.

Introducción

La mayoría de los sistemas o mecanismos utilizados en los procesos productivos industriales son accionados por motores eléctricos, los cuales representan la parte motriz y, por ende, un importante componente en el proceso productivo. Con este proceso se busca la transformación de las materias primas en el producto final, siendo la principal responsabilidad del personal de mantenimiento, el garantizar la mayor cantidad de horas de operación disponibles de los equipos, con el fin de optimizar la producción total de la empresa.

En la mayoría de las empresas estudiadas, cuando un motor eléctrico presenta una falla simplemente se envía al taller para su reparación y se exige la entrega del motor en el menor tiempo, para incorporarlo al proceso productivo lo antes posible. Este procedimiento no permite al departamento de mantenimiento contar con el tiempo suficiente para analizar la situación y tomar acciones correctivas que prevengan la incidencia de la falla.

Poder identificar y cuantificar las fallas más comunes en los motores eléctricos permite a las empresas tomar acciones para optimizar los recursos productivos y de retorno de inversión.

La identificación de las fallas más comunes es un punto de partida para continuar la búsqueda de la causa de las mismas y para lograr eliminar el problema desde su origen, aunque este tema no se aborda en esta etapa de la investigación.

Por ser una investigación que pretende cuantificar, de manera estadística, las fallas de mayor incidencia, se aplica un modelo de investigación transversal, correlacional-causal (Hernández, 2006). El diseño transversal es aquel en el que se recolectan los datos en un solo momento y en un tiempo único, a fin de describir variables y analizar sus incidencias en un momento dado. [3] Este modelo combinado con el modelo correlacional-causal, permite asociar fenómenos con las circunstancias de operación de los equipos.

Como base para esta investigación, se tomó un artículo publicado por la IEEE,³ el cual trata sobre una encuesta realizada en instalaciones industriales y comerciales, en el cual se logró identificar tres fallas comunes [4].

En una de las fuentes consultadas [5] se trata la confiabilidad de los motores de inducción en equipos de la industria petroquímica, en el que muestran una distribución de fallas en función de parámetros como la potencia eléctrica, voltaje de alimentación, velocidad y protecciones eléctricas, entre otros.

En otra fuente consultada [1] se han identificado varias causas de fallas en motores eléctricos de inducción, mediante una metodología que facilita el análisis de esas fallas. Como base teórica para comprender el funcionamiento de las maquinas eléctricas, se emplea un libro clásico de esta materia [2], el cual sirve como guía y apoyo para en la comprensión del funcionamiento de estos equipos.

El objetivo del proyecto se centra en la identificación de las fallas de mayor

3. Institute of Electrical and Electronics Engineers.

Poder identificar y cuantificar las fallas más comunes en los motores eléctricos permite a las empresas tomar acciones para optimizar los recursos productivos y de retorno de inversión.

incidencia en los motores eléctricos de inducción, cuyas potencias oscilan entre los 2 y 50 HP, y en cuáles sectores productivos se da una mayor incidencia en cuanto a consumo energético en nuestro país.

Materiales y métodos

A partir de la conceptualización teórica del proyecto, se realiza trabajo de campo con visitas a las empresas participantes para la recolección de datos. Esta información se utilizó para hacer el análisis final y obtener resultados, los cuales se presentan en forma de gráficos de distribución, clasificados por sector productivo y componente. También se incluyen las conclusiones de los investigadores.

Para recopilar los datos, fue necesario recurrir a las principales fuentes de información, que para este proyecto fueron empresas de varios sectores productivos y talleres de reparación de motores eléctricos. Se visitaron 22 empresas del Valle Central, pertenecientes a varios sectores productivos⁴: agroindustria, alimenticia, constructoras, manufactura de materiales de la construcción, manufactura automotriz, médica, metalmecánica, papel, plástico, química y servicios. En cuanto a los talleres de reparación, fueron visitados un total de seis, ubicados en el Valle Central y seleccionados a partir del grado de incidencia que estos tienen en las empresas visitadas.

En cada visita se presentó el proyecto al personal encargado del mantenimiento de los motores, se realizaron recorridos por las instalaciones para observar y conocer el proceso de producción, tipo de equipos y maquinaria, ambiente de operación y otros detalles relacionados al mantenimiento y fallas de los motores. También fue importante conocer las condiciones operativas de los motores eléctricos, las funciones que realiza el departamento de

mantenimiento y los equipos utilizados en el mantenimiento y reparación de motores, que en su gran mayoría son enviados a talleres externos. Como parte de la visita se entregó un cuestionario para recopilar aspectos generales del mantenimiento y procedimientos aplicados a estos equipos por parte de las empresas (*Ver apéndice 1*).

Durante las visitas de campo, se encontró que las empresas no cuentan con datos específicos de fallas de los motores y que la mayoría carece de registros técnicos detallados. Dada esta situación, y por recomendación de las mismas empresas, la búsqueda de información se orientó hacia los talleres de reparación de motores.

En las visitas a los talleres se logró teorizar las condiciones reales de operación de estos equipos, el tipo de mantenimiento recibido en las empresas y el procedimiento que se emplea cuando ocurre una falla; estos aspectos fueron verificados en las vistas a las empresas. En el registro de ingreso al taller, se realiza un diagnóstico inicial, cuyas observaciones se anotan en un documento llamado Orden de Trabajo, que permite registrar la falla con su posible causa y condiciones en las que ingresa, entres otros datos.

Con base en los registros de los talleres y las visitas a las empresas, se logró recopilar información muy valiosa para el desarrollo del proyecto y sirvió de base para la obtención de resultados muy importantes en el tema de fallas de motores eléctricos.

Recolección de datos

Para la recolección de datos se realizaron las siguientes actividades:

- Entrevistas no estructuradas.
- Cuestionarios (ver apéndice 1).
- Revisión de expedientes de órdenes de trabajo de talleres.
- Revisión de bases de datos digitales de

4. Clasificación realizada a partir de las características del proceso productivo y producto final obtenido.

empresas y talleres.

- Aplicación del formulario para el reporte de falla (ver apéndice 2).

Durante las visitas a las empresas, se entregó material diseñado por los investigadores del proyecto para el registro de la fallas (ver apéndice 2).

En las visitas a los talleres se expuso el proyecto, con sus alcances y objetivo general, y se verificó la existencia de archivos relacionados con la meta del proyecto.

El acceso a la información de los talleres permitió contar con información indispensable para el proyecto; mediante la revisión de los expedientes fue posible completar la tabla mostrada en el apéndice 3.

Se debe destacar que solo algunos talleres contaban con los datos de manera *Cuadro 1*. Distribución de fallas.

Tipo de falla	Cantidad
Sobrecarga (12,8%)	76
Quemado (38,8%)	230
Otros (16,9%)	100
Mantenimiento (17,4%)	103
Falla de rodamiento (6,4%)	38
Corto circuito estator (7,8%)	46
Total	593

organizada, en la cual se sustenta la información y resultados obtenidos.

En el proceso de revisión de expedientes se realizó una selección de la información enfocada en motores trifásicos de inducción, jaula de ardilla, cuyas potencias oscilen de 2 a 50 hp (1,5 a 37 kW). En total se revisaron más de 3 mil expedientes, y se logró obtener 593 registros útiles de fallas de motores.

Resultados

La investigación realizada permitió identificar y clasificar porcentualmente las fallas más relevantes en los motores eléctricos bajo estudio.

Al completar el cuadro 1, mostrado en el apéndice 3, con base en los registros analizados y proporcionados por los talleres de reparación de motores, se obtuvo el gráfico 1, en el cual se indican las fallas más comunes y el porcentaje de incidencia.

Para la clasificación de las fallas se utilizó el mismo nombre de la falla asignado por los talleres de reparación.

Como se puede observar en el gráfico 1, las fallas de mayor incidencia son quemado y sobrecarga, las cuales representan el 51,6% del total de fallas encontradas. En el resto de la clasificación se agrupan: mantenimiento, falla rodamiento, corto

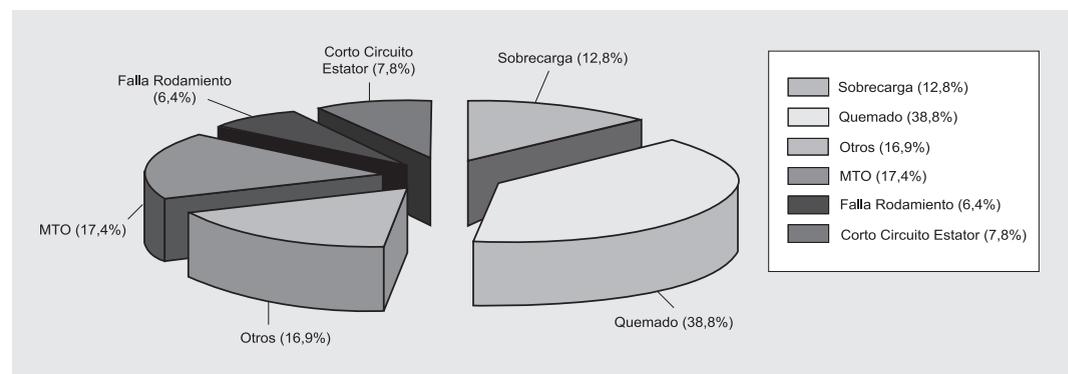


Gráfico 1. Distribución de fallas en motores trifásicos de inducción.

circuito estator y otros, entre los cuales se incluyen: carcasa, falla de ventilador, falla de eje, malas conexiones, pérdida de fase, falla a tierra, bobina abierta, núcleo dañado y recalentamiento.

El grafico 2 muestra, de manera clara, que los sectores productivos que presentan mayor

incidencia de fallas son el alimenticio, la manufactura de la construcción, las empresas de servicios (hoteles, hospitales, alquileres de equipos y maquinaria, venta de repuestos, supermercados, entre otros), la agroindustria y el papel.

En la clasificación denominada “Otros”, se agrupan empresas con menor índice de participación, en las que se pueden mencionar la industria del plástico, la química, la metalmecánica, la médica y las pequeñas empresas particulares.

En el grafico N° 3 se muestra un dominio del tipo de falla “quemado” en los sectores alimenticio, manufactura de materiales de la construcción y empresas de servicios. Existe una distribución de los tipos de fallas semejante en los diferentes sectores productivos bajo estudio.

Cuadro 2.

Fallas totales por sector productivo	Cantidad
Alimenticio (26,9%)	160
Manufactura mat construcción (17,3%)	103
Servicios (17,5%)	104
Agroindustria (9,1%)	54
Papel (6,6%)	39
otros (22,6%)	134

Cuadro 3. Distribución de fallas por sector productivo

Tipo de falla	Alimenticio	Manuf-mat-construcción	Servicios	Agroindustria	Papel	otros
Falla de rodamiento	6	1	6	3	2	10
Corto estator	7	3	6	7	5	17
Mantenimiento	19	8	15	12	11	15
Sobrecarga	20	8	6	4	2	15
Quemada	42	36	46	7	10	45

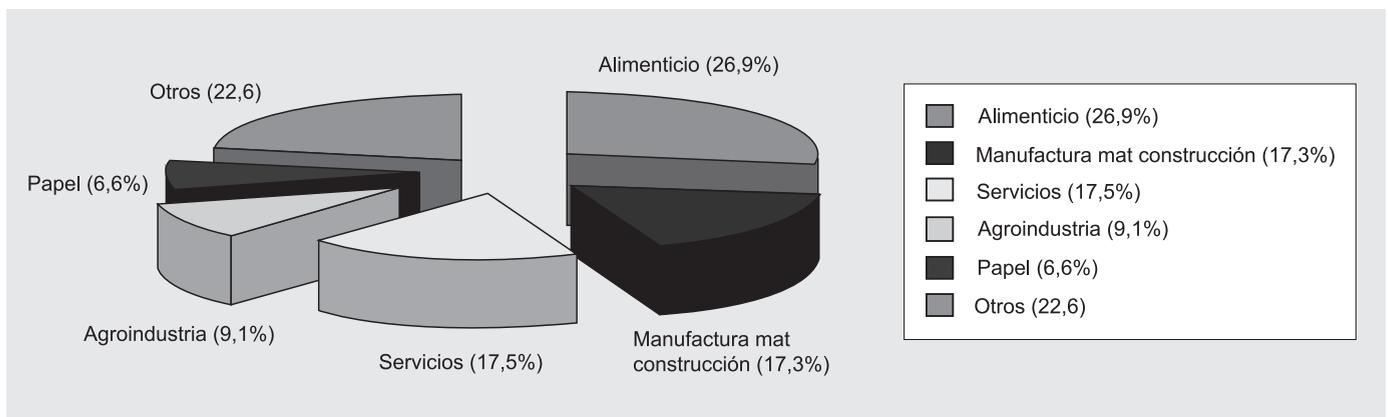


Gráfico 2. Fallas totales por factor productivo.

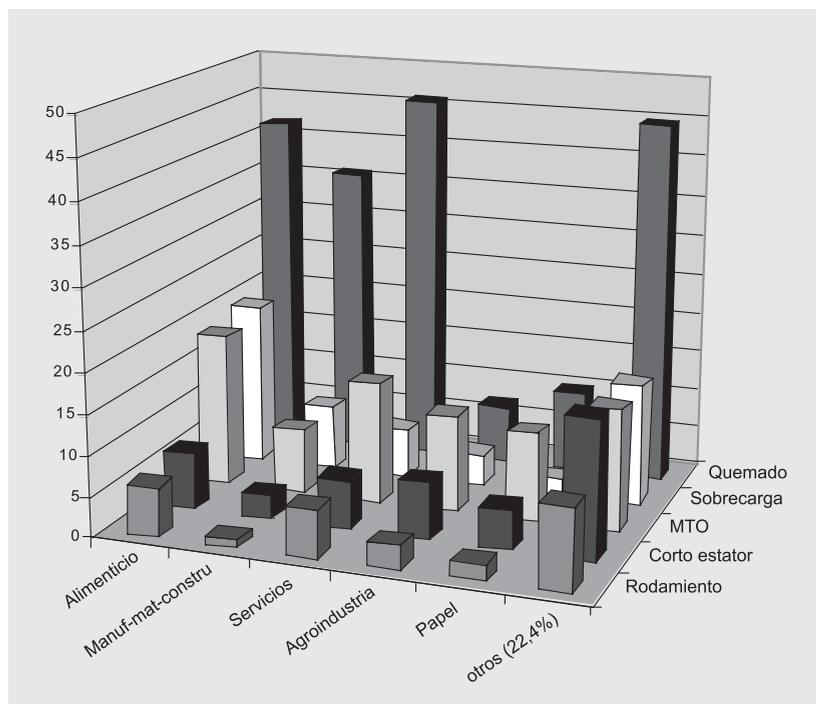


Gráfico 3. Distribución de fallas por sector.

Discusión

Al implementar los instrumentos de recolección de información, específicamente la aplicación del documento de reporte de falla (apéndice 2) fue evidente que las empresas no cuentan con disponibilidad para administrar el manejo de información relacionada con las fallas de sus motores; a pesar de su anuencia para participar y colaborar en el proyecto, la información disponible no satisfizo los requerimientos del proyecto, y se tuvo que recurrir a los talleres de reparación, quienes manejan más información de los motores.

Se pudo determinar que la forma de documentar la información encontrada en los talleres, difiere en varios aspectos de un taller a otro, pues no siempre se fundamenta en la detección y prevención de las fallas; es por ello que se debió filtrar aún más la información encontrada en cada registro, cuyos datos más importantes se muestran en las tablas anteriores.

Durante las visitas a los talleres, se determinó que no todos registran la información de las fallas reportadas y se argumenta que sus clientes solo exigen un tiempo de respuesta corto, bajo costo y garantía por el trabajo realizado, dejando de lado la solicitud de un informe detallado, que lleve a evitar la reincidencia de la falla, esto se confirmó en las entrevistas a los responsables del mantenimiento de los motores. Por lo tanto, la mayoría de la información presente en los talleres, se limita a datos técnicos útiles para el rebobinado de la máquina. Esto significa que estos no siempre se enfocan en la prevención de fallas, ni en el registro de las mismas en forma concreta, lo cual justifica la necesidad de divulgar y crear más conciencia sobre el tema en estudio.

Al analizar los instrumentos de recolección de datos aplicados a las empresas participantes (ver apéndice 1), se deriva un conjunto de observaciones relevantes, detalladas a continuación.

Las políticas de producción en algunas empresas de diversos sectores establecen periodos o épocas de producción y estaciones, donde la planta, o parte de ella, sale de operación para que los equipos más críticos sean intervenidos, de manera que durante la etapa de producción se minimicen las posibilidades de paradas imprevistas, que puedan comprometer las metas del departamento de producción; por lo tanto, prevalece el criterio de control de la producción por encima de la decisión de si debe o no sacarse un motor de operación, e incluso si deben ejecutarse ciertas tareas de mantenimiento, como lo son el barnizado de sus devanados o el cambio de rodamientos.

El hecho de que una cantidad importante de motores (17%) se lleve al taller sin tener una falla aparente, es una muestra de estas políticas de producción que los talleres clasifican como "mantenimiento", aunque en sí misma no representa una condición de deterioro o imposibilidad operativa. Por

lo general, las empresas que realizan este tipo de prácticas coordinan previamente con el taller y con el departamento de producción el periodo de ejecución de estas labores.

Otra ventaja de estas intervenciones es que el motor es llevado al taller sin tener falla catastrófica, con cual se prolonga la vida útil del mismo. Aunque en primera instancia, realizar un mantenimiento programado sea lo ideal, debe tenerse el cuidado de no incurrir en gastos de montaje y desmontaje innecesarios, ya que un exceso de mantenimiento puede perjudicar en lugar de favorecer.

Es por ello que se recomienda esta práctica, pero apoyada en técnicas de mantenimiento que permitan la adecuada selección de los motores que se envían al taller, para lo cual se puede recurrir a técnicas predictivas de mantenimiento como la termografía, las vibraciones, el análisis de aceite, la medición de asilamiento, entre otras.

Desde el punto de vista de la prevención de fallas, estas prácticas están más enfocadas a la continuidad de la producción sin aprovechar el mantenimiento programado que podría ser más rentable, el cual permitiría investigar y explorar las condiciones de operación, con la finalidad de evitar o mitigar posibles causas de fallas o condiciones desfavorables para los motores.

Esto es un llamado de atención en el sentido de que el procedimiento de montaje y desmontaje recurrente de los equipos, sin tener una falla que imposibilite su operación, puede, gradualmente ir deteriorando el equipo y a la postre generaría una nueva condición de falla que en cualquier momento puede ocurrir. Estas políticas de producción de una empresa no eliminan la causa de una potencial falla o el deterioro prematuro de sus componentes, pues sólo se atiende el equipo y no se analiza su ambiente ni condiciones de operación, que podrían comprometer la vida y el rendimiento de los equipos.

En el gráfico N°1 se aprecia que una cantidad importante de motores presentan las fallas “quemado” (38,8%) y “sobrecarga” (12,8%). A pesar de que los motores tienen su protección de sobrecarga, se presentan una gran cantidad de fallas por daño en el estator.

Durante las entrevistas se detectó que algunas empresas realizan pruebas anuales de verificación de estos dispositivos, y se encontró que cerca del 50% de las protecciones no funcionan de forma correcta a causa, principalmente, de las condiciones adversas de operación (polvo y humedad). El tema de selección, montaje y mantenimiento de las protecciones debe fortalecerse, tanto a nivel de empresa como de centros de formación técnica y universitaria.

Al analizar el gráfico N° 2, se observa que los sectores productivos que presentan mayor grado de incidencia de fallas, son :

- Sector alimenticio (26,9%).
- Sector de manufactura de materiales de construcción (17,3%).
- Servicios (17,5%).
- Papel (6,6%).
- Agroindustria (9,1%).

Estos representan el 76,7% de la población total de datos bajo estudio, mientras que el 22,4% restante corresponde a otros sectores como:

- Manufactura automotriz.
- Metalmecánica.
- Plástico.
- Química.
- Empresas constructoras.
- Médica.

A pesar de que las actividades productivas desarrolladas en los cinco sectores de mayor impacto son diferentes, existen semejanzas en cuanto a los tipos de fallas presentadas, algunas con menor o

Durante las entrevistas se detectó que algunas empresas realizan pruebas anuales de verificación de estos dispositivos, y se encontró que cerca del 50% de las protecciones no funcionan de forma correcta a causa, principalmente, de las condiciones adversas de operación (polvo y humedad).

mayor participación de acuerdo al sector productivo y la tendencia de incidencia de falla.

Aunque pudieran existir diferencias en los procesos productivos y en los tipos de máquinas que los motores manejan, las diferencias están principalmente en el ambiente de trabajo en que operan, el tipo y las políticas del mantenimiento que estos reciben, y la adecuada selección de los mismos, factores fundamentales que inciden en el tipo de falla que pueden presentar.

Durante la investigación fue notoria la existencia de motores de clase estándar ubicados en lugares con condiciones especiales, tales como humedad, partículas en suspensión, altas temperaturas, entre otros. Las circunstancias desfavorables para el tipo de diseño del motor propician el deterioro prematuro de sus componentes, paradas imprevistas y aumento en los costos de producción.

De lo anterior se deduce que en las empresas no se seleccionan adecuadamente los motores, pues se omite el criterio del ambiente de operación y otros factores que se deben considerar. Este es un problema que las empresas intentan corregir al delegar a los talleres de reparación la responsabilidad, con los posteriores reclamos de garantía por un problema no de la reparación, sino por la mala aplicación del motor y porque los talleres tampoco prestan la atención debida.

Lo anterior refleja que las empresas carecen de estrategias de gestión de mantenimiento de motores que permitan no sólo incrementar la disponibilidad mediante la reducción de los tiempos de reparación de los equipos, sino que, además, contribuyan a la eliminación de fallas mediante la prevención de las mismas.

En las empresas se desconocen los procedimientos de reparación, las herramientas y demás recursos utilizados

por los talleres para garantizar un trabajo de calidad y se usan como respaldo los eventuales reclamos de garantía cuando un motor vuelve a fallar, omitiendo los costos asociados a los traslados, montajes y desmontajes, salidas de operación, y otros, debido a que no se sigue adecuadamente el procedimiento de reparación.

Conclusiones

1. Las fallas de mayor incidencia encontradas son: sobrecarga, quemado, mantenimiento, corto estator y rodamiento; estas representan el 68% del total de datos encontrados.
2. Una cantidad importante de motores (17%) son llevados al taller sin tener una falla que amerite su intervención.
3. Las empresas que aplican paros de producción para realizar mantenimientos programados, no cuentan con los suficientes argumentos técnicos que permitan la correcta selección de los motores a intervenir.
4. Hay una escasa aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo que permitan una intervención oportuna y eficaz.
5. La aplicación de mantenimientos programados no garantiza que los equipos operen en forma continua, ya que no existe una gestión integral que conduzca a la eliminación de la causa de la falla.
6. Las fallas por sobrecarga y quemado (51%) se pueden minimizar con un adecuado monitoreo del funcionamiento de los sistemas de protección, que incluya diseño, montaje y mantenimiento.

Recomendaciones

1. Fomentar la inclusión del tema de selección de motores, análisis y diagnóstico de fallas en los programas de ingeniería y cursos afines.

Las fallas por sobrecarga y quemado (51%) se pueden minimizar con un adecuado monitoreo del funcionamiento de los sistemas de protección, que incluya diseño, montaje y mantenimiento.

2. Emplear equipo de diagnóstico de fallas de motores que permitan a las empresas determinar si un equipo amerita ser intervenido.
3. Reforzar el tema de la selección, instalación y mantenimiento de protecciones eléctricas de los motores, tanto a nivel industrial como académico.
4. Establecer técnicas y programas de mantenimiento predictivo que permitan conocer la tendencia y monitoreo de potenciales fallas.
5. Incentivar el establecimiento de una cultura de administración de la información de los equipos.
6. Promover el desarrollo de una metodología que permita encontrar la causa de las fallas más comunes para la aplicación de técnicas que prevengan la incidencia de fallas.

Apéndices

Apéndice N° 1:

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica
Proyecto Estudio de Fallas en Motores Eléctricos

Cuestionario de recopilación de datos técnicos de las empresas, relativos al mantenimiento y reparación de los motores eléctricos.

Presentación:

Como parte de las actividades del proyecto, se hace necesario recabar alguna información técnica, la cual servirá como insumo para el análisis posterior y la toma de decisiones. Sírvase responder cada una de las preguntas marcando en las casillas en los espacios correspondientes.

I- Información general

Nombre de la empresa: _____ Fecha: _____

Actividad principal de la empresa: _____

Sector productivo en el que se clasifica:

Alimenticio Construcción Médica Textil Papel

Manufactura Plástico Química Automotriz Productos limpieza

Otra: _____

II- Información de población de motores

1-¿Cuál es la población total de motores eléctricos en su empresa: _____ (sino conoce el dato exacto, indique un aproximado)?

2-¿Cuántos motores son trifásicos de inducción, cuyas potencias oscilan entre 2 y 50 HP: _____ (sino conoce el dato exacto, indique un aproximado)?

III- Información sobre el mantenimiento y reparación de motores

3-¿Existe en su empresa taller de mantenimiento de motores?

Sí Continúe con pregunta 4 No Pase a la pregunta 6

4-Si su respuesta es Sí, indique que tipo de mantenimiento es :

Leve y superficial General Especializado

5-De la siguiente lista, cuales equipos son utilizados en su empresa para el mantenimiento de motores:

Medidor de aislamiento eléctrico

Analizador de vibraciones

Analizador de armónicas

- Equipo para alineamiento
- Analizador de flujo de potencia
- Cámara de termografía
- Multímetro (Tester)
- Termómetro digital
- Otro, indique: _____

6-¿Cuenta su empresa con taller de rebobinado de motores?

- Sí Continúe No Pase a la pregunta 10

7-Cuenta su empresa con los siguientes equipos e instrumentos para la reparación de motores:

- Equipo de prueba de núcleos
- Equipo de comprobación de rotores
- Manuales de conexiones
- Manuales de fabricantes

8-Las reparaciones cumplen con procedimientos recomendados por EASA, IEEE, IEC

- Sí No Algunas veces

9-¿Qué tipo de información de reparaciones de motores eléctricos mantiene registrada su empresa o departamento?

- Detallada General Poca Ninguna

10- ¿El mantenimiento es contratado a una empresa especializada en reparación y mantenimiento de motores?

- Sí No Algunas veces, dependiendo de la falla

11- Si su respuesta es Sí, anote las razones por las que reparan motores en un taller externo, puede marcar más de una opción.

- No cuentan con equipo, instalaciones o infraestructura especializados.
- No cuentan con la cantidad o el personal idóneo
- No es política de la empresa
- Otra: _____

IV Información sobre el taller de reparación de motores eléctricos

12- Si se contrata el servicio de mantenimiento y reparación de motores, ¿conoce usted las instalaciones de dicha empresa o taller? Sí No

13-¿Sabe usted si dicho taller realiza algún procedimiento reconocido antes, durante y después de la reparación del motor?

- Sí No

14-¿Recibe información acerca del trabajo hecho en los motores que envía al taller?

Siempre A veces Casi nunca Nunca

15-La información que recibe del taller es:

Completa y detalla Confusa y superficial General

16-¿Conoce usted la calidad y tipo de los materiales con que son reparados los motores?

Sí No No me interesa conocerlos

V Información sobre el personal y prácticas de mantenimiento

17-¿Considera usted que el personal responsable del mantenimiento de los motores, posee los conocimientos y práctica necesarios para realizar las tareas que le corresponden, particularmente en el tema de motores eléctricos?

Sí No No lo sé

18-¿Recibe usted de parte de sus colaboradores, la información necesaria de los trabajos realizados en los motores eléctricos?

Sí No Parcial No me interesa conocerla

19-Existe en su empresa un plan de mantenimiento de motores

Sí No Solo para los más importantes

20-Si su respuesta es afirmativa, que tipo de mantenimiento aplican:

Correctivo Preventivo Predictivo

Otro: _____

21-¿Existen en su empresa otras practicas de mantenimiento que pueden incidir en la buena operación de los motores? Puede marcar más de una.

Mantenimiento de instalaciones eléctricas

Verificación de protecciones

Monitoreo de calidad de energía

Monitoreo de condiciones mecánicas

Otras: _____

22- Existe en su empresa un registro sobre las fallas de motores que se han presentado

Sí No Sólo para los mas importantes

Si su respuesta es afirmativa, ¿qué tan completo es?:

Muy completo Parcial Poca información

23- ¿Se selecciona en su empresa los motores, con un criterio técnico por parte de alguien con conocimientos que lo capaciten para hacerlo?

Sí No Algunas veces

24- Para su empresa ¿qué es lo mas importante a la hora de adquirir un motor? *Escoja la que tenga mas impacto para usted.*

El precio Calidad y la marca Servicio y respaldo técnico

25-¿Quienes seleccionas los motores eléctricos en su empresa? *Puede marcar más de una.*

Ingeniero a cargo

Gerente de área o general

Encargado de compras de la empresa

Proveedor o vendedor

Otra persona, indique el puesto: _____

26- ¿Se verifica en su empresa que la instalación eléctrica y mecánica de los motores se realice correctamente?

Siempre Algunas veces Casi nunca Nunca

Para el equipo investigador es de mucho valor conocer sus respuestas y compartir el conocimiento para el fortalecimiento del proyecto, si tiene algún comentario o sugerencia que quiera compartir, sírvase anotarlos en los siguientes espacios. De antemano agradecemos sus aportes ya brindados.

Gracias

Comentarios adicionales

Apéndice N° 2:

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Proyecto Estudio de fallas en motores eléctricos

Reporte de Falla

EMPRESA:	FECHA:	
DIRECCION:	# Activo motor:	
CONTACTO:		

DATOS DE PLACA DEL MOTOR

MARCA:		RPM:		S.F.:	
HP/KW		FASES:		GRADO PROT:	
VOLTAJE:		HZ:		FRAME:	
CORRIENTE:		DISEÑO:		 AISLAMIENTO:	

DATOS DE INSTALACION			
APLICACIÓN DEL MOTOR: ABANICO___ BOMBA___ COMPRESOR:___ BANDA:___ VIBRADOR:___			
ELEVADOR:___ OTRO:_____			
AMBIENTE OPERACIÓN: HUMEDO___ INTEMPERIE:___ ALTA TEMPERATURA:___ VENTILADO:___ MECANISMO:___			
POLVOS CONTAMINANTES:___ OTRO:_____			
CICLO DE TRABAJO: CONTINUO (MAS DE DOS HORAS SEGUIDAS)___			
INTERMITENTE: MENOS DE 10 ARR POR HORA:___ MAS DE 10 ARR. POR HORA:___			
DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PRESENTADA			
CLASIFICACION DE LA FALLA			
Lugar de trabajo (sección)			
ESTATOR	SOBRECARGA:___	MALA VENTILACION:___	OTRA:___
	PERDIDA FASE:___	EXCESIVOS ARRANQUES:___	
	CORTOCIRCUITO:___	MAL SISTEMA PROTECCION:___	
ROTOR	ROTURA DEL EJE:___	FATIGA MECANICA:___	
	MALA SUJECION EN EL EJE:___	CONTAMINACION:___	
	DESBALANCE MECANICO:___	OTRA:___	
RODAMIENTOS	MALA LUBRICACION:___	DESALINEAMIENTO:___	MALA FIJACION:___
	CONTAMINACION:___	CORRIENTES EN EL EJE:___	HUMEDAD:___
	VIBRACION Y GOLPES:___	MALA TENSION EN FAJAS:___	ROL INADECUADO:___
OTRAS FALLAS			
SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCIÓN			
Tipo de Arranque:	DIRECTO:___ VARIADOR FRECUENCIA:___ OTRO:_____		
Protección corto circuito(Breaker):	NO:___ SI:___ CAPACIDAD:___ AMP.	Amperios:	
Protección Sobrecarga:	NO:___ SI:___ CAPACIDAD:___ AMP.	Amperios:	
Otras Protecciones:			

OBSERVACIONES ADICIONALES				
PUEDE AGREGAR HOJAS O IMÁGENES				
Encargado:		Procesada:		Para uso del proyecto

Para coordinacion contactar a Ing. Osvaldo Guerrero oguertero@itcr.ac.cr Tel: 550-2184 892-9360

'Ing. Luis gomez lugomez@itcr.ac.cr Tel: 550-2688 312-5239

Apéndice N° 3:

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica
Proyecto Estudio de Fallas en Motores Eléctricos

Cuadro 1. Recopilación de datos técnicos de fallas de motores eléctricos.

Empresa	Sector Productivo	Orden de trabajo	Potencia	HP/kW	Velocidad	Fabricante	Voltaje	Falla

Bibliografía

- [1] Bonnett, A. and Soukup, G. (November 1999). The cause and analysis of stator and rotor failures in AC induction machines. *EASA, Tech note 3.*
- [2] Chapman, S. J. (2003). *Máquinas Eléctricas.* México: Editorial Mc Graw Hill.
- [3] Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación.* Editorial Mc Graw Hill, Cuarta Edición, México.
- [4] IEEE Comité Report. (July/August. 1985). Report of large motor reability survey of industrial and comercial installations part I and part II, *IEEE Ttrans. Ind. Aplicat.*, vol. IA-21, 4, 853-872.
- [5] Thorsen, O. and Dalva M. (1995 September/ October). A Survey of Faults on Induction Motors in Offshore Oil Industry, Petrochemical Industry, Gas Terminals, and Oil Refineries. *IEEE Trans. Ind. Aplicat.* Vol 31, 5.