

*UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE  
HIDALGO*



---

**PROGRAMA DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO A MÁQUINAS ELÉCTRICAS DE  
CORRIENTE ALTERNA EN LA EMPRESA  
PAPEL TITAN, S.A. DE C.V., UBICADA EN  
TIZAYUCA HIDALGO**

***Monografía***  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO INDUSTRIAL**  
P R E S E N T A

***José Oscar Hernández Hernández***

*Director*

*Ing. Atanacio Muñoz Neri*

*Junio de 2007*

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
Introducción	7
Objetivo y justificación	9
<b>Capítulo 1.</b>	
<b>Antecedentes históricos de la empresa</b>	
1.0 Localización geográfica	11
1.1 Descripción general de la empresa	11
1.2 Infraestructura en empaques Titán Tizayuca	12
1.3 Descripción de puestos	13
1.4 Organigrama de la empresa	15
<b>Capítulo 2.</b>	
<b>Características y fallas más comunes de los motores de fase partida</b>	
2.0. Qué es un motor	17
2.1 Motores de fase partida	17
2.2 Partes de un motor de fase partida	18
2.2.1 Rotor	18
2.2.2 Estator	19
2.2.3 Escudo o placas terminales	19
2.2.4 Interruptor centrífugo	20
2.3. Funcionamiento del motor de fase partida	20
2.3.1 Arrollamiento de jaula de ardilla	21
2.3.2 Arrollamientos estáticos	21
2.4. Identificación y localización de averías	21
2.4.1 Pruebas de funcionamiento	22
2.5. Tipos de conexiones de los polos	22
2.5.1 Para una sola tensión de servicio	22
2.5.2 Serie de los cuatro polos del arrollamiento de trabajo	23
2.5.3 Conexión en serie de los polos del arrollamiento de arranque	23
2.5.4 Maneras de empalmar terminales y aislar la unión	24
2.5.5 Verificación eléctrica de los arrollamientos terminados	24
2.5.6 Secado e impregnación	25
2.6. Inversión del sentido de giro	25
2.7. Conexión de los polos en motores de fase partida para dos tensiones de servicio	26
2.8. Dispositivos de protección contra sobrecargas	27
2.9. Designaciones normalizadas para las terminales de arrollamiento en motores monofásicos	28
2.9.1 Mg1-2.40 Generalidades	29
2.10. Tipos de motores de fase partida	31

2.10.1.1	Para dos velocidades de régimen	31
2.10.1.2	Con dos arrollamientos de trabajo y uno sólo de arranque	31
2.10.2.3	Con un sólo arrollamiento de trabajo y uno sólo de arranque (principio de los polos consecuentes)	32
2.11	Detección, localización y reparación de averías	32

### **Capítulo 3. Características y fallas más comunes de los motores con condensador**

3.0	Definición de un condensador	35
3.1	Tipos de motores	35
3.1.1	Motor con condensador de arranque	36
3.1.2	Motores con condensador permanente	53
3.1.3	Motores con doble condensador	56
3.1.4	Clasificación de los motores con doble condensador	57
3.1.5	Causas corrientes de anomalías en el funcionamiento	62
3.1.6	Detección, localización y reparación de averías	63
3.1.6.1	Reparación de averías motores con condensador de arranque	65
3.1.6.2	Reparación de averías motores con condensador permanente	65
3.1.6.3	Reparación de averías motores con doble condensador	66

### **Capítulo 4 Falla en los motores de corriente alterna**

4.0.	Introducción a motores de corriente alterna	68
4.1.	Detección de fallas en motores eléctricos	69
4.2.	Tipos de falla en motores eléctricos.	69
4.3.	Modificaciones en las características de los motores por variaciones en el voltaje de alimentación	74

### **Capítulo 5. Tipos de mantenimiento preventivo en una empresa**

5.0	Costos mayores	76
5.1	Áreas potenciales de mejoramiento	76
5.2	Organización del mantenimiento en la Empresa Papel Titán	78
5.2.1	Introducción	79
5.2.2	Organización del departamento de mantenimiento	7.9
5.2.3	Objetivo	80
5.2.4	Políticas	80
5.2.5	Metas	82
5.2.6	Responsabilidad y perfiles de la capacitación	83
5.2.7	Perfil de la empresa que imparte la capacitación	83
5.2.8	Administración y control	84

5.2.9	Funciones del mantenimiento en la Empresa Papel Titán	85
5.2.10	Ubicación	86
5.2.11	Conexión a tierra	87
5.2.12	Dirección de giro	88
5.2.13	Pruebas para la condición general	88
5.2.14	Operación	89
5.2.15	Mantenimiento y reparación	90
5.2.16	Desensamblaje	91
5.2.17	Desmontaje de escuadras de soporte y el rotor	91
5.2.18	Desmontaje y reemplazo de los rodamientos esféricos	91
5.2.19	Reensamblaje	92
5.2.20	Lubricación de rodamientos	92
5.2.21	Lubricación Inicial	92
5.2.22	Rodamientos lubricados con grasa.	93
5.2.23	Procedimiento de lubricación	94
5.2.24	Rodamientos de reemplazo	96
5.2.25	Desbalanceo de voltaje	96
5.2.26	Instalación de repuestos	97
5.3	Trabajo mecánico asociado al motor	98
5.4	Diagrama de sección transversal e identificación de partes	101
5.5.	Problemas inherentes a la construcción del motor	102
5.6	Problemas en los conectores	102
5.7	Falta de ventilación	103
5.8	Degradación de los rodamientos	103
5.9	Protección de los motores trifásicos	103
5.9.1	Protección por fallas de voltaje	105
5.9.2	Relès electrónicos de sobrecarga	106
5.9.3	Relès integrales de protección de motores eléctricos	107
5.9.4	Relès de protección total de motores eléctricos	108
5.10	Herramientas para las reparaciones de un motor de CA	108
5.11	Instrumentos de medición	109
5.12	Inspección mecánica al recibir el motor	110
5.13	Diagrama de flujo para el cambio de rodamientos o chumaceras o capacitor de arranque de un motor de corriente alterna	110
5.14	Responsabilidad del mantenimiento	115
5.15	La función del mantenimiento	117
5.16	Mantenimiento correctivo en talleres externos	120
5.17	Ventajas de la comunicación organizacional	121
5.18	El papel del mantenimiento en la fábrica	122
5.19	Planeación del mantenimiento	123
5.19.1	Planeación a largo plazo	125
5.20	Mantenimiento preventivo	125
5.21	¿Para qué contar con un programa de mantenimiento preventivo	127
5.21.1	Planeación preliminar	129
5.22	Instauración de un programa de mantenimiento preventivo	129

5.23	Registro de reparaciones de maquinaria y equipo	130
5.24	Especificaciones técnicas del equipo	132
5.25	Solicitudes de mantenimiento y órdenes de trabajo	143
5.26	Examen de maquinaria y equipo	148
5.27	La hoja de comprobación de mantenimiento preventivo	152
5.28	Clase de equipo que deben aplicar el mantenimiento preventivo	153
5.29	Diagnóstico de la situación actual	154
5.30	Programación del mantenimiento preventivo	154

<b>Conclusiones</b>	165
<b>Glosarios de términos</b>	167
<b>Bibliografía</b>	172

### Índice de figuras.

Figura 1. Motor de fase partida.	17
Figura 2. Rotor.	18
Figura 3. El estator	19
Figura 4. Los escudos están fijados al estator.	19
Figura 5. El Interruptor centrífugo.	20
Figura 6 <sup>a</sup> y 6b. Arrollamientos del motor de inducción jaula de ardilla.	21
Figura 7. Conexión en serie de los cuatro polos.	23
Figura 8 y 9. Conexión de los polos de un motor de inducción.	24
Figura 10. Conexión del arrollamiento de arranque permutada para conseguir la inversión del sentido de giro.	26
Figura 11. Dispositivo de protección contra sobre carga.	28
Figura 12. MG1-2.41. Identificación de terminales mediante colores.	29
Figura 13. Motor con condensador de arranque.	35
Figura 14. Conexión de un motor con condensador de arranque.	36
Figura 15. Sentido de giro reversible.	37
Figura 16. Una sola tensión de servicio, con sentido de giro reversible.	37
Figura 17. Sentido de giro reversible con protección térmica.	38
Figura 18. Caja de bornes con condensador incluido.	39
Figura 19. Condensador con núcleo móvil y bobina de relé.	39
Figura 20. Sentido de giro irreversible con relé de corriente.	41
Figura 21 <sup>a</sup> y 21 b. Esquemas de conexiones simplificado y circular de un motor tetrapolar provisto de relé de corriente del primer tipo.	42
Figura 22 Esquema de un motor con condensador de arranque provisto de relé de corriente.	42
Figura 23. Dos tensiones de servicio con sentido de giro irreversible.	43
Figura 24. Dos tensiones de servicio con sentido de giro irreversible exteriormente.	45
Figura 25. Muestra un motor tetrapolar de 314 CV, 36 ranuras y arrollamiento dispuesto en tres capas.	46
Figura 26. Esquema simplificado del motor con condensador.	48

Figura 27. Una sola tensión de servicio con inversión del sentido de giro mediante conmutador, con relé o sin relé.	49
Figura 28. El interruptor centrífugo es en este caso de doble acción.	51
Figura 29. Típico diagrama de pasos perteneciente a un motor de 36 ranuras.	52
Figura 30. Dos velocidades de régimen con doble arrollamiento y condensador de arranque.	52
Figura 31. Esquema de conexiones simplificado de un motor con condensador.	54
Figura 32. Una sola tensión de servicio, con tres terminales al exterior para la inversión del sentido de giro.	56
Figura 33. El borne 1 esta conectado a la línea L de la red.	59
Figura 34. Ilustra una sola tensión de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente.	60
Figura 35. Esquema de conexiones simplificado con doble capacitor para la tensión de servicio menor.	61
Figura 36. Destornillador haciendo corto circuito.	64

## INTRODUCCIÓN

Los motores han sido de gran utilidad para la humanidad, ya que cuando se instalan en equipos hidráulicos, mecánicos y neumáticos puede levantar cargas muy pesadas y transportarlas a grandes distancias facilitándole el trabajo al ser humano.

Para lograr los trabajos requeridos, los seres humanos manejan varios tipos de motores de corriente alterna, entre los que destacan; los motores de fase partida, los motores con condensador, los motores de repulsión, los motores polifásicos de inducción tanto de alta potencia como de baja y uno de los más utilizados son los motores de inducción jaula de ardilla dentro de la industria, debido a que tiene más resistencia, es más sencillo y económico y por lo tanto se le da muy poco mantenimiento.

En cualquier accionamiento con motores eléctricos, existen elementos de conexión y gobierno, mediante los cuales son operados de acuerdo a las necesidades de trabajo. Por esta razón, los dispositivos de control, son tan importantes en la instalación, como las máquinas accionadas. Todo servicio depende de su buen funcionamiento y de la seguridad de su operación.

La mayoría de los problemas comunes que presentan los motores eléctricos se pueden detectar por una simple inspección, o bien efectuando algunas pruebas de mantenimiento predictivo. Este tipo de pruebas se les conoce como pruebas de diagnóstico o de verificación, se inician con la localización de fallas con las pruebas más simples, y, el orden en que se desarrollan normalmente tiene que ver con el supuesto problema.

La forma de identificar los problemas tiene relación con el tamaño del motor y su tipo, especialmente cuando se trata de motores monofásicos en donde hay mayor variedad constructiva; sin embargo, hay algunas pruebas sencillas que son comunes a casi todos los tipos de motores eléctricos donde interviene el mantenimiento predictivo.

En el capítulo uno se presentan los antecedentes históricos de la Empresa Papel Titán ubicada en Tizayuca Hidalgo, así como también la estructura orgánica de la empresa.

En el segundo capítulo se especifica su funcionamiento, las partes, características y fallas más comunes en los motores de inducción de fase partida y la manera de repararlos.

En el capítulo tres se hace un análisis del funcionamiento, características, fallas y las partes más comunes de los motores con condensador y la manera de corregirlas.

En el capítulo cuatro; se abordan los problemas más comunes en los motores de corriente alterna, así como las pruebas de diagnóstico para corregir estas fallas.

En el quinto capítulo se habla de la importancia de una empresa, su organización, la dinámica de comunicación, las ventajas que hay cuando se previenen gastos externos y la viabilidad que tiene la empresa cuando contempla seguros y gastos extras.



## **OBJETIVO:**

Dar a conocer la importancia que tiene para la empresa Papel Titán ubicada en Tizayuca, la organización del mantenimiento de los motores de corriente alterna, para así lograr su adecuado funcionamiento con ayuda de un buen diagnóstico de fallas eléctricas. Se propondrá un programa de mantenimiento preventivo, que contribuya al funcionamiento de los diferentes departamentos que con el tiempo y la adecuada aplicación conseguirán la eficiencia y calidad de la empresa.

## **JUSTIFICACIÓN:**

Uno de los objetivos a alcanzar por las empresas es tener la menor cantidad de motores fuera de servicio en los talleres de reparación; ya que esto origina tiempos muertos y de ocio al personal que labora en las diferentes áreas. Si tomamos en cuenta que el incumplimiento con los tiempos de entrega para los clientes causa un atraso en el servicio que se debería de ofrecer, este problema poco a poco se convertirá en un trastorno económico para la empresa.

Este trabajo que se desarrolló es con el objetivo de que exista un apoyo didáctico que ayude a mejorar las fallas de los motores instalados en la empresa Papel Titán S. A. de C. V.; también es un material didáctico para los alumnos de las carreras afines.

**CAPÍTULO 1.**  
**ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA EMPRESA**

## 1.0 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La empresa EMPAQUES Y PAPEL TITÁN, esta localizada en el municipio de Tizayuca, estado de Hidalgo, al norte del área metropolitana de la ciudad de México, su acceso es a través de la carretera Tizayuca–Tezontepec número 5, que comunica con la autopista México–Pachuca, está situado a los 19° 50´, de latitud Norte y 98° 59´, de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura de 2,260 metros sobre el nivel del mar.

### 1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Grupo Durango, es una organización que se integra por Capital 100% mexicano, orientado a resolver y atender las necesidades de empaque o embalaje de los mercados nacionales y de exportación; constituyéndose en un grupo empresarial líder en su ramo, y buscando sustentar este liderazgo, se preocupa en todo momento por la calidad de sus productos, la superación constante del personal que lo conforma y la satisfacción de sus clientes.<sup>1</sup>

Grupo Durango esta constituido por:

- a) Empaque TITÁN Ixcalli.
- b) Empaques TITÁN Tapachula.
- c) Empaques TITÁN Tizayuca.

La historia de la empresa, inicia en el año 1936, en este año se fundo una pequeña fábrica para producir cartón de agua, que se encuentra en la colonia Guerrero, México, D. F. Iniciando originalmente como Cartonajes Estrella, S. A. de C. V.

En 1953 se compró la primera máquina de papel de producción neumática, que utilizará cartón reciclado como materia prima, incrementando el volumen de producción de 10 a 100 toneladas por día de cartoncillo y plegadizo.

En 1967 Se compró la segunda máquina de papel, incrementando la capacidad de fabricación a 250 toneladas/día. Como consecuencia

---

<sup>1</sup> Información proporcionada por el Archivo Histórico de la empresa Empaque y Papel Titán ubicada en el municipio de Tizayuca, Hidalgo.

de la baja demanda de cartoncillo en esta época, se crea la división de plegadizo, utilizando un sistema de impresión offset, y así, utilizar nuestro excedente de cartoncillo.

En 1971 se lanza al mercado por primera vez en México, una nueva línea de productos: micro-corrugados, enfocado principalmente a cubrir las necesidades de la industria de electrodomésticos, juguetes y galletas.

En 1981 debido al crecimiento de la organización, se hace necesario crear otras empresas como inmobiliarias y de servicios, y con el fin de consolidarlas y estructurarlas, en este año se integra Grupo Cosmos.

En respuesta a la creciente demanda de cartón corrugado, se adquiere la fábrica de papel Santa Clara, S. A. de C. V., la cual aporta inicialmente 60 toneladas/día de papel liner y médium; actualmente esta planta produce 180 toneladas/día. En 1990 inicia el proyecto de mayor magnitud que emprendió el grupo, la construcción de un complejo industrial localizado en Tizayuca, Hgo. En una superficie de 514,516 m<sup>2</sup> que se conforma por una fábrica de papel con capacidad de corrugado y pre-impreso que produce aproximadamente 200 toneladas/día (72,000 toneladas/anuales).

En 1993 inicia operaciones en su primera etapa la planta de Tizayuca, Hgo., incrementándose la capacidad de corrugados y pre-impreso.

En 1994 a fin de tener más presencia en la zona metropolitana y abrir nuevos mercados en la zona del bajío, se adquiere la empresa Bacaja, S. A. De C. V., ubicada en San Juan del Río Querétaro, dedicada a la fabricación de corrugado.

Y hasta 2006 el grupo Durango toma el mando de dicha empresa, para conformar lo que hoy es Empaques TITÁN Tizayuca.

## 1.2 INFRAESTRUCTURA EN EMPAQUES TITÁN TIZAYUCA

Las áreas que integran a esta empresa son:

- a) Pastas

- b) Máquina de Papel
- c) Corrugados
- d) Planta de fuerza
- e) Tratamiento de Aguas

a) Pastas: En este departamento se lleva a cabo la primer etapa donde comienza el reciclado del cartón, luego se reciben las placas de cartón para ser molido de la cual se obtiene una pasta que se almacena en un tanque, y posteriormente pasará a la máquina de papel.

b) Máquina de Papel: Departamento en el cual se inicia la transformación de la pasta, a través de un proceso húmedo para la obtención de la hoja, el grueso de la hoja depende del gramaje, ya sea liner o médium, la maquina es una Fourdrinier (tipo de máquina papelera más común).

c) Corrugados: Es donde se realiza el corrugado, aquí sale en forma de lámina para que después pase a otras máquinas para empezar a hacer las cajas de diferentes diseños, así como de diferentes tamaños y colores, de acuerdo a las características que el cliente pida.

d) Planta de Fuerza: El departamento de planta de fuerza se encarga de generar la energía necesaria para que la empresa lleve a cabo sus actividades productivas.

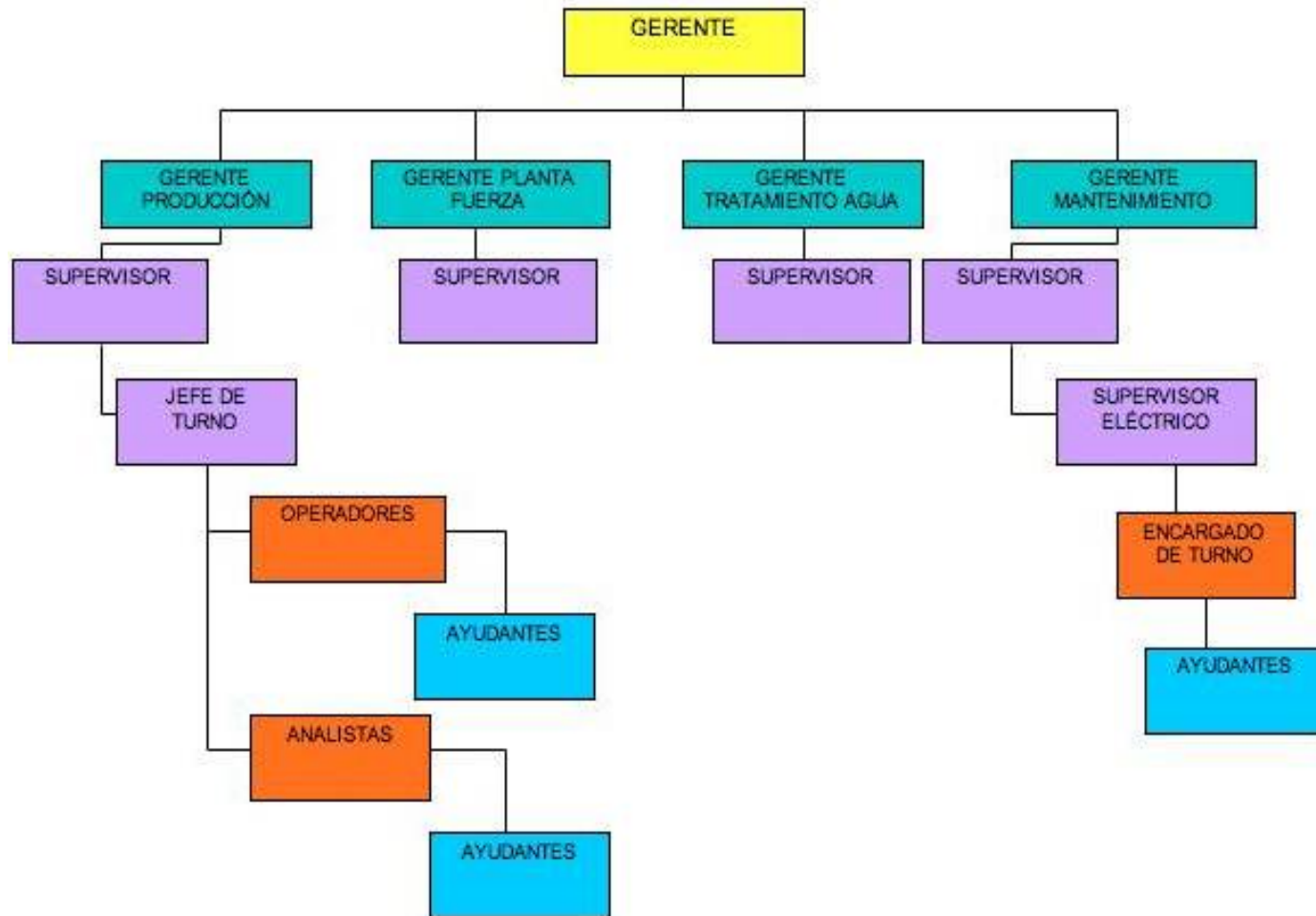
c) Tratamiento de Aguas: La principal función de este departamento es dar un tratamiento (como su nombre lo indica) físico – químico al agua que se utiliza en producción, eliminando la fibra, impurezas o material extraño que contiene el agua, para que esta pueda ser utilizada.

### 1.3 DESCRIPCIÓN DE PUESTOS

- a) Gerente de Planta: La función del gerente de planta consiste en la planeación de actividades y la toma de decisiones para el buen funcionamiento.

- b) Supervisor: La función del supervisor de planta de fuerza en la organización y coordinación de las labores planeadas, de tal forma que se consiga el máximo empleo de los medios tecnológicos y humanos. Además de la toma de decisión, una vez que el gerente se encuentre ausente.
- c) Jefes de Turno: La función de los jefes de turno consiste en la organización y coordinación de las labores planeadas dentro de su turno y darle continuidad a la planeación para llegar a cumplir el objetivo de la planeación. Además de la toma de decisión cuando el gerente y supervisor se encuentren ausentes.
- d) Operadores: La función de los operadores consiste en vigilar el buen funcionamiento del equipo, si estas personas llegan a notar algún problema dentro de la operación del equipo, pueden llegar a tomar una decisión para corregir el problema, siempre que este sea sencillo de corregir, por lo contrario si el problema es mas grave, debe avisar a su jefe inmediato superior (jefe de turno).
- e) Analistas: Una de sus funciones consiste en vigilar los parámetros químicos de operación, para los cuales fueron diseñados los equipos, si hubiera variaciones dentro de estos parámetros, debe dar solución con el apoyo del supervisor del equipo. Además de arreglar las averías en cualquier equipo de la empresa.
- f) Ayudantes: La función de los ayudantes es apoyar a los operadores, analistas y jefes de turno para el funcionamiento del equipo, además de avisar los desperfectos que llegue a observar en el exterior del equipo.

## 1.4 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA



## **CAPÍTULO 2.**

### **CARACTERÍSTICAS Y FALLAS MÁS COMUNES DE LOS MOTORES DE FASE PARTIDA**



## 2.0 DEFINICIÓN DE MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA

Es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma cualquiera de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la electricidad en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.<sup>2</sup>

En 1882 el físico, matemático, ingeniero eléctrico, inventor y genio Nikola Tesla diseñó y construyó el primer motor de inducción de CA. Posteriormente el físico Guillermo Stanley, reutilizó, en 1885, el principio de inducción para transferir la CA entre dos circuitos eléctricamente aislados.

### 2.1 MOTOR DE FASE PARTIDA

Es aquel que se emplea para accionar aparatos como lavadoras, quemadores de aceites pesados y pequeñas bombas. Este motor consta de cuatro partes principales, que son: una giratoria, llamada rotor; una fija llamada estator; dos escudos o placas terminales, sujetos a la carcasa del estator mediante tornillos o pernos y un interruptor centrífugo, dispuesto en el interior del motor. Figura 1.

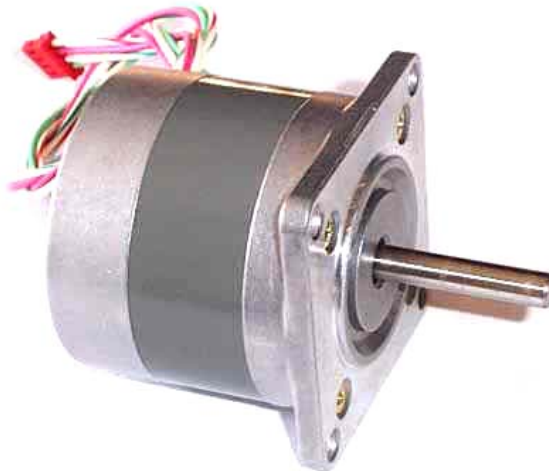


Figura 1. Motor de fase partida.

---

<sup>2</sup> Lagunas Marqués Ángel, Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión; Comerciales e Industriales, La definición de un motor y sus partes, Editorial RBT, año 2005 (6ª edición), páginas 103-107.

## 2.2 PARTES DE UN MOTOR DE FASE PARTIDA

El motor consta de 4 partes principales para su funcionamiento las cuales son: una parte giratoria llamada rotor; el estator; 2 escudos o placas terminales, sujetos a la carcasa del estator mediante tornillos o pernos, y un interruptor centrífugo, dispuesto en el interior del motor.<sup>3</sup>

### 2.2.1 ROTOR

El rotor se compone de tres partes fundamentales. La primera de ellas es el núcleo, formado por un paquete de láminas o chapas de hierro de elevada calidad magnética. La segunda es el eje, sobre el cual va ajustado a presión el paquete de chapas. La tercera es el arrollamiento de jaula de ardilla, que consiste en una serie de barras de cobre de gran sección, alojadas en sendas ranuras auxiliares practicadas en la periferia del núcleo y unidas en corto circuito mediante dos gruesos aros de cobre, situados uno en cada extremo del núcleo como la figura 2.



Figura 2. La imagen muestra a un rotor.

---

<sup>3</sup> Lagunas Marqués Ángel, Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión; Comerciales e Industriales, La definición de un motor y sus partes, Editorial RBT, año 2005 (6ª edición), páginas 107-1115.

## 2.2.2 ESTATOR

El estator se compone de un núcleo de chapas de acero con ranuras semi-cerradas, de una pesada carcasa de acero o de fundición dentro del cual esta introducido a presión el núcleo de chapas, y los dos arrollamientos de hilo de cobre aislado alojados en las ranuras y llamados respectivamente arrollamiento principal o de trabajo y arrollamiento auxiliar o de arranque como la figura 3.



Figura 3. El Estator.

## 2.2.3 ESCUDO O PLACAS TERMINALES

Los escudos o placas terminales, están fijados a la carcasa del estator por medio de tornillos o pernos; su misión principal es mantener el eje de rotor en posición variable. Figura 4.



Figura 4. Los escudos están fijados a la carcasa del estator.

## 2.2.4 INTERRUPTOR CENTRÍFUGO

Va montado en el interior del motor. Su misión es desconectar el arrollamiento de arranque en cuanto el rotor ha alcanzado una velocidad predeterminada.

El funcionamiento de un interruptor centrífugo es mientras el rotor está en reposo o girando a poca velocidad, la presión ejercida por la parte móvil del interruptor mantiene estrechamente cerrados los dos contactos de la parte fija. Cuando el rotor alcanza aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen, la parte giratoria cesa de presionar sobre dichos contactos y permite por lo tanto que se separen, con lo cual el arrollamiento de arranque queda automáticamente desconectado de la red de alimentación. Figura 5.

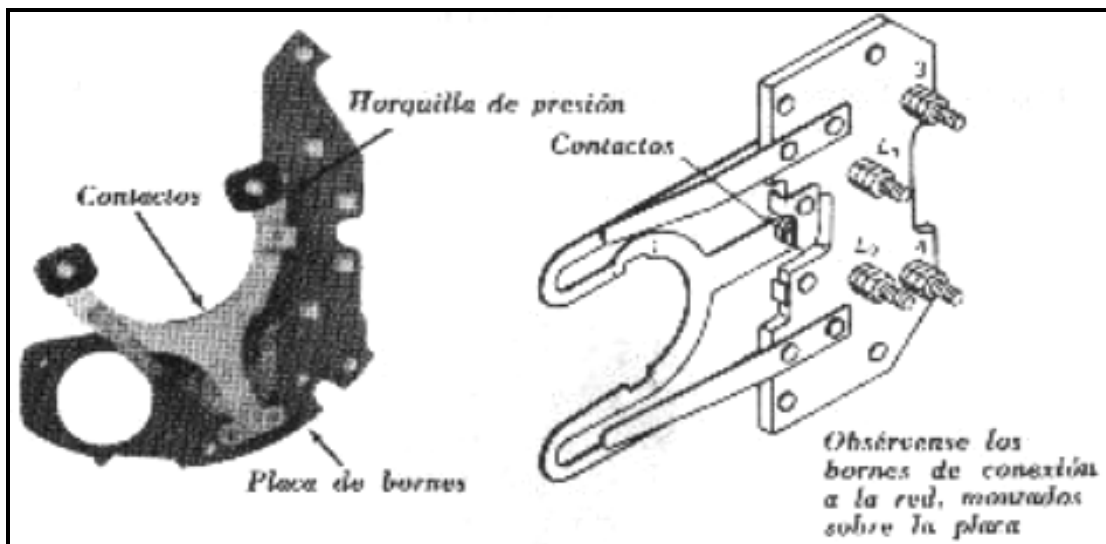


Figura 5. La imagen muestra al interruptor centrífugo.

## 2.3 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE FASE DE PARTIDA

El motor de fase partida está generalmente provisto de tres arrollamientos independientes, todos ellos necesarios para el correcto funcionamiento del mismo. Uno de estos se halla en el rotor, y se designa con el nombre de arrollamiento de jaula de ardilla<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Sanz Serrano José Luís, Instalaciones Eléctricas. Soluciones a problemas en Baja y Alta Tensión. Editorial Porrúa, Año 2005. páginas 122-132.

### 2.3.1 ARROLLAMIENTO DE JAULA DE ARDILLA

Se compone de una serie de barras de cobre de gran sección, que van alojadas dentro de las ranuras del paquete de chapas retórico; dichas barras están soldadas por ambos extremos a gruesos aros de cobre, que la cierran en cortocircuito.

### 2.3.2 ARROLLAMIENTOS ESTATÓRICOS.

Son un arrollamiento de trabajo principal, a base del conductor de cobre grueso aislado, dispuesto generalmente en el fondo de las ranuras estatóricas y un arrollamiento de arranque o auxiliar ambos arrollamientos está unido en paralelo, como se muestra en la figura 6a y 6b.

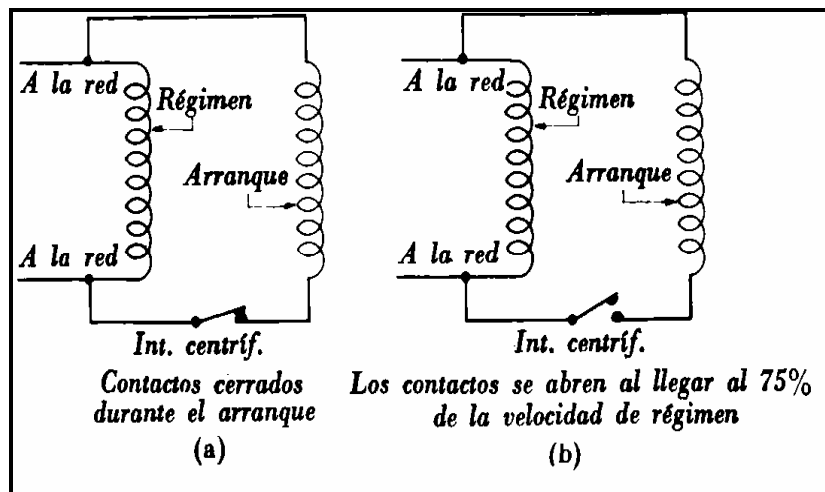


Figura 6a y 6b. Arrollamientos del motor de inducción jaula de ardilla.

## 2.4 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE AVERIAS

Cuando un motor deja de funcionar correctamente, conviene seguir una norma definida para determinar las reparaciones que exige su nueva puesta en marcha. Esta norma consiste en la ejecución de una serie de pruebas y ensayos con objeto de descubrir la clase exacta de las averías que sufre el motor.

## 2.4.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas necesarias para identificar y localizar las posibles averías de un motor se detalla enseguida y pueden ser las siguientes:

- a) Inspeccionar visualmente el motor con objeto de descubrir averías de índole mecánico (escudos resquebrajados o rotos, eje torcido, conexiones interrumpidas o quemadas).
- b) Comprobar sí los cojinetes se hallan en buen estado, para ello se intenta mover el eje hacia arriba y hacia abajo dentro de cada cojinete.
- c) Verificar sí algún punto de los arrollamientos de cobre está en contacto, por defecto del aislamiento, con los núcleos de hierro estático o rotórico. Esta operación se llama prueba de tierra o de masa.
- d) Poner en marcha el motor. Para ello se conectan los bornes del motor a la red de alimentación a través de un interruptor adecuado, y se cierra éste por espacio de unos segundos. Si existe algún defecto interno en el motor puede ocurrir que salten los fusibles, que los arrollamientos humeen, que el motor gire lentamente o con ruido, o que el motor permanezca parado.

## 2.5 TIPOS DE CONEXIONES DE LOS POLOS

### 2.5.1 PARA UNA SOLA TENSIÓN DE SERVICIO

Los polos de un motor deben conectarse entre sí sus respectivos arrollamientos. Independientemente del número de polos en cuestión, es condición indispensable que dos polos consecutivos cualesquiera sean de signo opuesto.<sup>5</sup>

Conviene comprobar si la sucesión de polaridades es correcta. Para ello se conecta el arrollamiento a una fuente de c-c de baja tensión y se pasa una brújula sucesivamente frente a cada polo.

---

<sup>5</sup> Sanz Serrano José Luís, Instalaciones Eléctricas. Soluciones a problemas en Baja y Alta Tensión. Editorial Porrúa, Año 2005. páginas 182-122.

## 2.5.2 SERIE DE LOS CUATRO POLOS DEL ARROLLAMIENTO DE TRABAJO

Las terminales de los polos se conectarán como se muestra en la figura 7. Es decir, la terminal final del polo 1 con la terminal final de polo 2. Seguidamente se conecta a la terminal inicial del polo 2 con la terminal inicial del polo 3, y la terminal final del polo 3 con el terminal final del polo 4. Por último, los dos conductores de la red de alimentación se conectan respectivamente a la terminal inicial del polo 1 y al terminal inicial del polo 4.

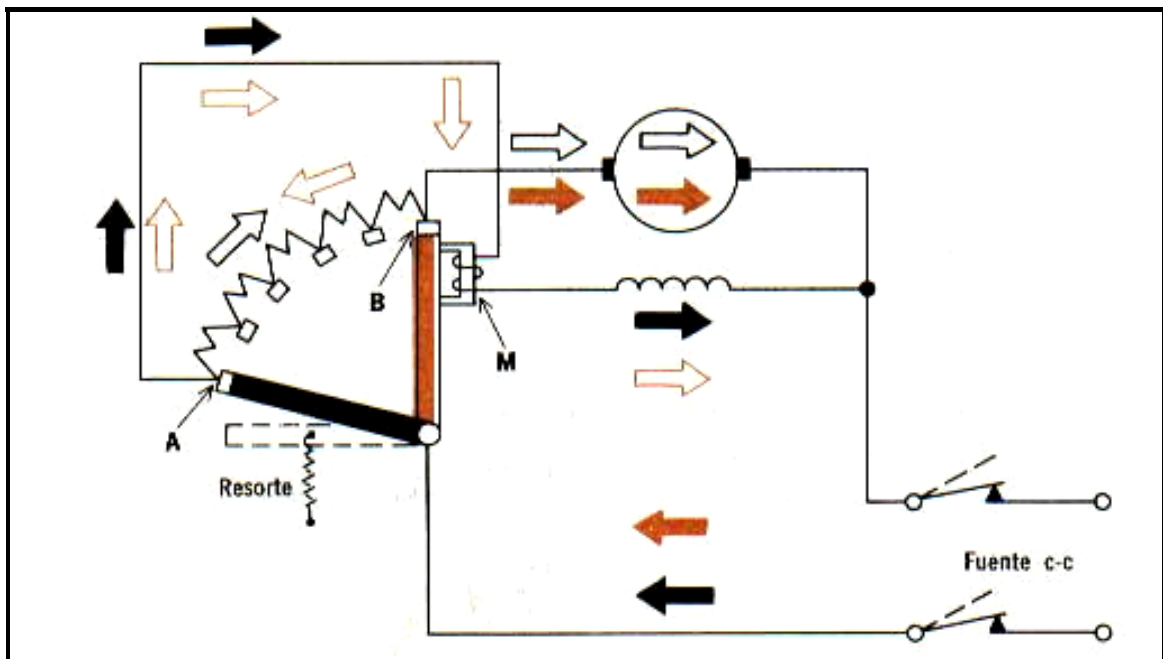
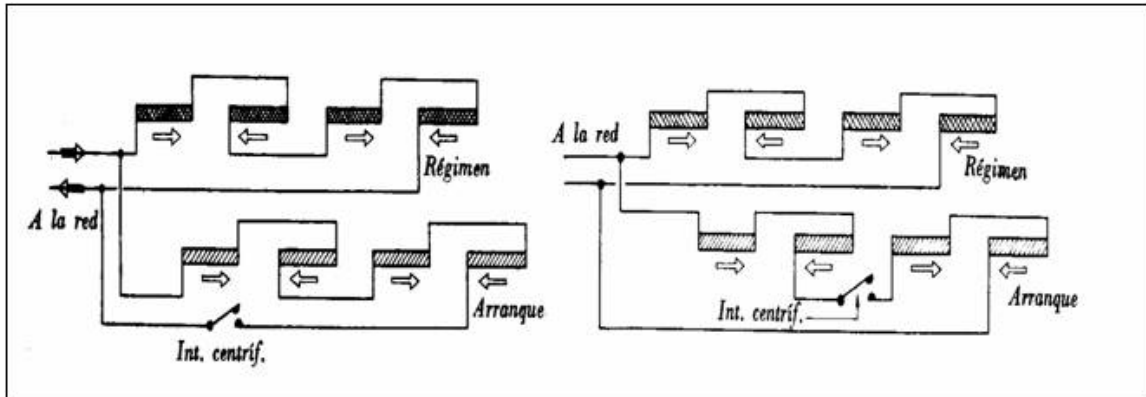


Figura 7. Conexión en serie de los cuatro polos.

## 2.5.3 CONEXIÓN EN SERIE DE LOS POLOS DEL ARROLLAMIENTO DE ARRANQUE

Los polos del arrollamiento de arranque también están conectados de modo que las polaridades vayan alternadas sucesivamente. La forma de conectarlos entre sí es análoga a la descrita para el arrollamiento de trabajo. La única diferencia es la inclusión del interruptor centrífugo, que puede ir integrado en el conductor de alimentación unido al polo 4, o bien conectado en serie entre los polos 2 y 3 como lo muestran las figuras 8 y 9.



Figuras 8 y 9. Conexión de los polos de un motor de inducción.

#### 2.5.4 MANERAS DE EMPALMAR TERMINALES Y AISLAR LA UNIÓN

Una manera de empalmar las terminales de dos polos consiste en sacar el aislamiento de ambos en una longitud de unos 5 cm. a partir de cada extremo, retorcer los hilos desnudos uno sobre el otro, soldarlos, y finalmente encintar la unión.

Otra manera de proceder es utilizar manguitos barnizados o tubos de fibra de vidrio en vez de cinta aislante.

Un tercer procedimiento consiste en usar un equipo para soldar los extremos de las terminales, previamente retorcidas. Para empalmar entre sí los polos del arrollamiento de trabajo y del arrollamiento de arranque puede emplearse uno cualquiera de los métodos descritos.

#### 2.5.5 VERIFICACIÓN ELÉCTRICA DE LOS ARROLLAMIENTOS TERMINADOS

Efectuadas las correspondientes conexiones es conveniente verificar eléctricamente uno y otras con objeto de detectar posibles cortocircuitos entre espiras, contactos a masa, conexiones erróneas o interrupciones. Estas pruebas deben efectuarse antes de proceder a las operaciones de secado e impregnación, pues así resulta más fácil remediar cualquier defecto eventual.



## 2.5.6 SECADO E IMPREGNACIÓN

Cuando ya se han efectuado y verificado todas las conexiones entre polos, y los cables flexibles de conexión a la red han sido empalmados a sus respectivas terminales y sujetos a los arrollamientos, se introduce el estator en una estufa de secado, donde debe permanecer aproximadamente una hora a una temperatura de 120°C.

Es importante recordar que el barniz debe ser suficientemente fluido para que pueda penetrar en los arrollamientos, y suficientemente espeso para que deje una película consistente tras el secado. El barniz puede volverse excesivamente espeso por evaporación de su base líquida. Si esto ocurre, dilúyase siempre con el líquido recomendado por el fabricante del mismo.

La impregnación y el secado confieren a todo el rebobinado las características de una masa compacta y rígida, sin posibilidad de movimiento; además, protegen herméticamente los arrollamientos contra la penetración de la humedad o de partículas extrañas, y elevan tanto la resistencia mecánica como la rigidez dieléctrica de los conductores.

En otros talleres se emplea un barniz a base de resina “epoxy” o de poliéster, que puede ser aplicado a los arrollamientos en menos de 20 minutos.

## 2.6 INVERSIÓN DEL SENTIDO DE GIRO

La inversión del sentido de giro resulta una operación sencilla en un motor de fase partida, pues basta para ello permutar la conexión de los terminales del arrollamiento de trabajo o del arrollamiento de arranque.<sup>6</sup>

La mayoría de los motores de fase partida llevan una placa de bornes montada sobre uno de los escudos. En vez de hacer salir las terminales de los arrollamientos al exterior, éstos se conectan a sus respectivos bornes de la placa.

---

<sup>6</sup> Sanz Serrano José Luís, *Instalaciones Eléctricas. Soluciones a problemas en Baja y Alta Tensión*. Editorial Porrúa, Año 2005. páginas 140-162.

A veces es necesario conectar el motor de manera que gire siempre en un mismo sentido, por regla general el contrario al de las agujas de un reloj (mirando el motor por extremo opuesto al de accionamiento).

La explicación de esto es que el campo magnético del arrollamiento de arranque se genera antes que el del arrollamiento de trabajo. Por consiguiente, todo sucede como si el campo magnético girase desde un polo del arrollamiento de arranque hacia el polo más próximo y de igual signo de arrollamiento de trabajo. Figura 10.

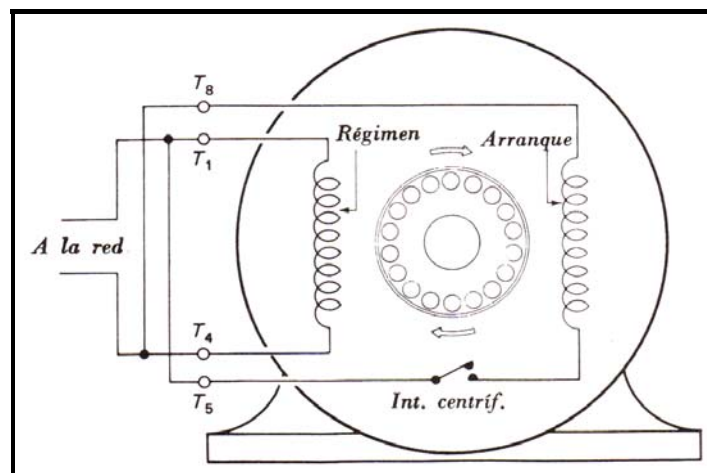


Figura 10. Conexión del arrollamiento de arranque permutada para conseguir la inversión del sentido de giro.

## 2.7 CONEXIÓN DE LOS POLOS EN MOTORES DE FASE PARTIDA PARA DOS TENSIONES DE SERVICIO

La mayoría de los motores de fase partida están contruidos para funcionar a una sola tensión de servicio. No obstante, en ciertos casos (por lo general, cuando así lo requiere una aplicación concreta) se fabrican también motores adecuados para su conexión a cualquiera de las dos tensiones distintas, normalmente 127.5 y 220 Voltios (V).<sup>7</sup>

Cuando el motor debe funcionar a 127.5 V, las dos secciones del arrollamiento principal se conectan en paralelo; cuando el motor debe trabajar a 220 V, las dos secciones se conectan en serie.

<sup>7</sup> Roldan Viloría, José, Motores Eléctricos: Automatismos de Control, Thomson Paraninfo, S.A., (9ª Edición, Traducida al Español), Año 2003, páginas 223-225.

Para rebobinar un motor de doble tensión de servicio se ejecuta primero una de las secciones de arrollamiento principal, procediendo de modo idéntico al empleado para motores de una sola tensión. Los dos de la primera sección se designan con las letras T1 y T2; los dos de la segunda, con las letras T3 y T4.

El arrollamiento de arranque, de tipo corriente, se ejecuta en último término; sus terminales se designan respectivamente con las letras T5 y T6. También puede ocurrir (más raramente) que el arrollamiento auxiliar esté formado por dos secciones, en cuyo caso se designarían las terminales de la primera con las letras T5 y T6, y los de la segunda con las letras T7 y T8.

Es importante arrollar los polos de cada sección de modo que sean alternativamente de signo contrario, pues de no hacerlo así, el motor no funcionará.

## 2.8 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

La mayoría de los que se emplean en motores monofásicos son de efecto térmico, y sirven de protección contra sobrecalentamientos peligrosos provocados por sobrecargas, fallos en el arranque y temperaturas excesivas.<sup>8</sup>

Un dispositivo térmico constituido por un disco bimetálico en forma de plato, provisto de dos contactos diametralmente opuestos que presionan contra los contactos fijos 1 y 2, muestra el disco en sus posiciones de cierre y de apertura, respectivamente. Este dispositivo suele estar provisto, por regla general, de tres bornes, designados en la figura por las cifras 1, 2 y 3; los bornes 1 y 2 corresponden a los contactos fijos, mientras que los bornes 2 y 3 son los del filamento de caldeo (Hilo de resistencia al flujo de electricidad. Esta resistencia convierte la energía eléctrica en calor).

Este tipo de dispositivo térmico puede aplicarse indistintamente a motores de una sola tensión de servicio y a motores de dos. En el primer caso no se efectúa conexión alguna de borne 2; el disco

---

<sup>8</sup> Roldan Viloría, José, Motores Eléctricos: Automatismos de Control, Thomson Paraninfo, S.A., (9ª Edición, Traducida al Español), Año 2003, páginas 230-245.

bimetálico y el filamento de caldeo quedan entonces conectados en serie con la totalidad del arrollamiento principal. (Figura 11).



Figura 11. Dispositivos de protección contra sobrecargas.

Las protecciones térmicas se emplean mucho en los motores que estén herméticamente cerrados. Se instala en los arrollamientos más profundos de manera que reciban la máxima transferencia posible de calor. Es muy importante que su montaje sea ejecutado con esmero, ya que la conformación suplementaria que es preciso conferir al arrollamiento para la inserción de la protección puede dañar o debilitar el aislamiento de éste.

## 2.9. DESIGNACIONES PARA LAS TERMINALES DE ARROLLAMIENTO EN MOTORES MONOFÁSICOS

Las normas sobre designación de terminales que se exponen a continuación son las promulgadas por la “National Electrical Manufacturers Association “(NEMA) en su Standard Publication MG1 de 1968.<sup>9</sup>

### 2.9.1 MG1-2.40 GENERALIDADES

- a) Dos tensiones de servicio: El arrollamiento principal se supone dividido en dos mitades: a los terminales de la primera mitad se asignarán las letras T1 y T2, a los terminales de la segunda, las letras T3 y T4. El arrollamiento auxiliar (caso de que exista) se supone dividido en 2

<sup>9</sup> Roldan Viloría, José, Motores Eléctricos: Automatismos de Control, Thomson Paraninfo, S.A., (9ª Edición, Traducida al Español), Año 2003, páginas 250-263.

mitades; a los terminales de la primera mitad se le asignarán las letras T5 y T6 a los terminales de la segunda las letras T7 y T8.

- b) Una sola tensión de servicio: A los terminales del arrollamiento principal se le asignan las letras T1 y T4; A los terminales del arrollamiento auxiliar (caso de que exista) las letras T5 Y T8.
- c) MG1-2.41. Identificación de terminales mediante colores. Cuando los motores monofásicos se empleen conexiones de color, en vez de letras y subíndices, para identificar los terminales de los arrollamientos, se asignarán a éstos los colores siguientes Figura 12.

T1 - azul	T5 - negro
T2 - blanco	T8 - rojo
T3 - naranja	P1 - ningún color asignado
T4 - amarillo	P2 – castaño

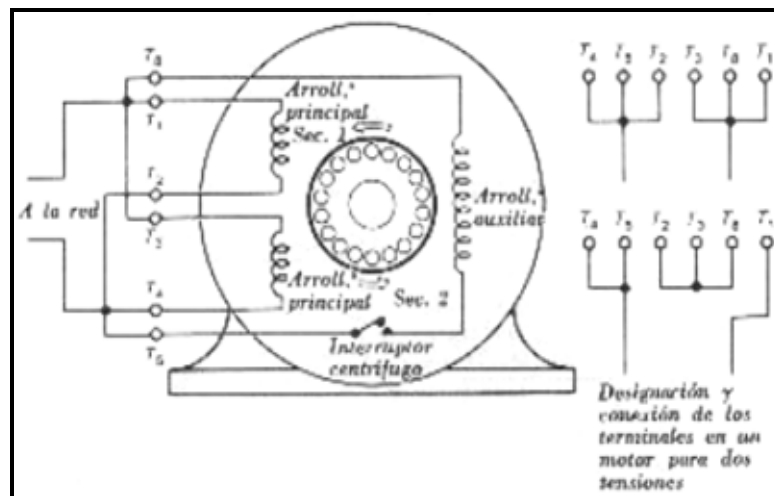


Figura 12. MG1-2.41. Identificación de terminales mediante colores.

- d) MG1-2.42. Dispositivos auxiliares en el interior del motor. La presencia de un dispositivo auxiliar como condensador, interruptor centrífugo y protección térmica, conectado permanentemente en serie entre un terminal de un motor y la sección de arrollamiento la cual actúa, no alterará la designación correspondiente.

- e) MG1-2.43. Dispositivos auxiliares exteriores del motor. Cuando los dispositivos auxiliares (condensadores, resistencias, inductancias y transformadores) están alojados fuera del motor, se emplearán para los terminales las designaciones correspondientes al dispositivo de cuestión.
- f) MG1-2.44. Placas de bornes. En una placa de bornes, la identificación de cada uno de ellos quedará especificada por la correspondiente designación sobre la placa o bien un esquema de conexiones fijado al motor.
- g) MG1-2.45 Dispositivos auxiliares interiores conectados permanentemente a la placa de bornes. Cuando el proyecto de un motor se prevé que el interruptor centrífugo, la protección térmica u otro dispositivo auxiliar cualquiera estén conectados permanentemente a un borne determinado, es preciso introducir algunas modificaciones en los esquemas de conexiones reproducidos en MG1-2.47, indicadas en MG1-2.53.
- h) MG1-2.46. Principios generales para la designación de terminales en motores monofásicos. Las normas relativas a designación y conexión de terminales que figura en MG1-2.40 (complementadas en MG1-2.45) y en los esquemas de MG1-2.47 (complementadas en MG1-2.53) están basadas en los siguientes principios:
- Primer principio: En todo motor monofásico se designarán los terminales del arrollamiento principal con las letras T1, T2, T3 y T4 y los del arrollamiento auxiliar con las letras T5, T6, T7 y T8.
  - Segundo principio: De acuerdo con el primer principio, para conectar en paralelo las dos secciones de un arrollamiento (tensión de servicio más baja) se unen entre sí los respectivos terminales pares y los respectivos terminales impares.
  - Tercer principio: El rotor de todo motor monofásico se representa siempre por un círculo, incluso si carece de conexiones exteriores.

## 2.10 TIPOS DE MOTORES DE FASE PARTIDA

### 2.10.1 PARA DOS VELOCIDADES DE RÉGIMEN

Puesto que la velocidad de cualquier motor asíncrono es función del número de polos del mismo (para una frecuencia determinada), si se desea variar la velocidad de un motor de fase partida es preciso variar también su número de polos. Hay tres métodos para conseguir dos velocidades de régimen distintas:<sup>10</sup>

- a) Disponer un arrollamiento de trabajo adicional, sin ningún arrollamiento de arranque suplementario.
- b) Disponer de arrollamientos de trabajo y dos arrollamientos de arranque.
- c) Utilizar el llamado principio de los polos consecuentes, sin necesidad de arrollamiento adicional alguno.

Por regla general se rebobinan con 6 y 8 polos, y alcanzan entonces unas velocidades aproximadas de mil 150 y 875 r.p.m.

### 2.10.2 CON DOS ARROLLAMIENTOS DE TRABAJO Y UNO SÓLO DE ARRANQUE

Al rebobinar un motor de este tipo, con cuatro arrollamientos, deberá así mismo tener buen cuidado de alojar las bobinas de cada uno en las ranuras que le corresponden.

Reproduce un típico diagrama de pasos perteneciente a un motor de cuatro arrollamientos (6 y 8 polos), el esquema de conexiones de los arrollamientos de trabajo y de arranque de la parte hexapolar. Se observa que el arrollamiento de arranque se compone únicamente de tres polos, conectados de manera que todos sean del mismo signo.

---

<sup>10</sup> Roldan Vilorio, José, Motores Eléctricos: Automatismos de Control, Thomson Paraninfo, S.A., (9ª Edición, Traducida al Español), Año 2003, páginas 263-275.

### 2.10.3 CON UN SÓLO ARROLLAMIENTO DE TRABAJO Y UNO SÓLO DE ARRANQUE (PRINCIPIO DE LOS POLOS CONSECUENTES)

Como ya se ha explicado anteriormente, cuando los polos de arrollamiento se conectan de manera que todos ellos sean del mismo signo, se engendra un número de polos magnéticos igual al doble del número de polos bobinados.

### 2.11 DETECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE AVERÍAS

Para detectar averías o defectos en un motor de fase partida deben someterse sus arrollamientos estatóricos a una serie de pruebas, con objeto de identificar la naturaleza de la avería, que puede consistir en:<sup>11</sup>

- a) Contactos a masa, también llamados tierras. Cuando existen un contacto eléctrico entre uno o varios puntos del mismo y el hierro (carcasa) del estator. Las tierras pueden estar provocadas por diferentes causas, de las cuales las más frecuentes son:
- Los pernos que sujetan los escudos del motor a la carcasa del motor tocan el arrollamiento.
  - Algunas espiras del arrollamiento hacen contacto con las planchas del núcleo en las aristas de las ranuras porque el aislamiento de las ranuras se ha desplazado.
  - El interruptor centrífugo hace contacto con el escudo donde esta montado.

Para detectar posibles contactos a masa se utiliza una lámpara de prueba, una de cuyas terminales se conecta al arrollamiento en cuestión, mientras con la otra se toca el núcleo del estator o la carcasa del motor.

Si la lámpara se enciende, el arrollamiento no está interrumpido; si por el contrario, la lámpara no se enciende, es señal evidente de que existe un punto de interrupción.

---

<sup>11</sup> Roldan Vilorio, José, Motores Eléctricos: Automatismos de Control, Thomson Paraninfo, S.A., (9ª Edición, Traducida al Español), Año 2003, páginas 277-289.



- b) Interrupciones. La causa de esta avería es el mal estado de una unión (contactos flojos o sucios) o la rotura de un conductor (en el arrollamiento principal o auxiliar).
- c) Cortocircuitos. Esta es por dos o más espiras contiguas en contacto eléctrico directo (es decir por defectos en el aislamiento que las protege).
- d) Inversiones de polaridad. Son consecuencia de conexiones erróneas entre polos.

Más difícil sería la localización de una interrupción en el arrollamiento de arranque, ya que el circuito del mismo incluye, además, el interruptor centrífugo.

Para detectar la existencia de una posible interrupción en un circuito de arranque (arrollamiento e interruptor centrífugo conectado en serie) desmontado del motor al cual pertenece, se procederá de la manera siguiente. Se conectan las terminales de la lámpara de prueba a las terminales de circuito de arranque. La lámpara no debería encenderse hasta que se cierren los dos contactos del interruptor ejerciendo presión sobre los mismos. Si al cerrar los contactos de la lámpara tampoco se enciende, es que existe una interrupción en el arrollamiento de arranque, en el propio interruptor o en ambos.

## **CAPÍTULO 3**

# **CARACTERÍSTICAS Y FALLAS MÁS COMUNES DE LOS MOTORES CON CONDENSADOR**

### 3.0 DEFINICIÓN DE CONDENSADOR

Son dos marcos metálicos, generalmente de aluminio, separados por una o varias láminas de material aislante, como por ejemplo papel o tela, constituyen un condensador. Todos los condensadores poseen la propiedad fundamental de almacenar energía eléctrica en mayor o menor grado, según su capacidad.<sup>12</sup>

Los motores con condensador trabajan con corriente alterna monofásica, y se construyen para potencias que oscilan entre 1/20 CV (El caballo de vapor, símbolo CV, es una unidad de potencia) a 10 CV. El motor con condensador es de construcción similar a la del motor de fase partida.

#### 3.1 TIPOS DE MOTORES

Es un motor en el cual el condensador y el arrollamiento donde está conectado sólo actúan durante el período de arranque figura 13.<sup>13</sup>



FIGURA 13. Motor con condensador de arranque.

---

<sup>12</sup> Rey Sacristán. Manual de Mantenimiento de Máquinas y Equipos Eléctricos, España, CEAC, 1995, pp. 24-25.

<sup>13</sup> Rey Sacristán. Manual de Mantenimiento de Máquinas y Equipos Eléctricos, España, CEAC, 1995, pp. 25-58.

a) **CONSTRUCCIÓN.** Si se exceptúa la presencia del condensador, la construcción de estos motores es análoga a la de los motores de fase partida. Las partes principales de un motor de este tipo son:

- 1.- Un estator ranurado, provisto de un arrollamiento de trabajo y un arrollamiento de arranque.
- 2.- Un rotor de jaula de ardilla.
- 3.- Dos escudos o placas terminales.
- 4.- Un interruptor, normalmente centrífugo, compuesto para una parte fija, montada en el escudo frontal o en la carcasa, y una parte móvil, solidaria del rotor.
- 5.- Un condensador, por regla general de tipo electrolítico.

b) **FUNCIONAMIENTO:** La figura 14 muestra el esquema de conexiones simplificado de un motor con condensador de arranque. Cuando el motor ha alcanzado aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen, el interruptor centrífugo se abre y desconecta con ello el arrollamiento de arranque y el condensador; el arrollamiento de trabajo, por el contrario, permanece en servicio.

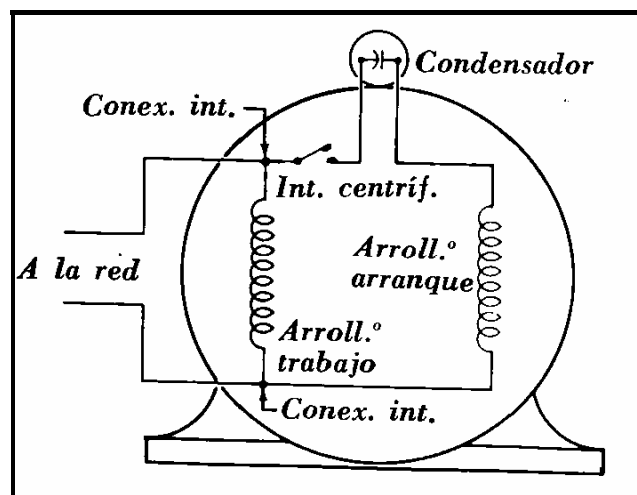


Figura 14. Conexión de un motor con condensador de arranque

### 3.1.1 MOTORES CON CONDENSADOR DE ARRANQUE

Los cuales se mencionarán y describirán a continuación.

a) Una sola tensión de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente. Figura 15.

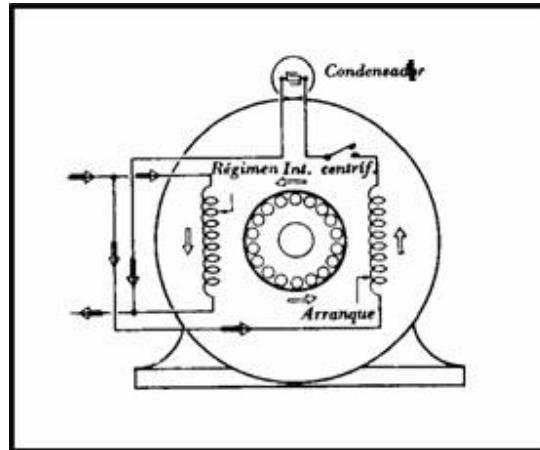


Figura 15. Sentido de giro reversible.

En este tipo de motor salen fuera de la carcasa cuatro terminales, dos procedentes del arrollamiento de trabajo y dos del arranque. Estos cuatro terminales libres al exterior son indispensables si se desea que el sentido de giro del motor pueda invertirse exteriormente. El arrollamiento de arranque está conectado interiormente en serie con el condensador y con el interruptor centrífugo. En la figura 14 y 15 muestran los esquemas simplificados de conexión de los arrollamientos para que el motor gire respectivamente en el sentido de las agujas de un reloj o en sentido contrario. Para invertir el sentido de giro basta permutarse los terminales del arrollamiento de arranque con respecto a los del arrollamiento de trabajo o viceversa.

c) Una sola tensión de servicio, con sentido de giro irreversible. Figura 16.

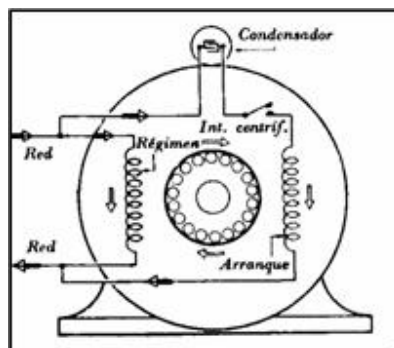


Figura 16. Una sola tensión de servicio, con sentido de giro irreversible.

Cuando los terminales del arrollamiento de arranque ya están conectados a los del arrollamiento de trabajo en el interior del motor, el sentido del giro de este último no puede invertirse a menos que se desmonte el rotor y se permuten las conexiones. Se construyen motores de este tipo porque hay determinadas aplicaciones que requieren precisamente un solo sentido de rotación. En la figura 16 se muestra el esquema simplificado de uno de ellos, solo salen al exterior dos terminales de conexión. Es conveniente dejar los cuatro terminales libres, de modo que la inversión del sentido de giro pueda conseguirse cuando se desee.

- c) Una sola tensión de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente y con protección térmica contra sobrecargas.

Los motores con condensador de arranque van equipados con un dispositivo de protección térmica cuyo objeto es protegerlos contra los efectos de sobrecarga, sobrecalentamiento y cortocircuitos. Este dispositivo consiste esencialmente en dos láminas metálicas con distinto coeficiente de dilatación, soldadas íntimamente una a la otra. Al calentarse en exceso por cualquier motivo, las dos láminas se dilatan desigualmente, el elemento formado por ellas se curva y se abre entonces unos contactos insertos en el circuito de alimentación. El dispositivo de protección está intercalado en uno de los conductores de la red, y suele ir montado en el interior del motor; sin embargo, algunos motores previstos para finalidades específicas llevan el dispositivo fuera de los mismos.

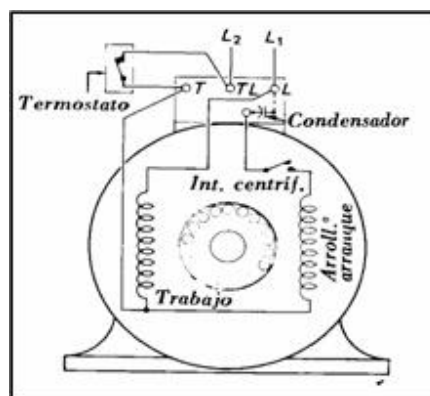


Figura 17. Sentido de giro reversible con protección térmica.

d) Una sola tensión de servicio, sentido de giro irreversible y caja de bornes con condensador incluido.

Algunos motores con condensador incluido llevan una caja de bornes, figura 18, esta tiene 4 bornes de los cuales 3 están designados con las letras T, TL y L. Los conductores de alimentación L1 y L2 se conectan a los bornes L y TL, y los terminales del termostato, situado en el interior del frigorífico a los bornes TL y T. El condensador esta alojado en el interior de la caja: por un lado va unido al borne L de la caja, y por el otro al cuarto borne que carece de designación. La figura 19 representa el esquema simplificado de un motor de este tipo.

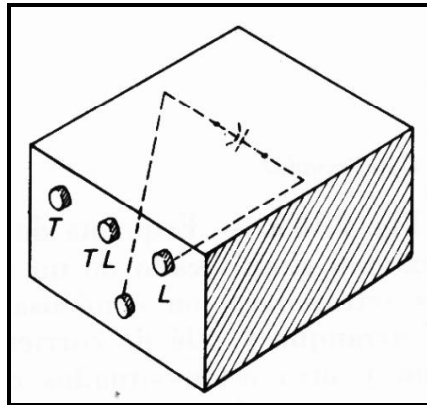


Figura 18. Caja de bornes con condensador incluido.

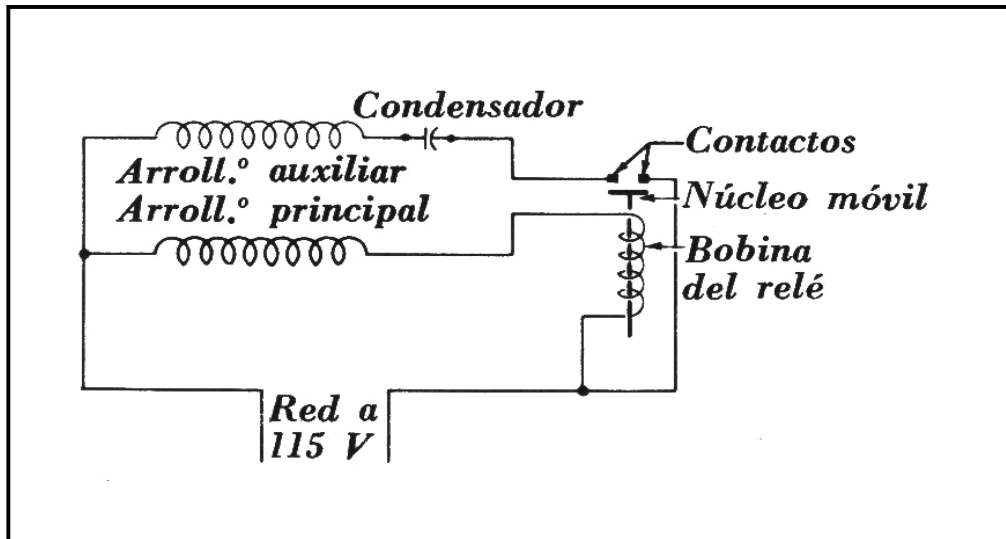


Figura 19. Condensador con núcleo móvil y bobina de relé.

e) Una sola tensión de servicio, con sentido de giro irreversible y relé de corriente.

Muchos motores de fase partida o condensador de arranque destinados a prestar servicios en frigoríficos, acondicionadores de aire, bombas, máquinas de oficina están protegidos con una carcasa de cierre hermético. En tales casos resulta prácticamente imposible el empleo de interruptor centrífugo en los mismos, dadas las dificultades existentes para su entretenimiento o eventual sustitución, y por ese motivo se recurre entonces al auxilio de un relé electromagnético exterior. Dicho relé puede estar montado encima del motor o bien próximo a él, y puede ser del tipo “de corriente” o bien del tipo “de tensión”. Sea cuál fuere su tipo, el relé asume la función del interruptor centrífugo, es decir, desconectar del circuito de alimentación el arrollamiento de arranque cuando la velocidad del motor alcanza aproximadamente el 75 por ciento de su valor de régimen.

El funcionamiento del relé se basa en el hecho de que la corriente que circula por el arrollamiento de trabajo durante el período inicial de arranque es de 2 a 3 veces superior a la que lo atraviesa en régimen de servicio. El relé electromagnético consiste en simplemente en una bobina con un núcleo móvil que en condiciones normales ocupa la posición inferior y deja abiertos dos contactos (figura 20). La bobina está conectada en serie con el arrollamiento de trabajo, y los contactos están interpuestos en el arrollamiento de arranque. Al aplicar tensión al motor, la bobina del relé se excita lo suficiente para levantar el núcleo y cerrar los contactos, con lo cual tanto el arrollamiento de trabajo como el de arranque quedan en servicio, y el motor se pone en marcha; sin embargo, tan pronto como la corriente ha descendido casi a su valor normal por efecto del incremento de velocidad, la excitación de la bobina resulta insuficiente para mantener el núcleo en su posición superior, y este se separa de los contactos, con lo cual el arrollamiento auxiliar queda desconectado. El motor funciona entonces únicamente con el arrollamiento principal. La figura 20a reproduce otro tipo usual de relé de corriente similar en esencia al anterior.



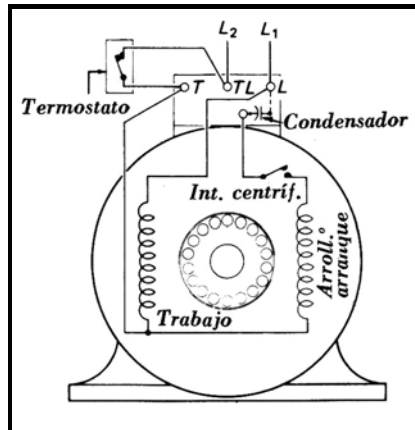


Figura 20. Sentido de giro irreversible con relé de corriente.

Las figuras 21a y 21b muestran los esquemas de conexiones simplificado y circular de un motor tetrapolar provisto de relé de corriente del primer tipo. Se observa que el relé y el condensador de arranque están alojados conjuntamente y fuera del motor. En las figuras 21a y 21b el relé empleado es del segundo tipo; por otra parte el condensador de arranque está alojado separadamente. Estos motores no permiten la inversión del sentido de giro; para ellos sería preciso que salieran cuatro terminales fuera del motor. Un inconveniente de este tipo de motores es la posibilidad de que la bobina del relé actúe, estando el motor ya en servicio, por efecto de una sobrecarga, y vuelva a conectar con ello el arrollamiento de arranque. Recordando que dicho arrollamiento sólo está dimensionado para trabajar unos cuantos segundos, una inclusión excesivamente larga o frecuente en el circuito podría quemarlo. Esta eventualidad puede evitarse, utilizando un dispositivo térmico de protección.

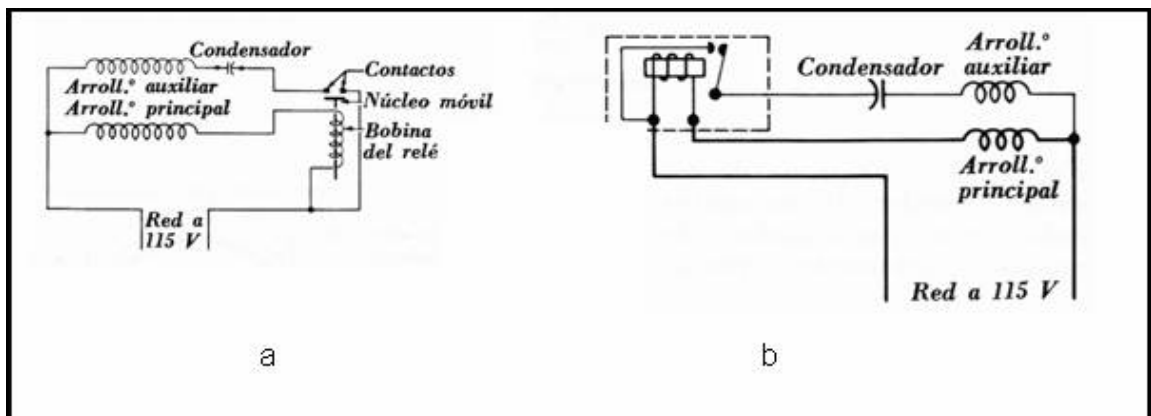


Figura 21a y 21b. Las imágenes muestran los esquemas de conexiones simplificado y circular de un motor tetrapolar provisto de relé de corriente del primer tipo.

La figura 22 muestra el esquema de un motor con condensador de arranque provisto de relé de corriente y de una protección térmica de 2 bornes (completamente similar a una de 3, excepto por el borne 2 se deja libre).

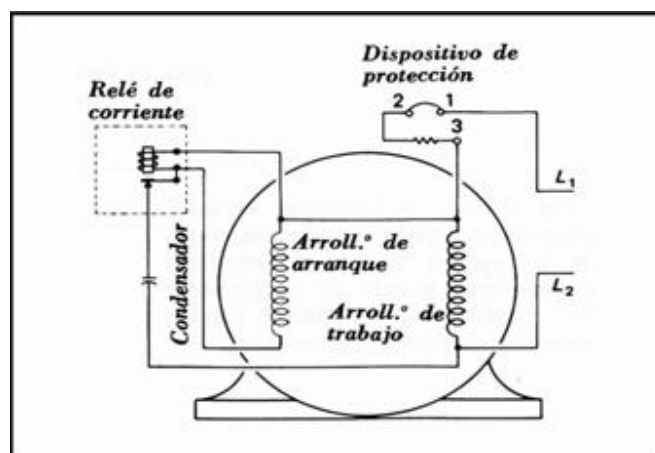


Figura 22. Esquema de un motor con condensador de arranque provisto de relé de corriente.

f) Dos tensiones de servicio con sentido de giro irreversible.

Los motores de este tipo pueden funcionar indistintamente a una cualquiera de dos tensiones de servicio, generalmente 127.5 ó 220 V; dispone a tal efecto de un arrollamiento de trabajo, subdividido en dos secciones iguales, y de un arrollamiento de arranque, constituido por una sola sección. La posibilidad de reconexión para una u otra tensión de servicio exige que sean accesibles exteriormente los cuatro

terminales del arrollamiento principal (dos por cada sección). Los terminales de la primera sección llevan las designaciones T1 y T2; los de la segunda, T3 y T4. Figura 23.

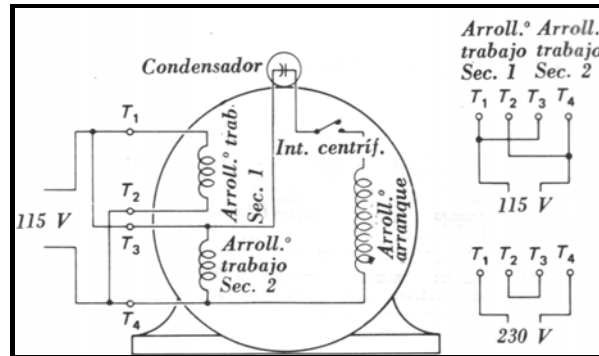


Figura 23. Dos tensiones de servicio con sentido de giro irreversible.

Cuando el motor debe trabajar a 127.5 V, dichas secciones se conectan en el paralelo; el arrollamiento de arranque, por otra parte, está siempre conectado en paralelo con una de las secciones del arrollamiento principal. Por ser esta conexión interna, no se podrá invertir el sentido de giro del motor, al menos de desmontar este último.

Cuando el motor debe trabajar a 220 V las dos secciones del arrollamiento principal se conectan en serie, con lo anterior queda aplicada a cada una la mitad de la tensión de servicio, o sea 127.5 V. Puesto que el arrollamiento de arranque permanece conectado en paralelo con una de dichas secciones, es evidente que seguirá trabajando a 127.5 V. Por consiguiente sea cual fuere la atención del servicio del motor, el arrollamiento de arranque siempre a la menor de las dos.

- **Rebobinado:** Como se ha visto, el arrollamiento auxiliar de un motor con condensador de arranque, previsto para dos tensiones distintas de servicio, es idéntico al de un motor análogo previsto para una sola tensión de servicio, y se ejecuta como el de este último. El arrollamiento de trabajo, por el contrario, se compone de dos acciones iguales, y difiere por tanto del que lleva un motor normal su ejecución puede llevarse a cabo según 3 métodos distintos.

El primer método consiste en bobinar cada sección separadamente, como si se tratara de un arrollamiento completo. Se empieza por ejecutar la primera sección igual que para un motor con una sola tensión de servicio, es decir, cubriendo todos los polos provistos. Luego se ejecuta de igual manera la segunda sección, a base del mismo número de espiras y diámetro de hilo, dispuesta encima de la primera y alojada en las mismas ranuras. Finalmente se bobina encima el arrollamiento de arranque teniendo cuidado de desplazarlo geométricamente 90 grados eléctricos. En realidad pues, los arrollamientos del motor quedan dispuestos verticalmente uno sobre el otro formando tres capas con el debido aislamiento interpuesto entre ellas. Respectivamente los esquemas de conexiones lineal y circular correspondientes a un motor tetrapolar con condensador de arranque y dos tensiones de servicio, cuyos arrollamientos han sido ejecutados de la manera indicada.

El segundo método consiste en bobinar simultáneamente las 2 secciones del arrollamiento de trabajo utilizando dos hilos independientes, en vez de uno.

El tercer método consiste en bobinar todos los polos del arrollamiento de trabajo como en un motor para una sola tensión, y luego conectar los polos de manera que cada mitad de los mismos constituya una sección.

Así se reproducen respectivamente los esquemas circular y lineal de un motor tetrapolar para dos tensiones de servicio, en el cual las dos secciones del arrollamiento de trabajo se han formado uniendo polos contiguos, o sea mediante "conexión corta". Los esquemas circular y lineal de las figuras corresponden a un motor de tipo idéntico al precedente, pero con las secciones formadas por la unión de polos diametralmente opuestos, o sea mediante "conexión larga".

Independientemente del método empleado para el rebobinado, el arrollamiento de arranque queda siempre

conectado en paralelo con una sección de arrollamiento de trabajo.

g) Dos tensiones de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente.

Este tipo permite la inversión del sentido de giro desde el exterior gracias a la salida de dos terminales suplementarios precedentes del circuito de arranque. Los esquemas simplificados de un motor con condensador de arranque y dos tensiones de servicio, conectado de manera que pueda trabajar a la tensión menor (127.5 V) y girar respectivamente en el sentido de las agujas de un reloj y en sentido contrario. Los esquemas lineal y simplificado de un motor tetrapolar de este mismo tipo, conectado de manera que trabaje a la tensión mayor (220V) y gire a derecha. Los esquemas lineal y simplificado de la corresponden al mismo motor precedente con la sola salvedad de que el sentido de giro es ahora a izquierda, como lo muestra la figura 24.

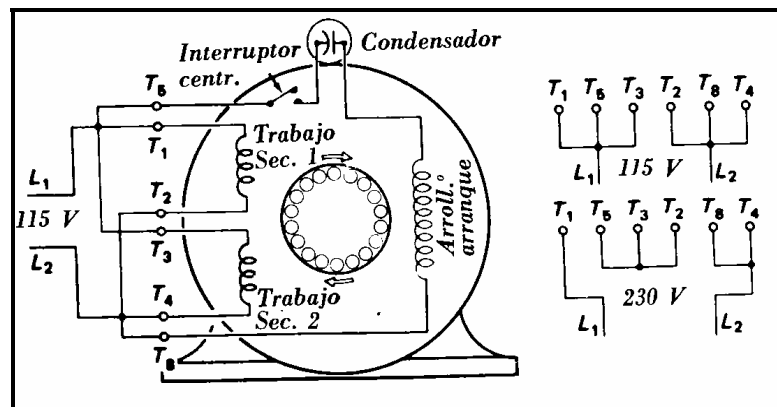


Figura 24 Dos tensiones de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente.

h) Dos tensiones de servicio, con protección térmica contra sobrecargas.

Estos motores van equipados con un dispositivo termostático de protección contra sobrecargas, constituido por un tipo de relé a base de un disco o elemento bilamina, provisto de tres bornes; entre los bornes 2 y 3 está conectado un filamento auxiliar de caldeo.

A continuación se indican algunos datos relativos a un motor típico de esta clase que fue rebobinado. Se trataba de un motor

tetrapolar de 314 CV, 36 ranuras y arrollamiento dispuestos en tres capas. Las dos capas inferiores correspondían a otras tantas secciones del arrollamiento de trabajo, alojadas en las mismas ranuras y con aislamiento interpuesto entre ellas; la capa superior correspondía al arrollamiento de arranque, desplazado 90° eléctricos con respecto a las dos secciones del arrollamiento de trabajo. Cada una de estas secciones estaba formada por dos series de dos polos unidas en paralelo; por el contrario, los cuatro polos del arrollamiento de arranque estaban conectados en serie. Del motor salían cinco terminales para permitir la reconexión de 127.5 V a 220 V o viceversa. Para invertir el sentido de giro era preciso desmontar el escudo frontal y permutarlos del arrollamiento de arranque en la placa de bornes del interruptor centrífugo. La figura 25 muestra el esquema simplificado de la conexión entre arrollamientos para una tensión de servicio de 127.5 V. El conexionado interior de los polos puede verse en el esquema lineal.

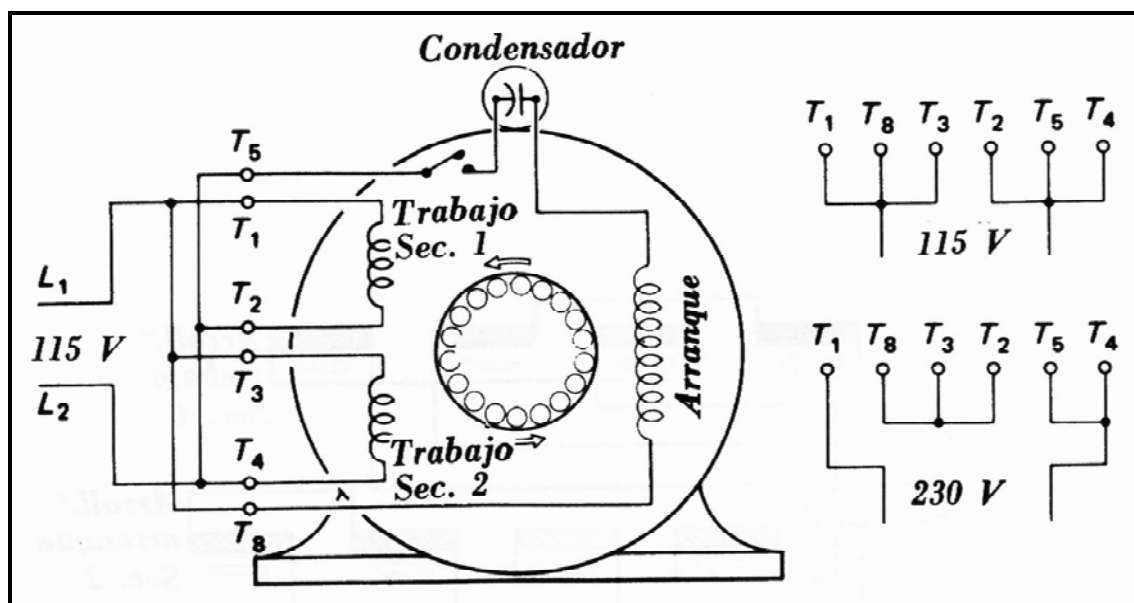


Figura 25. Muestra un motor tetrapolar de 314 CV, 36 ranuras y arrollamiento dispuestos en tres capas.

El motor fue rebobinado con los mismos números de espiras y calibres de hilo, pero empleando el segundo método anteriormente descrito, es decir, devanando las dos secciones del arrollamiento de trabajo, simultáneamente con dos hilos independientes. Además, con

objeto de poder invertir fácilmente el sentido de giro sin tener que desmonta el escudo frontal, se sacaron al exterior los dos terminales del circuito de arranque.

- i) Una sola tensión de servicio, con tres terminales libres y sentido de giro reversible exteriormente.

El sentido de giro, de los motores normales con condensador de arranque no es reversible exteriormente si sólo salen hacia la placa de bornes tres terminales del arrollamiento de trabajo y uno del circuito de arranque). Si embargo, esta operación resulta sumamente sencilla si se subdivide el arrollamiento de trabajo en dos secciones, como en los motores par dos tensiones de servicio. Estas dos secciones están permanentemente unidas en serie; los dos terminales extremos del están permanentemente sale hacia la placa de bornes para la conexión a la red. Uno de los terminales del circuito de arranque está unido interiormente al punto medio del arrollamiento de trabajo, y el otro sale libre al exterior.

De esta manera, según que se conecte este terminal libre a uno otro de los bornes de alimentación, el circuito de arranque quedará conectado en paralelo con la sección uno, o con la sección del arrollamiento de trabajo. El examen de ambas figura indica claramente que el sentido de circulación de la corriente por uno circuito de arranque es contrario en los dos casos, y por consiguiente también el sentido de giro del motor.

La figura 26 muestra el esquema simplificado de este motor con tres terminales libres para la inversión del sentido de giro. Esta con una sola tensión de servicio, con inversión del sentido de giro mediante conmutador, con relé o sin él.

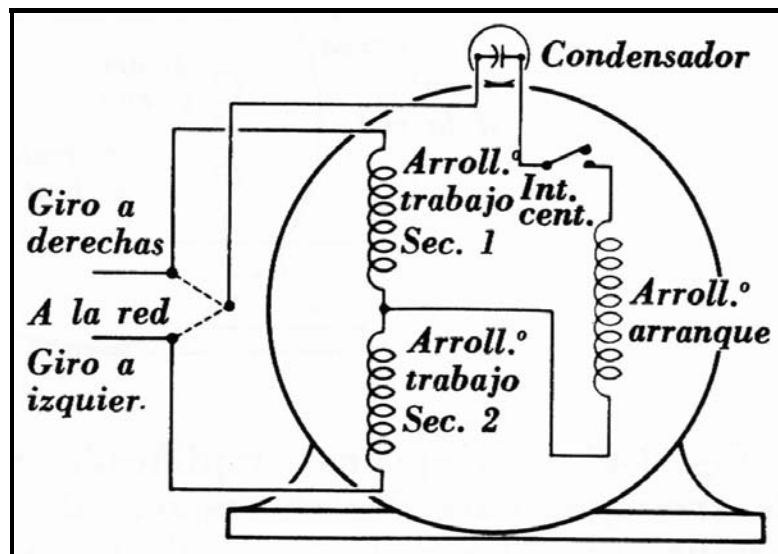


Figura 26. Esquema simplificado del motor con condensador.

En condiciones normales de funcionamiento, si se quiere invertir el sentido de giro de un motor con condensador de arranque es preciso desconectarlo previamente de la red y esperar a que se haya detenido por completo, y que el interruptor centrífugo no puede cerrar sus contactos hasta que la velocidad del motor es casi nula. Como el circuito de arranque 1 halla fuera de servicio mientras los contactos del interruptor centrífugo permanecen abiertos, la permutación de los terminales de dicho circuito durante la marcha del motor no ejerce efecto alguno sobre está última.

Algunos tipos de motores con condensador de arranque están provistos de un conmutador de inversión, conectado según muestra el esquema de la figura 27. Este conmutador no es más que un interruptor tripolar (de tres cuchillas) que puede adoptar dos posiciones, a cada una de las cuales corresponde un sentido de rotación del motor. El desplazamiento del conmutador de una posición de trabajo a la otra determina la permutación de los terminales del circuito de arranque.



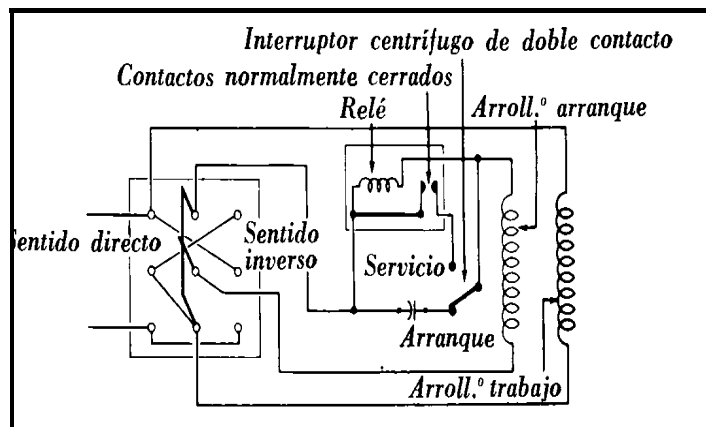


Figura 27. Una sola tensión de servicio, con inversión del sentido de giro mediante conmutador, con relé o sin él.

Para efectuar la inversión es preciso esperar que el motor haya aminorado su velocidad lo suficiente para permitir el cierre de los contactos del interruptor centrífugo y la consiguiente conexión del circuito de arranque. La operación se ejecuta normalmente con auxilio de pulsadores que accionan arrancadores electromagnéticos de conmutación o de tambor.

- Inversión instantánea. En ciertos trabajos, el tiempo que se perdería esperando que el motor hubiese aminorado suficientemente la marcha para poder proceder a la inversión del sentido de giro sería excesivo. Con objeto de conseguir una inversión instantánea mientras el motor todavía funciona a plena velocidad, se inserta en el circuito un relé que ejecuta las funciones de cortocircuitar el interruptor centrífugo y conectar el arrollamiento de arranque con polaridad opuesta.

Un motor con condensador de arranque provisto de relé y conmutador tripolar para la inversión instantánea del sentido de giro. Con el motor en reposo, el interruptor centrífugo de doble contacto se halla en posición de arranque, es decir, mantiene conectados en serie el arrollamiento y el condensador de arranque; al propio tiempo la bobina del relé (cuyos contactos están normalmente cerrados) queda conectada en paralelo con el condensador. Al poner el conmutador manual en la posición sentido directo, queda

aplicada la tensión de la red al arrollamiento de trabajo y también a la derivación formada por el arrollamiento de arranque y el condensador.

Por otra parte, la tensión que aparece en bornes del condensador está también aplicada a la bobina del relé, cuyos contactos, normalmente cerrados, se abren. Puesto ya el motor en marcha, cuando su velocidad alcanza el valor prefijado el interruptor centrífugo se dispara y pasa a la posición de servicio, con lo cual desconecta el condensador del circuito y deja en tensión únicamente la derivación formada por el arrollamiento de arranque y la bobina del relé, unidos en serie. Debido a la elevada resistencia de esta bobina, por el arrollamiento de arranque circula tan sólo la corriente necesaria para mantener abiertos los contactos del relé.

Durante la fracción de segundo que invierte el paso del conmutador tripolar de la posición sentido directo a la posición sentido inverso no circula corriente alguna por la bobina del relé, y por consiguiente los contactos de éste se cierran. Así que el conmutador se halla en la posición sentido inverso vuelve a circular corriente por el arrollamiento de arranque (a través de los contactos cerrados del relé), pero ahora de polaridad contraria a la de antes. Ello da lugar a un par de sentido opuesto al que determinaba el giro del motor, y en consecuencia este último se para inmediatamente. Puesto que al bajar la velocidad del motor el interruptor centrífugo vuelve a su posición de arranque, el condensador queda nuevamente conectado en serie con el arrollamiento de arranque, y por tanto el motor inicia el giro en sentido inverso.

Tanto los arrollamientos como el rotor de esta clase de motores están diseñados para resistir las sollicitaciones mecánicas y eléctricas provocadas por la inversión instantánea de marcha.

k) Dos velocidades de régimen, con un solo arrollamiento y condensador de arranque.

Una manera de variar la velocidad de un motor con condensador de arranque consiste en modificar el número de polos del arrollamiento de trabajo. A tal efecto se alojan en las ranuras estáticas dos arrollamientos de trabajo independientes, que por regla general suelen ser de seis y de ocho polos, respectivamente. Por el contrario, no existe más que un solo arrollamiento de arranque, previsto para funcionar siempre con el arrollamiento de trabajo correspondiente a la velocidad mayor. El interruptor centrífugo es en este caso de doble acción (dos contactos en el lado correspondiente a la posición de arranque, y uno sólo en el lado correspondiente a la de servicio). El cambio de velocidad se efectúa con auxilio de un conmutador exterior. La figura 28 muestra el esquema de conexiones simplificado de un motor de este tipo.

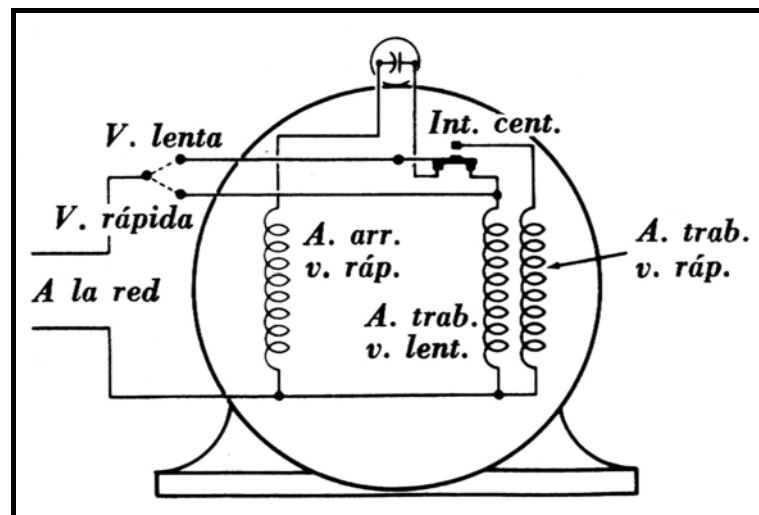


Figura 28. El interruptor centrífugo es en este caso de doble acción.

Este motor arranca siempre con el arrollamiento de trabajo de menor número de polos (velocidad mayor), cualquiera que sea la posición del conmutador de cambio. Si dicho conmutador se halla en la posición correspondiente a la velocidad menor, tan pronto como el motor alcanza cierta velocidad el interruptor centrífugo desconecta el arrollamiento de arranque y el de trabajo para la velocidad mayor, y conecta en seguida el arrollamiento de trabajo para la velocidad menor.

Los tres arrollamientos de este motor están dispuestos en las ranuras de modo que las posiciones de sus respectivas bobinas

guarden una determinada relación entre sí. La figura 29 reproduce un típico diagrama de pasos perteneciente a un motor de 36 ranuras.

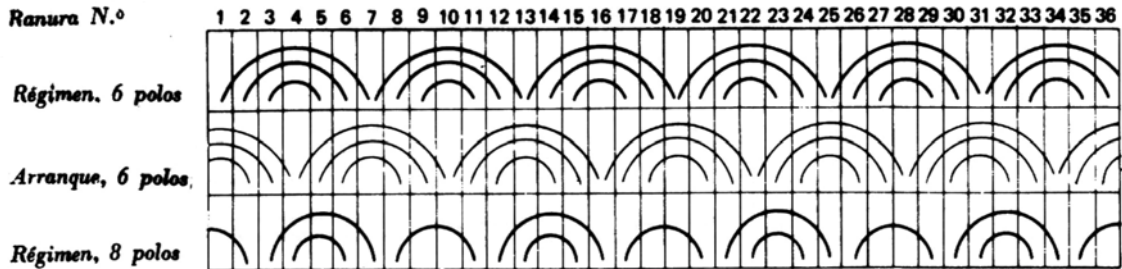


Figura 29. Ejemplo de la reproducción de un típico diagrama de pasos perteneciente a un motor de 36 ranuras.

l) Dos velocidades de régimen, con doble arrollamiento y condensador de arranque.

Este tipo de motor lleva dos arrollamientos de trabajo, dos arrollamientos de arranque y dos condensadores, uno para el arranque con la velocidad mayor y el otro para el arranque con la velocidad menor. Un interruptor centrífugo doble se encarga de desconectar del circuito los arrollamientos de arranque, una vez el motor puesto en marcha. La figura 30 muestra el esquema de conexiones simplificado de este tipo de motor.

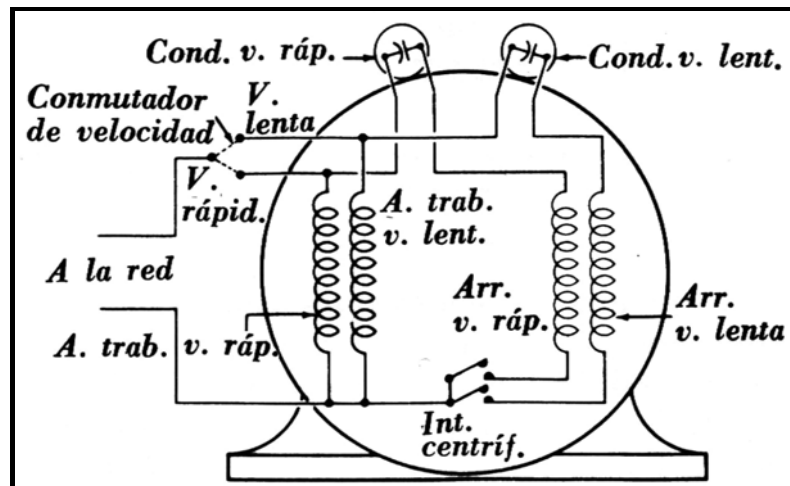


Figura 30. La imagen muestra dos velocidades de régimen con doble arrollamiento y condensador de arranque.

- Esquemas de conexiones de motores con condensador de arranque. Los esquemas de conexiones han sido extraídos de la NEMA Standard Publication MG1 de abril de 1968 y reproducidos por cortesía de dicha entidad. En estos esquemas están especificadas las designaciones de los terminales de los arrollamientos en motores con condensador de arranque, de una y de dos tensiones de servicio, con sentido de giro reversible, provistos o no de protección térmica.

### 3.1.2 MOTORES CON CONDENSADOR PERMANENTE

En estos motores el condensador está conectado en el circuito tanto durante el período de arranque como durante el de servicio. Son similares a los motores con condensador de arranque.

1. El condensador y el arrollamiento de arranque se hallan conectados permanentemente en el circuito.
2. El condensador es generalmente del tipo con impregnación de aceite.
3. No hace falta ningún interruptor centrífugo u otro mecanismo de desconexión cualquiera.

Estos motores se caracterizan por su marcha suave y silenciosa, y suministran un par comparativamente bajo. Se fabrican de diversos tipos, entre los cuales cabe mencionar los que poseen las siguientes características:

- a) Una sola tensión de servicio, con dos terminales al exterior.

Este tipo es completamente similar al motor con condensador de arranque, excepto por el hecho de estar desprovisto de interruptor centrífugo. Lleva dos arrollamientos, uno de trabajo (principal) y otro de arranque (auxiliar), dispuestos a 90° eléctricos uno del otro. El condensador puede ir montado encima del propio motor o bien estar situado separadamente. Su capacidad es generalmente pequeña (del orden de 3 a 25  $\mu\text{F}$  el dieléctrico suele ser papel impregnado con aceite o con líquido sintético).

La pequeña capacidad del condensador es causa de que el par de arranque sea reducido, Por consiguiente, ese motor sólo puede emplearse en aplicaciones que satisfagan dicha condición (quemadores de fuel, reguladores de tensión, ventiladores).

La conexión de los arrollamientos es idéntica a la de los motores con condensador de arranque; la única diferencia estriba en la supresión del interruptor centrífugo. La figura 31 muestra el esquema de conexiones simplificado de un motor de este tipo.

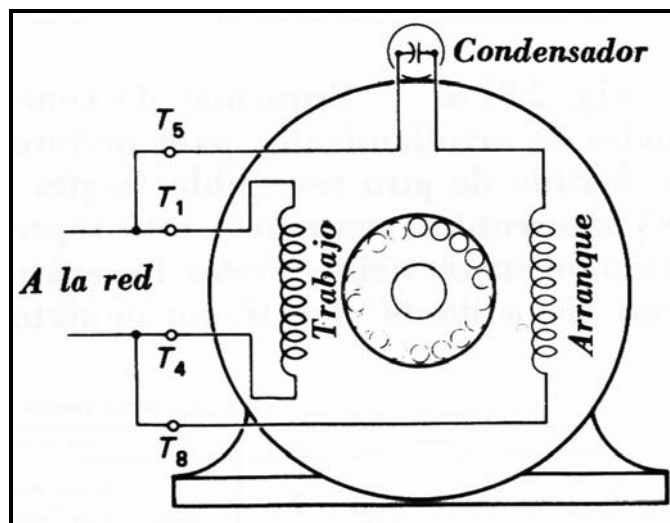


Figura 31. Esquema de conexiones simplificado de un motor con condensador.

Si se desea invertir el sentido de giro del motor descrito, es preciso desmontar el escudo correspondiente y permutar los terminales del arrollamiento de arranque con respecto a los del arrollamiento de trabajo. Para evitar esta operación cada vez que se quiera invertir la marcha, hay que sacar los cuatro terminales al exterior y conectarlos a la placa de bornes.

b) Dos tensiones de servicio.

Este tipo sólo difiere del motor con condensador de arranque y dos tensiones de servicio por el hecho de estar desprovisto de interruptor centrífugo. Lleva un arrollamiento de arranque normal y un arrollamiento de trabajo subdividido en dos secciones iguales, que se conectan entre sí en serie o en paralelo según que se desee la tensión de servicio mayor o la menor. En cualquiera de ambos casos el

arrollamiento de arranque queda siempre conectado en paralelo con una de las secciones del arrollamiento de trabajo. Igual que en los motores con condensador de arranque y dos tensiones de servicio, las dos secciones del arrollamiento de trabajo pueden bobinarse a mano, sea sucesivamente o bien simultáneamente (tomando dos conductores en vez de uno). También es posible utilizar la mitad de los polos del devanado para una sección, y la otra mitad para la segunda sección.

c) Una sola tensión de servicio, con tres terminales al exterior para la inversión del sentido de giro.

Este tipo de motor tiene un par de arranque reducido; se emplea preferentemente para el gobierno de válvulas y reóstatos. Lleva dos arrollamientos principales, dispuestos a  $90^\circ$  eléctricos uno del otro. Ambos arrollamientos son idénticos: uno de ellos actúa como arrollamiento de trabajo y el otro como arrollamiento de arranque para un determinado sentido de giro. Si el motor debe girar en sentido opuesto, las funciones de ambos arrollamientos también se invierten: el que antes actuaba como arrollamiento de arranque pasa a ser ahora arrollamiento de trabajo, y viceversa. Ambos arrollamientos pueden ejecutarse de forma análoga a los de un motor con condensador de arranque.

El sentido de giro del rotor de estos motores es siempre el que se obtiene al pasar de un polo del arrollamiento de arranque al polo más próximo de igual signo del arrollamiento de trabajo. Siguiendo el esquema de la figura 32 se ve que, cuando el conmutador se halla en la posición sentido directo quedan conectados a la tensión de la red el arrollamiento b, por un lado, y la serie formada por el condensador y el arrollamiento a, por el otro. Por consiguiente, el arrollamiento a funciona como arrollamiento de arranque y el b como arrollamiento de trabajo, lo cual hace girar el rotor en un determinado sentido. Si el conmutador está en la posición sentido inverso, el arrollamiento a es el de trabajo y el b el de arranque; el motor girará en sentido opuesto.

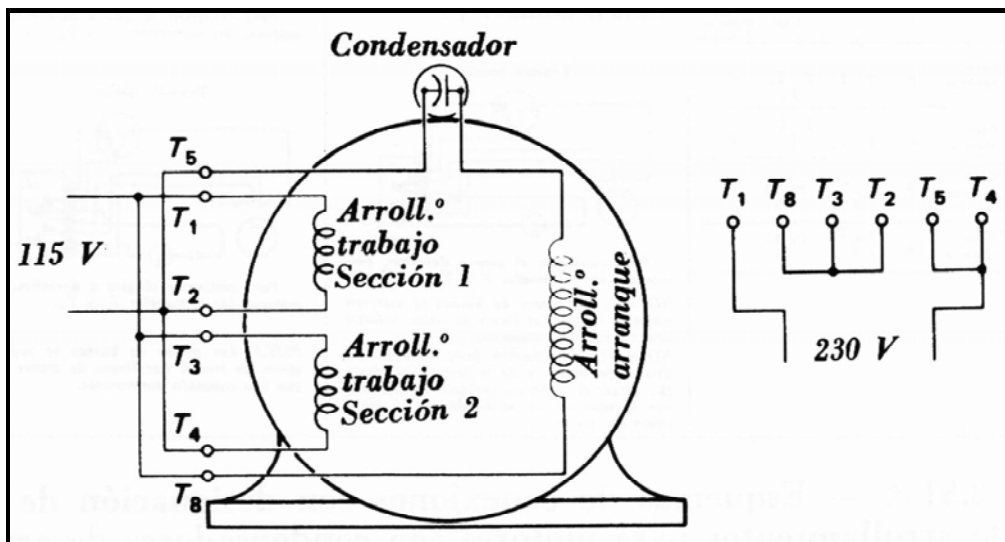


Figura 32. Muestra una sola tensión de servicio, con tres terminales al exterior para la inversión del sentido de giro.

d) Una sola tensión de servicio y dos velocidades de régimen.

A diferencia del motor con condensador de arranque y dos velocidades de régimen, en este tipo de motor no es preciso mentar el número de polos para conseguir una disminución de la velocidad. En vez de esto se aprovecha el principio de todo motor asíncrono, según el cual la velocidad del rotor es siempre algo inferior a la del campo magnético giratorio engendrado por los arrollamientos estáticos. La diferencia porcentual entre ambas velocidades de giro se llama deslizamiento. Ahora bien, la debilitación de la intensidad de dicho campo magnético incrementa el deslizamiento, y por tanto determina una disminución de velocidad en el rotor.

### 3.1.3 MOTORES CON DOBLE CONDENSADOR

Estos motores arrancan siempre con una elevada capacidad en serie con el arrollamiento de arranque, lo cual se traduce en un par inicial muy grande, indispensable en determinadas aplicaciones (compresores, cargadores para alimentación de hornos). Una vez alcanzada cierta velocidad, el interruptor centrífugo substituye esta elevada capacidad por otra capacidad menor. Tanto el arrollamiento de trabajo como el de arranque están conectados permanentemente.



Estos dos valores diferentes de capacidad se consiguen normalmente mediante dos condensadores distintos, de los cuales uno queda unido en paralelo con el otro durante la fase de arranque, pero es desconectado tan pronto como el motor alcanza una velocidad próxima a la de régimen.

### 3.1.4 CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES CON DOBLE CONDENSADOR

Ambas variantes (dos condensadores o bien condensador y auto transformador) incluyen los tipos siguientes:

1. La bobina del relé está conectada en paralelo exclusiva y directamente con el arrollamiento de arranque.
2. Se emplean así mismo dos condensadores, uno de papel impregnado y otro electrolítico.
3. El condensador de papel impregnado está conectado permanentemente en serie con el arrollamiento de arranque.
4. El condensador electrolítico sólo está conectado en paralelo con el condensador de papel impregnado mientras el relé de tensión tiene cerrados sus contactos.

1. Una sola tensión de servicio, con sentido de giro irreversible exteriormente.

Este motor sólo posee dos arrollamientos, uno de trabajo y otro de arranque, dispuestos a 90° eléctricos uno del otro. Ambos condensadores van montados sobre el motor; uno de ellos, de elevada capacidad, es del tipo electrolítico; el otro, de pequeñas capacidad, es del tipo de papel impregnado. Durante la fase de arranque ambos condensadores, unidos en paralelo entre sí, quedan conectados en serie con el arrollamiento de arranque. Cuando el motor alcanza aproximadamente el 75 por ciento de su velocidad de régimen, el interruptor centrífugo desconecta el condensador electrolítico, dejando únicamente en servicio el condensador de papel impregnado. El arrollamiento de trabajo está conectado directamente a la red.

- Variante con relé de tensión (en vez de interruptor centrífugo) y dispositivo de protección térmica. La figura 2.68 muestra el esquema de un motor como el anteriormente descrito, pero provisto de un relé de tensión, que hace las funciones del interruptor centrífugo, y de un dispositivo de protección térmica de dos bornes. Nótese los siguientes puntos:
- a) La bobina del relé está conectada en paralelo exclusiva y directamente con el arrollamiento de arranque.
  - b) Se emplean así mismo dos condensadores, uno de papel impregnado y otro electrolítico.
  - c) El condensador de papel impregnado está conectado permanentemente en serie con el arrollamiento de arranque.
  - d) El condensador electrolítico sólo está conectado en paralelo con el condensador de papel impregnado mientras el relé de tensión tiene cerrados sus contactos.
  - e) El dispositivo de protección está intercalado en la línea que alimenta el extremo común de ambos arrollamientos, es decir, el borne 1 está conectado a la línea L1 y el borne 3 al extremo común C. Cuando el motor alcanza una velocidad predeterminada, la excitación de la bobina del relé es suficiente para determinar la apertura de los contactos del mismo (normalmente cerrados); entonces queda desconectado el condensador electrolítico, y el motor sigue funcionando con el condensador de papel impregnado inserto en el arrollamiento de arranque.

El esquema de la figura 33 es idéntico al de la figura anterior, con la sola diferencia de que el dispositivo de protección empleado es ahora de 3 bornes. El borne 1 está conectado a la línea L, de la red. Entre el borne 2 y la línea 1, están conectados: por un lado, el

arrollamiento de trabajo; por el otro, el arrollamiento de arranque en serie con el condensador de papel impregnado. Entre el borne 3 y el extremo S del arrollamiento de arranque se halla conectado el condensador electrolítico, a través de los contactos del relé. Nótese que la bobina del relé está conectada en paralelo con el arrollamiento de arranque. Como en el caso anterior, cuando el motor adquiere suficiente velocidad los contactos del relé se abren, y la derivación que contiene el condensador electrolítico queda fuera de servicio.

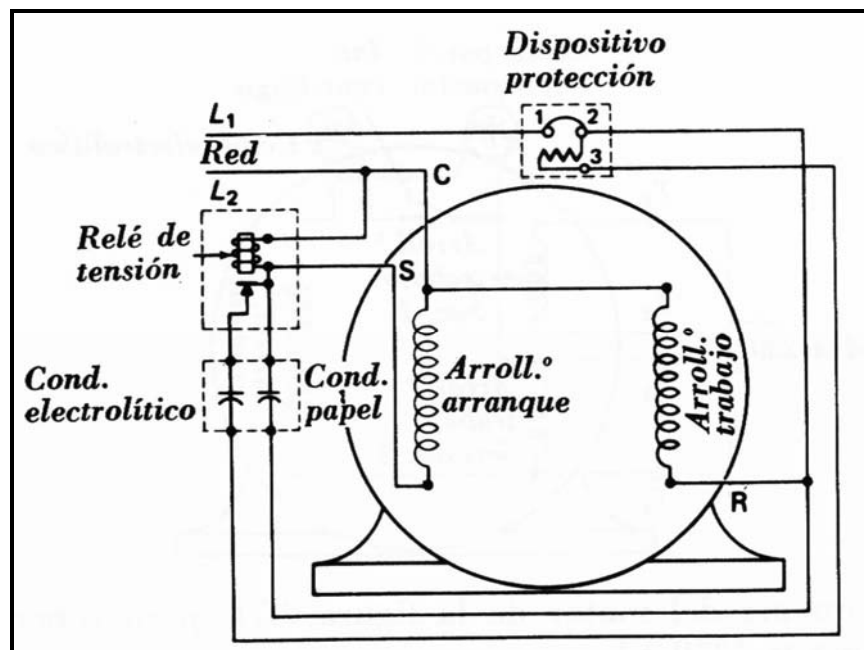


Figura 33. El borne 1 está conectado a la línea L<sub>1</sub> de la red.

Caso de emplear un dispositivo de protección de dos bornes, desconéctese el conductor del borne 2 y conéctese al borne 3. Los relés de tensión y los dispositivos de protección pueden conectarse al motor de diferentes maneras. Unos y otros deberían ser substituidos siempre por elementos de idéntico número de tipo.

2. Una sola tensión de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente.

Este tipo de motor posee los mismos arrollamientos que el de la figura 34, pero utiliza un solo condensador, alimentado a través de un auto transformador (figura 33). Con objeto de permitir la inversión del sentido de giro salen al exterior cuatro terminales, dos procedentes del

arrollamiento de trabajo y dos procedentes del circuito del arrollamiento de arranque. La inversión se efectúa permutando simplemente los terminales T, y TX.

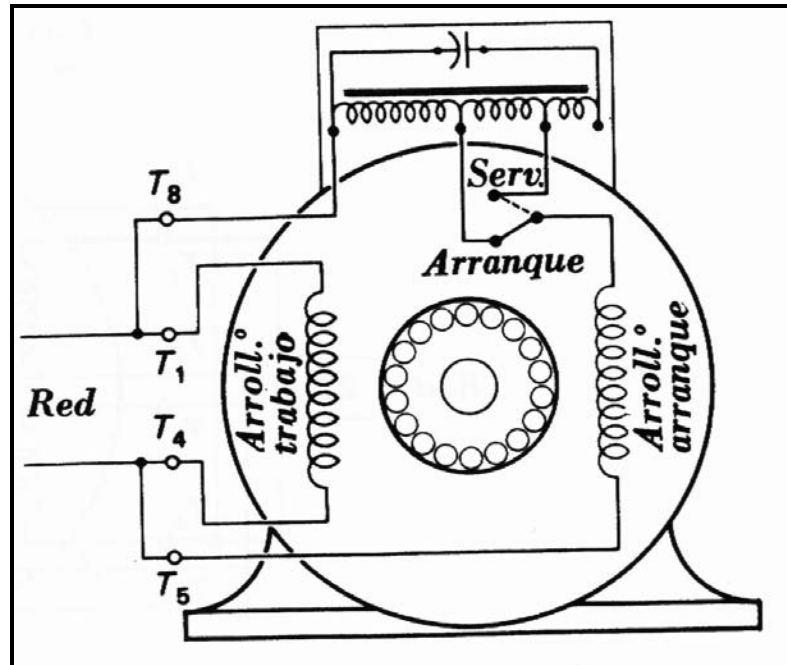


Figura 34. El esquema ilustra una sola tensión de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente.

3. Dos tensiones de servicio, con sentido de giro irreversible exteriormente.

Este motor es parecido al de condensador de arranque con dos tensiones de servicio, excepto por la particularidad de cambiar dos condensadores para el arranque en vez de uno solo. Está dotado de un arrollamiento de trabajo subdividido en dos secciones iguales, y de un arrollamiento de arranque. El circuito de este último está siempre conectado en paralelo con una de las secciones del arrollamiento de trabajo. La figura 34 muestra el esquema de conexiones simplificado de este motor para la tensión de servicio menor (por ejemplo, 127.5 V), y el mismo esquema para la tensión de servicio mayor.

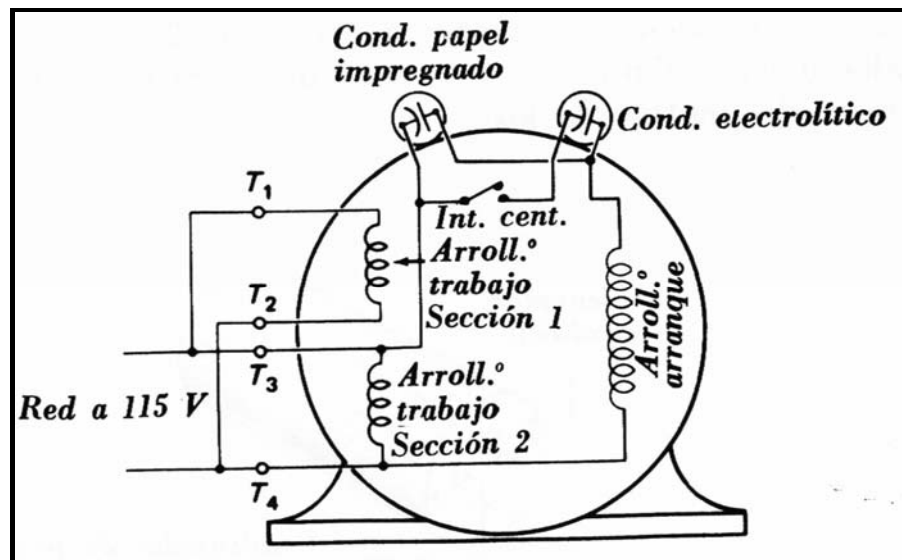


Figura 35. Muestra el esquema de conexiones simplificado de este motor para la tensión de servicio menor

Durante el arranque, ambos condensadores quedan conectados en paralelo entre sí y en serie con el arrollamiento de arranque. El condensador electrolítico está conectado en serie con el interruptor centrífugo. Cuando el motor alcanza aproximadamente el 75 % de su plena velocidad de régimen, el interruptor centrífugo se abre y desconecta con ello el condensador electrolítico. El otro condensador permanece, sin embargo, en servicio, junto con el arrollamiento de arranque.

En este tipo de motor el sentido de giro es irreversible exteriormente. Si quiere hacerse reversible es preciso sacar al exterior los dos terminales del circuito de arranque.

Algunos motores de esta clase se caracterizan por tener los dos condensadores agrupados en una sola unidad compacta, gracias a su especial configuración. El condensador electrolítico tiene, en efecto, la forma de un cilindro hueco, dentro del cual está encajado el condensador de papel impregnado. El conjunto está dispuesto en el interior de una caja con cierre hermético.

4. Dos tensiones de servicio, con sentido de giro reversible exteriormente.

Este tipo de motor se diferencia del anterior por emplear un solo condensador, en conjunción con un autotransformador, en vez de los dos condensadores habituales. Durante la fase de arranque el interruptor centrífugo, de doble contacto, eleva la tensión aplicada al condensador, con lo cual aumenta también la energía almacenada por el mismo; como sabemos, ello equivale a un aumento de su capacidad efectiva. Cuando el motor ha alcanzado cierta velocidad, dicho interruptor transfiere el contacto a la posición de servicio, y el condensador vuelve a recibir la tensión normal. El sentido de giro del mismo puede invertirse permutando exteriormente los terminales del circuito de arranque.

5. Dos tensiones de servicio, con protección térmica contra sobrecargas.

Este motor lleva un arrollamiento de trabajo subdividido en dos secciones, un arrollamiento de arranque, dos condensadores (uno de papel impregnado y otro electrolítico) y un dispositivo de protección térmica de tres bornes.

Como es normal en motores para dos tensiones, el circuito de arranque queda siempre conectado permanentemente en paralelo con una sola sección del arrollamiento de trabajo. Permutando exteriormente los terminales de dicho circuito se invierte el sentido de giro del motor. El interruptor centrífugo, de tipo normal, deja fuera de servicio el condensador electrolítico cuando el motor alcanza una velocidad determinada.

La corriente de la línea de alimentación P, entra por el borne 1 del dispositivo de protección y pasa al borne 2, a través del elemento bimetálico del mismo. Aquí se subdivide en dos: una que circula por la sección 1 del arrollamiento de trabajo, y otra que atraviesa la sección 2 de dicho arrollamiento tras pasar por el filamento de caldeo y el borne.

### 3.1.5 CAUSAS CORRIENTES DE ANOMALÍAS EN EL FUNCIONAMIENTO

a) Contactos del condensador de arranque y del interruptor o relé adherido o fundido. Consecuencia de ello es la

aplicación permanente de tensión al condensador de arranque.

- b) Cojinetes del motor desgastados o agarrotados.
- c) Motor excesivamente cargado.- Esto le impide arrancar o alcanzar su plena velocidad de régimen.
- d) Condensador de capacidad incorrecta.- La capacidad de un condensador de arranque está calculada de modo que la corriente absorbida por el arrollamiento donde se halla intercalado sea la necesaria para crear el par de arranque máximo.
- e) Condensador de tensión nominal incorrecta.- Los condensadores defectuosos deben reemplazarse siempre por otros nuevos que tengan la tensión nominal especificada por el fabricante del motor (pueden utilizarse condensadores de tensión nominal superior a la prescrita si el espacio lo permite).
- f) Tensión de alimentación baja.- Puede ser causa de que el motor siga girando con el arrollamiento de arranque conectado o de que el interruptor o el relé actúen a intermitencia.
- g) Envoltorio del condensador en contacto a masa.- Si el condensador va alojado en una envoltorio metálica, es preciso aislar ésta de masa.

### 3.1.6 DETECCIÓN, LOCALIZACIÓN Y REPARACIÓN DE AVERÍAS

- a) Pruebas: Con frecuencia los condensadores constituyen la principal fuente de averías en estos motores. Las anomalías consisten generalmente en cortocircuitos, interrupciones o defectos internos que determinan una variación de capacidad. Un cortocircuito en el condensador puede ser causa de la quema de los arrollamientos del motor. Una variación de capacidad o una interrupción pueden provocar

un par de arranque insuficiente o un funcionamiento incorrecto del motor.

Una vez separado el condensador de la red de alimentación, se unirán los bornes con auxilio de un destornillador provisto de mango de madera (figura 36). Cuidando de asirlo únicamente por el mango; ello debe originar una brusca y ostensible descarga (chispa) entre ambos. Si no se observa chispa alguna, lo más probable es que la capacidad del condensador haya disminuido considerablemente o que éste tenga una interrupción.

Sin embargo, la producción de una chispa no garantiza necesariamente el buen estado del condensador, pues aunque éste haya sufrido una mengua de capacidad es susceptible todavía de seguir generando una débil descarga visible. Figura 35.

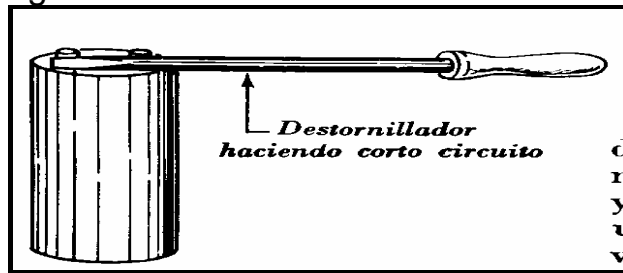


Figura 36. La imagen muestra un destornillado haciendo corto circuito.

- b) Medición de la capacidad: Para determinar la capacidad de un condensador puede emplearse un voltímetro y un amperímetro, ambos de corriente alterna. Si el condensador está montado encima del motor, se desconectarán ante todo de sus bornes las terminales de los arrollamientos. A continuación se une el condensador en serie con el amperímetro y con un fusible adecuado, y se alimenta el conjunto con una tensión alterna a 127.5 V, se conecta el voltímetro directamente a los bornes del condensador. Si éste es electrolítico se procurará mantenerlo bajo tensión durante el tiempo justo para leer las indicaciones de ambos instrumentos.



c) La capacidad buscada se obtendrá entonces aplicando la fórmula:

$$\text{Capacidad } (\mu\text{F}) = \frac{159300}{\text{Frecuencia (Hz)}} \times \frac{\text{corriente (amperios)}}{\text{tensión (voltios)}}$$

d) Cuando la frecuencia es de 50 Hz, como es normal en Europa, la fórmula anterior se convierte en la siguiente:

e) Si las lecturas efectuadas son, por ejemplo, 110 V y 2.6 Amperes, la capacidad será de 61  $\mu\text{F}$ .

f) El valor deducido de la fórmula debe de coincidir aproximadamente con la capacidad especificada en el condensador. Si resulta inferior a dicha capacidad especificada en más de un 20%, es preciso reemplazar el condensador.

$$\text{Capacidad } (\mu\text{F}) \rightarrow = \rightarrow 318 \rightarrow X \cdot \frac{\text{Amperios} \parallel}{\text{Voltios} \parallel}$$

### 3.1.6.1 REPARACIÓN DE AVERÍAS MOTORES CON CONDENSADOR DE ARRANQUE

Si el motor no arranca, la causa de la anomalía puede ser debida en principio a un defecto del condensador o a un fusible fundido, pero también cabe atribuirla a una interrupción en los arrollamientos o en el interruptor centrífugo, a un corto circuito en los primeros, al desgaste de los cojinetes o a una sobre carga.

### 3.1.6.2 REPARACIÓN DE AVERÍAS MOTORES CON CONDENSADOR PERMANENTE

Las pruebas que se mencionaron anteriormente, son aplicables a este tipo de motores, con la única salvedad de quedar descartada la posibilidad de averías en el interruptor centrífugo por no emplearse en los mismos dispositivos.

### 3.1.6.3 REPARACIÓN DE AVERÍAS MOTORES CON DOBLE CONDENSADOR

La causa más probable de anomalía en los mismos es un defecto en el condensador electrolítico, lo cual impide el arranque del motor. Si éste sigue girando por sí mismo tras haber sido puesto en marcha con auxilio de cualquier procedimiento mecánico, se reemplazará el condensador electrolítico por otro nuevo y se verificará si el par de arranque es el correcto. Si tras el impulso mecánico el motor no continúa funcionando con normalidad, será preciso reemplazar también el condensador de régimen permanente.

## **CAPÍTULO 4.**

# **LOS MODOS DE FALLA EN LOS MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

## 4.0 INTRODUCCIÓN A MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Previos a la reparación o al mantenimiento de los motores eléctricos de corriente alterna, ya sean monofásicos o trifásicos, se debe disponer de procedimientos que permitan diagnosticar o detectar posibles fallas en los motores mismos o en sus circuitos de control. Para la localización de las posibles fallas en forma rápida, se necesita cierto conocimiento e información sobre cómo proceder, pero también se requiere del uso de herramientas y equipo de prueba.<sup>14</sup>

La localización de los problemas no lleva mucho tiempo, si los electricistas siguen algunas reglas básicas. Estas técnicas permiten aproximarse al problema en una forma lógica y ayuda a ubicar rápidamente la parte con falla:

- a) El primer paso para la localización de fallas o problemas en cualquier circuito, es tener una clara comprensión del circuito o componente, así como su función antes de comenzar. Si no se comprende cómo funciona un circuito o alguna componente del mismo cuando hay un problema, es casi imposible detectarlo, porque no se sabe qué es lo que se busca. Esto no significa que se deba tener un conocimiento profundo del circuito o sus componentes, pero sí un conocimiento general.
- b) El siguiente paso en la detección de las fallas es eliminar lo obvio, no importa qué tan simple pueda parecer, éste incluye verificar primero: Fusibles, interruptores y restablecer botones. En ocasiones, una observación cuidadosa lleva a detectar condiciones de operación fuera de lo ordinario, éstas pueden ser: sobrecalentamiento, áreas calientes, signos de fugas y cambios recientes.
- c) El siguiente paso es aislar el problema en el circuito de control, el circuito de fuerza o la alimentación. En cada una de estas áreas, aún cuando están conectadas y relacionadas, se pueden detectar fallas.

---

<sup>14</sup> Harper Enríquez Gilberto. Manual de Electricidad Industria II, México, Noriega, 1996, pp. 18-21.

#### 4.1 DETECCIÓN DE FALLAS EN MOTORES ELÉCTRICOS

Para los fines de la detección de las fallas en los motores eléctricos, se acostumbra hacer una división en cuatro categorías principalmente:

a) Fallas eléctricas:

Sobrecargas persistentes	5%
Deterioro normal	28%
Total:	33%

b) Fallas mecánicas:

Revisión de baleros y eje principal	32%
-------------------------------------	-----

c) Fallas debidas a efectos ambientales y de mantenimiento:

Temperatura ambiente elevada	3.0%
Pobre ventilación o enfriamiento	8.5%
Presencia de agentes químicos abrasivos	8.0%
Presencia de otros elementos y mezclas anormales	8.5%
Voltajes anormales y frecuencia anormal	7.0%
Total	35 0%

Una distribución porcentual aproximada de estos tipos de fallas en los motores eléctricos es la siguiente:

➤ Fallas eléctricas	33%
➤ Fallas mecánicas	32%
➤ Fallas debidas a efectos ambientales	35%
Total:	100%

#### 4.2 TIPOS DE FALLA EN MOTORES ELÉCTRICOS

De acuerdo a lo descrito en los párrafos anteriores, los motores eléctricos pueden fallar por dos causas, que agrupan a distintos tipos de fallas y que son: fallas mecánicas y fallas eléctricas<sup>15</sup>.

a) Las fallas mecánicas representan un porcentaje importante del total de fallas en los motores eléctricos, pero son más fácilmente detectables, esta es la razón por la que se pone mayor atención a la detección y análisis de las fallas de tipo eléctrico.

El otro grupo importante de fallas lo constituyen los efectos ambientales, como son: la presencia de agua, polvo, grasas y aceite, que tienen que ver con aspectos de mantenimiento y selección de los motores eléctricos.

b) Fallas eléctricas, se trata en realidad de fallas en el aislamiento del sistema o del motor. Para comprender el mecanismo de falla en los aislamientos eléctricos de los motores, es conveniente iniciar con una descripción de las componentes del sistema:

- 1) El aislamiento primario, es el que se encuentra entre el cobre (los conductores) y el núcleo de hierro laminado (del estator por ejemplo). Se le denomina el aislamiento a tierra y, por lo general, se trata de un polímero, o bien una combinación polímero / mica para los motores que operan en alta tensión. En la actualidad, los materiales aislantes son extremadamente durables, esto es, que no se deterioran o queman, excepto a temperaturas muy elevadas; son resistentes al ataque de agentes químicos y mecánicamente muy durables.
- 2) El aislamiento de fase a fase, es similar a aquél que se tiene entre el devanado y tierra, es decir, se requiere un polímero de alta resistencia. Este aislamiento se coloca entre las espiras y al final. El aislamiento de las bobinas de un motor reúne esta forma de construcción.

---

<sup>15</sup> Harper Enríquez Gilberto. Manual de Electricidad Industria II, México, Noriega, 1996, pp. 25-36.

- 3) El aislamiento de espira a espira, es una película delgada de poliéster aplicada a la superficie del conductor (cobre) usado en el devanado del motor.

Bajo condiciones de operación normales, el voltaje entre espiras nunca es muy alto, de manera que no se pone demasiada atención a esta componente secundaria del aislamiento del devanado; sin embargo, el deterioro de este aislamiento es una de las causas de fallas en los motores eléctricos.

Si se toman las medidas preventivas apropiadas, un buen número de las fallas de los motores eléctricos se pueden evitar o prevenir, y con ello aumentar la vida útil de los mismos. Una parte importante de este proceso es el conocimiento del por qué fallan los motores.

En la parte introductoria se han mencionado las causas principales de falla, pero éstas se pueden resumir en las siguientes:

1. Impacto del ambiente agresivo.
2. Selección y/o aplicación inapropiada.
3. Instalación inadecuada.
4. Fallas mecánicas.
5. Fallas eléctricas.
6. Desbalance de voltaje.
7. Mantenimiento inadecuado.
8. Alguna combinación de los factores.

1. Impacto del ambiente agresivo: Frecuentemente, la temperatura excesiva causada por el ambiente o por un problema con el motor mismo, es una de las fallas en el motor. Los motores deben operar dentro de sus valores nominales de temperatura (dato de placa), para asegurar una larga vida.

Por cada 10°C que un motor opera sobre su valor nominal de temperatura, la vida del aislamiento se reduce a la mitad.

Otros elementos de ambiente agresivo que deben ser evitados, son los siguientes:

- Humos o vapores corrosivos.
- Aire salino.
- Suciedad excesiva.
- Polvo.
- Agentes contaminantes.

La humedad es también otra fuente común de fallas en los motores, ésta se forma en la superficie de los aislamientos debido al ambiente, cambios de temperatura o a la exposición directa al agua. Por lo anterior, la superficie del aislamiento se puede hacer altamente conductiva, lo que se traduce en una falla del aislamiento, y en consecuencia del motor.

2. Selección y/o aplicación inapropiada: El grado de selección y aplicación incorrecta de un motor puede variar ampliamente, por lo que es necesario, en primera instancia, que se seleccione correctamente el tamaño apropiado del motor de acuerdo a la carga.

Los ciclos de trabajo son los que más dañan a los motores. Cuando no son seleccionados en forma apropiada, los arranques, los paros y frenados bruscos, así como los períodos de aceleración largos, conducen a fallas en el motor.

La consideración de la altitud sobre el nivel del mar, del sitio de la instalación del motor, es un factor que con frecuencia no es considerado. Como se sabe, a grandes alturas la densidad del aire es más baja y se reduce la efectividad de enfriamiento. Esta reducción significa en forma aproximada que la temperatura de operación se incrementa un 5% por cada 300 m. de elevación sobre el nivel del mar.

3. Instalación inadecuada: Los errores en el montaje de los motores pueden ser una de las causas de falla. Algunas ocasiones, el tamaño de los tornillos o anclas de montaje y sujeción no es el apropiado, o bien se tienen problemas de alineación; lo que conduce a problemas de vibraciones con posibles fallas en las chumaceras o hasta en el eje del rotor. El



montaje y la cimentación resultan de fundamental importancia para evitar problemas mecánicos y eventualmente eléctricos.

4. Fallas mecánicas: Una carga excesiva puede llevar rápidamente a una falla en el motor. Es posible que se seleccione correctamente al motor para su carga inicial; sin embargo, un cambio en su carga o en el acoplamiento de accionamiento, se manifestará como una sobrecarga en el motor. Las chumaceras o baleros comenzarán a fallar, los engranes están expuestos a presentar fallas en los dientes, o bien se presentará, un otro tipo de fricción que se manifieste como sobrecarga. Cuando se presenta una sobrecarga, el motor demanda más corriente, lo cual incrementa la temperatura del mismo, reduciendo la vida del aislamiento.

Los problemas en baleros y chumaceras son una de las causas más comunes de fallas en los motores, también la alineación errónea de éstos y la carga, malos acoplamientos por poleas y bandas, o bien errores en la aplicación de engranes o piñones, son causas de fallas mecánicas. Por otro lado, se debe hacer un correcto balanceo dinámico para evitar problemas de vibración.

5. Fallas eléctricas: Una incorrecta alimentación de voltaje al motor puede reducir la vida o causar una falla rápida, si la desviación del voltaje es excesiva. Un voltaje bajo soporta, una corriente mayor que la normal.

Si el voltaje decrece en una forma brusca, se presenta una corriente excesiva que sobrecalienta al motor.

Un voltaje alto en la línea de alimentación a un motor reduce las pérdidas, pero produce un incremento en el flujo magnético, con un consecuente incremento de las pérdidas en el hierro.

Los motores de inducción se pueden operar en forma satisfactoria bajo condiciones de operación con carga nominal y con una variación del voltaje de  $\pm 10\%$  en sus terminales. Por otro lado, una variación en la frecuencia de  $\pm 5\%$  se considera permisible.

Una variación combinada de voltaje y frecuencia de +/- 10% se considera aceptable, con tal de que la frecuencia no exceda al 5% de su valor nominal. Por ejemplo, el voltaje podría variar un máximo de 7% y la frecuencia tener una máxima variación de +/- 3%. La variación combinada no excede +/- 10%. Un 5% de incremento en la frecuencia incrementará la velocidad del motor alrededor del 5% e incrementará también, en forma ligera, la eficiencia, factor de potencia y corriente de plena carga. El par decaerá en el orden del 10%. Un decremento del 5 % en la frecuencia incrementará el par en alrededor del 11 %, la velocidad se reduce el 5% y hay una ligera reducción en la eficiencia, factor de potencia y corriente.

En la tabla siguiente se muestra cómo se afectan, en lo general, las características de los motores eléctricos, por desviaciones en los valores del voltaje de alimentación.

#### 4.3 MODIFICACIONES EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES POR VARIACIONES EN EL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>BAJO VOLTAJE</b>	<b>ALTO VOLTAJE</b>
<b>Corriente de arranque</b>	<b>Se incrementa</b>	<b>Se reduce</b>
<b>Corriente a plena carga</b>	<b>Aumenta</b>	<b>Aumenta</b>
<b>Eficiencia</b>	<b>Se reduce</b>	<b>Se reduce</b>
<b>Factor de potencia</b>	<b>Aumenta</b>	<b>Se reduce</b>
<b>Par</b>	<b>Aumenta</b>	<b>Se reduce</b>

6. Desbalance de voltaje: Una alimentación con voltajes trifásicos desbalanceados a un motor, puede dar como resultado un alto desbalance en el valor de las corrientes. La resultante de que puedan aparecer altos valores de corriente, puede ser un rápido sobrecalentamiento. Para evitar este tipo de problemas, se debe proteger al motor con relevadores de sobrecarga.

Recientemente, nuevos tipos de relevadores de sobrecarga se han aplicado en forma exitosa para proteger al motor, no sólo contra voltajes desbalanceados, sino también contra pérdida de

una fase (para los motores trifásicos), que es finalmente un caso extremo de desbalance de voltaje.

7. Mantenimiento inadecuado: Mantenimiento preventivo básico, puede prevenir o retrasar la falla en un motor eléctrico. Existen algunos elementos indicativos, a primera vista, de falta mantenimiento, que pueden conducir a problemas más severos, entre otros intentos se mencionan los siguientes: presencia de polvo, humedad de impurezas.

**CAPÍTULO 5.**  
**EI MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA EMPRESA**  
**PAPEL TITÀN**

## 5.0 COSTOS MAYORES

Son el resultado de una mano de obra cada vez más cara y del constante aumento en los precios de accesorios y materias primas.

En virtud de los numerosos elementos que tienen su parte en un costo de conservación mayor, la dirección empresarial ha tenido que prestar más cuidado al renglón de mantenimiento.<sup>16</sup>

### 5.1 ÁREAS POTENCIALES DE MEJORAMIENTO

Esa atención por parte de la dirección general ha puesto de manifiesto varios aspectos tocantes a las áreas susceptibles de mejoría. A menudo se ha descuidado la función de mantenimiento. Para muchas empresas el mantenimiento ha sido, y sigue siendo, un mal necesario, como los impuestos y beneficios marginales. Por desgracia, este punto de vista hace que se menosprecie la función. Síntomas de indiferencia hacia ésta por parte de la dirección general son, entre otros, los siguientes:<sup>17</sup>

- a) Numerosos paros de las máquinas.
- b) Frecuentes horas extraordinarias de trabajo.
- c) Preferencia hacia la producción sobre el buen estado de operación.
- d) Falta de un programa de reposición de equipo.
- e) Mantenimiento preventivo insuficiente.
- f) Falta de una selección planeada de directores y supervisores de conservación de los equipos de trabajo.
- g) Conservación de los equipos de trabajo.
- h) Preparación inadecuada del personal de mantenimiento.
- i) Deficientes instalaciones de taller.

Sin embargo, la indiferencia hacia el mantenimiento se esta viendo superada.

---

<sup>16</sup> Fink, Beaty y Carroil. Manual Práctico de Electricidad para Ingenieros. Estados Unidos, Reverté, 1998, páginas 40-48.

<sup>17</sup> Fink, Beaty y Carroil. Manual Práctico de Electricidad para Ingenieros. Estados Unidos, Reverté, 1998, páginas 50,51 y 52.

La alta dirección, consciente de su papel, ha demostrado que la función de cuidado del equipo es parte constitutiva de la operación total de una instalación.

Los principios y prácticas utilizadas y probadas en la producción a menudo no han sido extendidos al mantenimiento. A esta función se le ha visto con tal desdén que no se han aplicado a ella las modernas técnicas de administración. Esto ha retardado el desarrollo de dicha cuando sólo se siguen algunos, o ninguno, de los siguientes procedimientos, quiere decir que falta una aplicación de las técnicas administrativas en el mantenimiento:

- a) Planificación orgánica.
- b) Procedimientos escritos.
- c) Medición del desempeño.
- d) Planeación y programación.
- e) Programas de adiestramiento.
- f) Técnicas de motivación.
- g) Control de costos.

Queremos afirmar, antes de pasar adelante, que nuestros muchos años de experiencia nos han dado la convicción de administración son perfectamente aplicables a la función de mantenimiento.

La alta dirección ha demostrado que los principios y prácticas administrativos sirven tanto para el mantenimiento como para la producción.

Se ha carecido de un adiestramiento apropiado de directores y supervisores de mantenimiento. En el pasado, los capataces de mantenimiento solían ser elegidos tomando en cuenta sus conocimientos de mecánica o su antigüedad. Más tarde, otros niveles de la supervisión de mantenimiento superintendentes y directores solían provenir del grupo de capataces y rara vez se llevaban a cabo programas planeados de adiestramiento con motivo de esos ascensos. Esto daba por resultado que los directores de mantenimiento tuvieran mucha capacidad técnica, pero pocos conocimientos en administración.

A últimas fechas ha tenido lugar un claro cambio. Los supervisores ahora suelen ser ingenieros graduados que no provienen de los rangos menores y a los cuales se les proporciona adiestramiento en administración y se les proyecta a niveles superiores en virtud de sus conocimientos y capacidad administrativa.

Estamos seguros de que la nueva generación de directores de mantenimiento se encuentra mejor calificada para convertirse en profesional.

Existen importantes posibilidades de reducción de costos que han sido pasadas por alto. El reconocimiento de la existencia de un potencial de disminución en los costos se ha visto limitado en virtud del menosprecio con que se ha visto la función de mantenimiento, la falta de controles de costos y la reducida experiencia de la dirección de mantenimiento. La verdad es que existen posibilidades de bajar costos en muchas áreas; entre otras, las siguientes:

- a) Reducción de labores innecesarias por medio de una acción preventiva, métodos mejores y herramientas perfeccionadas.
- b) Mayor productividad de la mano de obra mediante una planeación y programación más eficaces, y de una evaluación del desempeño.
- c) Mejor control de costos extraordinarios, como tiempo adicional, máquinas.

Tenemos la convicción de que las reducciones en los costos se acumulan en proporción al esfuerzo realizado por la dirección general para mejorar los procedimientos de mantenimiento. Controles de costo y la capacidad general de la administración de mantenimiento.

## 5.2 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA PAPEL TITÀN.

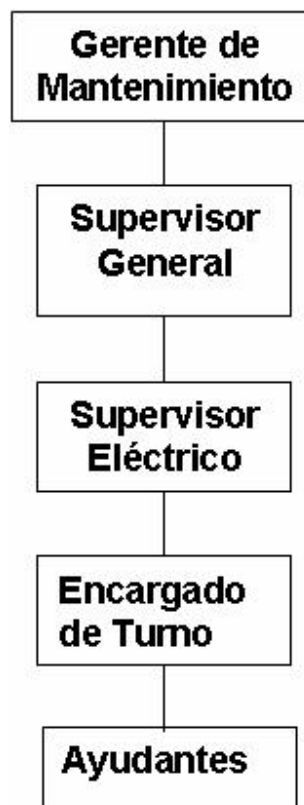
La organización del mantenimiento de una fábrica se desenvuelve en forma gradual y a lo largo de cierto periodo. Esta organización se establece como resultado de dicho desenvolvimiento, sea siguiendo un plan o por él azar mismo. Se trata de una estructura de relaciones prácticas para ayudar a la consecución de los objetivos de la empresa.

Y esto es irremediable, porque el mantenimiento es parte de una entidad compleja, en movimiento, con la cual debe coordinarse.<sup>18</sup>

### 5.2.1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo tratamos el mantenimiento como una operación que tiene por finalidad orientar los esfuerzos a evitar fallas en los quipos de producción de la Empresa Papel Titán, sin embargo no vemos que esta actividad es realmente estratégica, sobre todo en la industria manufacturera en donde los procesos han ido migrando de lo manual a lo automatizado buscando la optimización y la eficiencia, en donde la capacidad productiva debe maximizarse; el mantenimiento debe ser función directa de la confiabilidad de operación de las líneas de producción, debe buscar que éstas operen no sólo con una elevada confiabilidad sino también dentro de sus parámetros de diseño con el fin de disponer de procesos productivos óptimos.

### 5.2.2. ORGANIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO



<sup>18</sup> Croft, Carr y Watt. Manual del Montador Electricista, España, Reverté, 1998, páginas 35,36 y 38.



- g) **Gerente de Planta:** La función del gerente de planta consiste en la planeación de actividades y la toma de decisiones para el buen funcionamiento, así como estar al pendiente de los reportes que emite el departamento de mantenimiento para que las máquinas operen a su máxima eficiencia.
- h) **Supervisor:** La función del supervisor de planta de fuerza en la organización y coordinación de las labores planeadas, de tal forma que se consiga el máximo empleo de los medios tecnológicos y humanos. Además de la toma de decisión, una vez que el gerente se encuentre ausente, con respecto al mantenimiento debe de estar al pendiente del cumplimiento de los programas de mantenimiento predictivo y preventivo.
- i) **Jefes de Turno:** La función de los jefes de turno consiste en la organización y coordinación de las labores planeadas dentro de su turno y darle continuidad a la planeación para llegar a cumplir el objetivo de la planeación. Además de la toma de decisión cuando el gerente y supervisor se encuentren ausentes, así como también verificar que las ordenes de trabajo emitidas al por el departamento de mantenimiento se cumplan en un gran porcentaje de efectividad.
- j) **Ayudantes:** La función de los ayudantes es apoyar a los operadores, analistas y jefes de turno para el funcionamiento del equipo, además de avisar los desperfectos que llegue a observar en el exterior del equipo a través de las inspecciones periódicas.

### 5.2.3. OBJETIVO.

Dar seguimiento al programa de trabajo de Mantenimiento Preventivo para evitar fallas y desperfectos que pudieran afectar el desarrollo de las actividades que conforman el funcionamiento del departamento de mantenimiento de la Empresa Papel Titán.

### 5.2.4. POLÍTICAS.

1. El Departamento de Mantenimiento deberá revisar el Programa de Mantenimiento Preventivo semanalmente y el estado físico de

las instalaciones de la empresa, con el propósito de prevenir accidentes de trabajo y daños al equipo.

2. Se realizará un programa de trabajo de mantenimiento preventivo a los motores instalados en la empresa y se cotejará con las revisiones semanales para programar las actividades.
3. Cuando el costo de mantenimiento exceda de \$1,500.00 pesos el departamento de finanzas deberá pedir autorización al gerente Administrativo.
4. La atención de solicitudes de mantenimiento preventivo no deberán rebasar el 70% de las solicitudes atendidas entre las solicitudes recibidas por cien diariamente.
5. Todo el personal involucrado en el mantenimiento deberá entender todo el manual antes de proceder a la realización de cualquier trabajo de mantenimiento, el no seguir esta precaución puede resultar en lesiones corporales graves o la muerte.
6. Colocar protecciones permanentes contra contactos accidentales con el personal y su ropa en las partes giratorias tales como acoplamientos, poleas, ventiladores externos y extensiones de ejes usadas. Esto es particularmente importante en los puntos donde las partes tienen irregularidades superficiales, el no seguir esta precaución puede resultar en lesiones corporales.
7. Cubrir la máquina y las partes giratorias asociadas con partes estructurales o decorativas del equipo impulsado.
8. Instalar cubiertas para las partes giratorias. Las cubiertas deben ser suficientemente rígidas para ofrecer una protección adecuada durante el servicio normal.
9. Antes de arrancar el motor, retire todas las chavetas del eje no usadas y las partes giratorias sueltas para evitar que salgan impulsadas por el movimiento. El no seguir esta precaución puede resultar en lesiones corporales.
10. Antes de oponer en marcha el motor, verifique los siguientes componentes: El rotor debe poder girar libremente al desconectarse de la carga y eliminar la carga de la máquina impulsada antes.
11. Después de desembalar el motor, examine los datos en la placa del motor para verificar que sí coincide con el circuito de alimentación eléctrica al cual se conectará. El motor funcionará a una frecuencia no mayor del 5%, y a una tensión no mayor del 10%, por encima o por debajo de las capacidades nominales

indicadas en la placa de datos, o una variación combinada de tensión y frecuencia máxima del 10% por encima o por debajo de las capacidades nominales indicadas en la placa de datos. La eficiencia, el factor de potencia y la corriente pueden variar respecto a la información indicada en la placa de datos. El desempeño dentro de estas variaciones de tensión y frecuencia no necesariamente corresponderá con los estándares establecidos para el funcionamiento a la tensión y frecuencia nominales.

#### 5.2.5. METAS

- El definir cual será el alcance del programa de mantenimiento puede ser priorizando equipos críticos, o iniciando por una línea o departamento. En el mejor de los casos será tomar en cuenta todos los motores de la empresa.
- También se debe considerar el alcance del proyecto y definir el presupuesto, ser cuidadoso y tomar en cuenta que posiblemente se requiera autorización de la gerencia de mantenimiento.
- Durante la preparación e implementación del programa de MP no se presentan resultados óptimos de mejoramiento en la maquinaria y equipo. Por lo que es necesario hacer algunos ajustes. Si se cuenta con algún tipo de mantenimiento planeado se debe continuar con este hasta terminar el programa preventivo.
- El mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación o inspección hasta el más complejo sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación de los motores.
- Los sistemas complejos de monitoreo proporcionan bastante información útil que debe ser considerada en su MP.
- Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otros sistemas de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo.

- Dependiendo del tipo de programa que se utilice, se necesita obtener información real del estado de las máquinas, equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarles a condiciones básicas de funcionamiento.
- La manera de lograr las autorizaciones de inversión, es indicando las ventajas o beneficios del programa de mantenimiento preventivo.

#### 5.2.6. RESPONSABILIDADES Y PERFILES DE LA CAPACITACIÓN

La Empresa Papel Titán ha implementado un programa de capacitación, donde el empleado dos veces por año recibe cursos con el objeto de actualizarse, y así desarrollar su trabajo de una manera más eficaz ya que de esto depende su mejora en el desempeño de sus tareas, en sus familias y en la sociedad.

- ❖ Calidad de los programas de capacitación, educación y mejoramiento, en el área de mantenimiento eléctrico y mecánico se desarrolla el curso denominado *la eficacia del mantenimiento preventivo en la empresa y el desarrollo y reparaciones mayores en los motores de corriente alterna*, estos cursos son impartidos por consultorías externas como es Instituto de Capacitación para el Trabajo en el Estado de Hidalgo.
- ❖ Son adecuados y oportunos a las necesidades de mantenimiento y de su personal; se miden por los logros alcanzados.

#### 5.2.7. PERFIL DE LA EMPRESA QUE IMPARTE LA CAPACITACIÓN

- Es una empresa especializada en la Profesionalización del Servicio a Clientes. Desarrollando el nivel competitivo de quienes laboran en Centros de atención telefónica, electrónica y personalizada.
- **Intervenciones profesionales:** orientadas a resultados de capacitación
- **Capacitación:** la experiencia al servicio del cliente
- **Escuela:** formamos Ejecutivos de Atención a Clientes

- MISIÓN DE LA EMPRESA QUE IMPARTE LA CAPACITACIÓN

Profesionalizar el Servicio a Clientes.

- VISIÓN DE LA EMPRESA QUE IMPARTE LA CAPACITACIÓN

Ser una escuela líder en América Latina para la formación de profesionales en el Servicio a Clientes, con excelencia académica y alto valor humano.

- VALORES DE LA EMPRESA QUE IMPARTE LA CAPACITACIÓN

Profesionalismo	Expertos en lo que ofrecemos
Eficiencia	Cumplimiento en las promesas
Servicio	Entrega total en intervenciones
Compromiso	Como socios de negocios de los clientes
Resultados	Inmediatos y permanentes en el largo plazo

#### 5.2.8. ADMINISTRACIÓN Y CONTROL

A efectos de organizar el mantenimiento, lo primero que debemos considerar es la creación de un enunciado que englobe un propósito, una misión, una razón de ser, éste debe convertirse en una filosofía de gestión y debe ser la base para construir el modelo, sin un enunciado de este tipo, es posible que nos convirtamos en un área de servicios orientados a cubrir únicamente las expectativas de nuestros clientes internos sin una organización claramente definida y menos aún eficiente; es así que debemos darle forma y foco a la gestión, dicho de otro modo, orientar el trabajo de mantenimiento.

La razón de ser del mantenimiento en la Empresa Papel Titán, no es otra cosa que la confiabilidad de operación de los equipos de producción con una alta mantenibilidad, es decir debemos evitar fallas imprevistas en los equipos y a la vez debemos hacer que nuestras operaciones de mantenimiento se efectúen en tiempos óptimos y a costos razonables.

Definida nuestra misión, sabemos que nuestro objetivo es la confiabilidad de las personas que interviene en la inspección del equipo instalado.

#### 5.2.9. FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA PAPEL TITAN.

##### **a. Gerente de Mantenimiento**

- Apoyo público al plan de mantenimiento implantado o al implantar en la empresa.
- Toma de medidas que motiven al personal a realizar adecuadamente las tareas de mantenimiento que se les asigne.
- Aprobación de las medidas y mejoras propuestas.

##### **b. Supervisor General**

- Estudio de la situación de la empresa, y de la carga de mantenimiento de la misma. Es decir detección de las necesidades referidas al mantenimiento.
- En base a las necesidades detectadas, determinación del sistema de gestión del mantenimiento que mejor se adapte a la empresa (incluido el sistema de información).
- Asignación de las diferentes tareas de mantenimiento a realizar por el persona
- Valoración de las necesidades de formación del personal involucrado en el mantenimiento.

##### **c. Supervisor Eléctrico**

- Estudiar la viabilidad económica del sistema de mantenimiento propuesto por el supervisor general.
- Controlar periódicamente los costos asociados al sistema de gestión del mantenimiento.
- Coordinar y organizar la documentación derivada del sistema de información del mantenimiento.

#### **d. Encargado de turno**

- Control de inventarios de mantenimiento (piezas de repuesto, material de engrase,...)
- Control y supervisión del trabajo de los ayudantes de mantenimiento.
- Asignación de recursos materiales y de tiempo a emplear en las tareas de mantenimiento.
- Complementación de la documentación del sistema de información que le corresponda.

#### **e. Ayudantes**

- Reparaciones y ajustes de equipos.
- Inspecciones y tareas cíclicas de mantenimiento preventivo.
- Comunicación de cualquier anomalía detectada en el funcionamiento de los equipos.
- Limpieza y engrase.
- Pequeñas inspecciones y ajustes.
- Pequeñas reparaciones.
- Complementación de la documentación del sistema de información que le corresponda.

#### **5.2.10. UBICACIÓN**

Se recomienda instalar el motor en una ubicación compatible con el envolvente y el entorno específico del motor. Para permitir el flujo de aire adecuado, es necesario mantener las holguras indicadas de acuerdo al manual de operación del fabricante entre el motor y cualquier obstrucción.

Cuando los motores, que normalmente se instalan con el eje en posición horizontal, se instalan verticalmente, quizá sea necesario proporcionar guardas adicionales para prevenir que objetos extraños penetren en las aberturas del motor y hagan contacto con las partes giratorias. Dichas guardas pueden obtenerse al momento de la compra o en un centro de servicios de reparaciones en su localidad.

La polea, rueda o engranaje utilizados en el impulsor deben localizarse en el eje, lo más cerca posible del reborde del eje. Caliente para instalar. No golpee la unidad para instalarla en el eje ya que esto dañará los rodamientos.

Impulsión por correa: Alinee las poleas de manera que la correa gire sin desviaciones; apriete la correa justo lo suficiente para evitar el deslizamiento, si la aprieta demasiado se producirá el fallo prematuro del rodamiento. Si fuera posible, el lado inferior de la correa deberá ser el lado de impulsión

Conecte el motor a la fuente de alimentación eléctrica de acuerdo con el diagrama en la placa de datos del motor. Para la mayoría de los motores de 220/440 voltios, se llevan nueve conductores desde los bobinados del estator a fin de poder conectar el motor a 220 o a 440 voltios.

#### 5.2.11. CONEXIÓN A TIERRA.

De acuerdo al el *Código Nacional Eléctrico*, Artículo 430 para obtener información sobre las conexiones a tierra de los motores, el Artículo 445 para la conexión a tierra de los generadores y el Artículo 250 para obtener información sobre conexión a tierra. Al efectuar la conexión a tierra, el instalador debe asegurarse que exista una firme conexión metálica y permanente entre el punto de conexión a tierra, el motor o la caja de terminales del generador, y el motor o bastidor del generador.

Los motores con anillos elásticos de amortiguación usualmente deben equiparse con un conductor de conexión a tierra a través del miembro elástico. Algunos motores se suministran con el conductor de conexión a tierra en el lado oculto del anillo de amortiguación a fin de proteger la conexión a tierra contra daño. Se recomienda que los motores con anillos de amortiguación conectados a tierra usualmente se conecten a tierra al momento de la instalación de conformidad con las recomendaciones anteriores para efectuar las conexiones a tierra.

Cuando se usen motores con anillos de amortiguación conectados a tierra en instalaciones multimotores que utilicen fusibles en grupo o protección de grupo, es necesario verificar la conexión a tierra del



anillo de amortiguación a fin de determinar que sea apropiada para la capacidad nominal del dispositivo protector contra sobrecorriente del circuito de derivación que se esté utilizando.

Existen aplicaciones donde la conexión a tierra de las partes externas de un motor o generador puede resultar en mayor riesgo al aumentar la probabilidad de que una persona en el área pueda hacer contacto simultáneo con la conexión a tierra y con alguna otra parte eléctrica energizada de otro equipo eléctrico sin conexión a tierra. En equipos portátiles es difícil asegurar que se mantiene la conexión positiva a tierra al trasladar el equipo, y la instalación de un conductor a tierra puede llevar a un falso sentido de seguridad.

El usuario debe seleccionar un arrancador de motor y protección contra sobrecorriente adecuados para estos motores.

El motor debe funcionar uniformemente sin mucho ruido. Si el motor no arranca y produce un zumbido muy marcado, quizá la carga sea demasiado grande para el motor o quizá se haya conectado erróneamente. Apague inmediatamente el motor e investigue el problema.

#### 5.2.12. DIRECCIÓN DE GIRO

Para invertir la dirección de giro en los motores trifásicos, desconecte la fuente de alimentación eléctrica e intercambie dos de los tres conductores eléctricos.

#### 5.2.13. PRUEBAS PARA LA CONDICIÓN GENERAL

Si el motor ha estado en almacenamiento durante un período prolongado o si ha estado sujeto a condiciones adversas de humedad, verifique la resistencia del aislamiento del bobinado del estator con un megohmetro. Si la resistencia es menor de un megohmio, se recomienda secar los bobinados en una de las dos maneras indicadas a continuación:

1. Secar en horno a temperaturas que no excedan 90°C hasta que la resistencia del aislamiento se vuelva constante.

2. Con el rotor bloqueado, aplique una tensión baja y aumente gradualmente la corriente a través de los bobinados hasta que la temperatura en el termómetro alcance 90°C (194°F). No exceda esta temperatura.

#### 5.2.14. OPERACIÓN

La clase de aislamiento determina la temperatura máxima de funcionamiento seguro. Las temperaturas anormalmente elevadas causan el deterioro acelerado del aislamiento. Una regla general para medir el efecto del calor excesivo consiste en que por cada 10°C de aumento en temperatura en exceso del límite máximo para el aislamiento, la vida útil del aislamiento se reducirá en un 50%.

La tensión desequilibrada o el funcionamiento de una sola fase en máquinas polifásicas pueden causar calentamiento excesivo y fallo. Se requiere tan sólo un leve desequilibrio de la tensión aplicada al motor polifásico para causar grandes corrientes de desequilibrio y sobrecalentamiento consiguiente.

Se recomienda realizar verificaciones periódicas de las tensiones de fase, la frecuencia y el consumo eléctrico de un motor en funcionamiento; dichas verificaciones aseguran la exactitud de la frecuencia y la tensión aplicada al motor y proporcionan una indicación de la carga ofrecida por el aparato que acciona el motor.

Las comparaciones de estos datos con las demandas de alimentación eléctrica sin carga y con carga plena brindarán una indicación del rendimiento de la máquina completa. Se recomienda investigar y corregir cualquier desviación grave.

Los problemas del estator usualmente pueden deberse a una de Las causas siguientes:

- Rodamientos gastados
- Funcionamiento con una sola fase
- Humedad
- Aislamiento deficiente
- Sobrecarga
- Aceite y suciedad

El polvo y la suciedad son, a menudo, factores contribuyentes. Algunas formas de polvo son altamente conductivas y contribuyen materialmente al deterioro del aislamiento. El efecto del polvo en la temperatura del motor a través de la restricción de la ventilación es la principal razón para mantener limpios los bobinados.

Usualmente, los rotores en jaula de ardilla son robustos, y ocasionan muy pocos problemas. El primer síntoma de un rotor defectuoso es la falta de par torsor. Esto puede ocasionar una disminución de velocidad acompañada de un ruido sordo o quizá no pueda poner en marcha la carga.

Esto puede deberse a una junta abierta o de alta resistencia en el circuito de barra del rotor. Dicha condición usualmente puede detectarse al ver la evidencia del calor localizado.

#### 5.2.15. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

El principio fundamental del mantenimiento eléctrico consiste en mantener limpio y seco el aparato. Esto requiere la inspección periódica del motor, la frecuencia dependiendo del tipo de motor y el servicio destinado. Se debe inspeccionar los aspectos siguientes a intervalos regulares:

1. Mantener los bobinados exentos de polvo, grasa, aceite y suciedad. Se pueden limpiar los bobinados con limpiadores por succión o frotándolos. Las boquillas en los limpiadores por succión deben ser no metálicas. Se pueden eliminar los depósitos de suciedad y de grasa con ayuda de un solvente volátil disponible comercialmente.
2. Se deben apretar las conexiones de terminales, los tornillos, los pernos y las tuercas de ensamblaje. Éstas pueden aflojarse si el motor no está fijamente empernado y tiende a vibrar.
3. Verificar periódicamente la resistencia del aislamiento de los motores en servicio a aproximadamente las mismas condiciones de temperatura y humedad para determinar el posible deterioro del aislamiento. Cuando dichas mediciones a intervalos regulares

indiquen una variación amplia, se recomienda determinar la causa. Reacondicionar el motor, rebobinar o reemplazar el aislamiento del motor si fuera necesario, si éste hubiera estado sujeto a humedad excesiva. Los motores encerrados requieren muy poca atención. Asegurar que la cámara externa de aire de los motores enfriados por ventilador no se obstruya con materia extraña que restrinja el paso del aire.

#### 5.2.16. DESENSAMBLAJE

Si fuera necesario desensamblar el motor, se debe tener cuidado de no dañar los bobinados del estator ya que se puede estropear el aislamiento mediante el manejo indebido o rudo.

Observar las precauciones para mantener limpios los rodamientos. Antes de retirar cualquiera de las pantallas extremas:

1. Desconectar el motor de la fuente de alimentación. Etiquetar los conductores para asegurar la reconexión correcta.
2. Retirar el motor de la base de montaje. Retirar la cubierta del ventilador si estuviera presente.
3. Marcar las escuadras de soporte extremas según su posición en el bastidor para poder volverlas a colocar con facilidad.

#### 5.2.17. DESMONTAJE DE ESCUADRAS DE SOPORTE Y EL ROTOR

1. Retirar las tuercas o los pernos del cartucho del rodamiento. (Si estuvieran instalados).
2. Retirar los pernos opuestos de la escuadra de soporte del extremo de impulsión.
3. Extraer la escuadra de soporte.
4. Retirar la escuadra de soporte de la misma manera.
5. Retirar el rotor.

#### 5.2.18. DESMONTAJE Y REEMPLAZO DE LOS RODAMIENTOS ESFÉRICOS

No se deben desmontar los rodamientos a menos que vayan a ser reemplazados. Cuando sea necesario extraer los rodamientos, use un

extractor de rodamientos. Se puede instalar un extractor de rodamientos con una placa metálica, con orificios taladrados que coincidan con los orificios perforados en la tapa interna. Tener cuidado de mantener distribuida equitativamente la presión en la tapa para evitar romperla.

Para instalar un rodamiento, calentar el rodamiento en un horno a 121°C (250°F). Esto expandirá el anillo interno de rodamiento y permitirá su instalación en el asiento del rodamiento. Al reemplazar los rodamientos es necesario hacerlo con partes idénticas utilizadas por reemplazo. En muchos casos se utilizan rodamientos especiales que no se pueden identificar por las marcas en el rodamiento. En todo caso, al reemplazar rodamientos, use marcas en los rodamientos y el número de identificación del motor para obtener el rodamiento correcto de reemplazo.

#### 5.2.19. REENSAMBLAJE

Seguir el procedimiento inverso descrito para el desensamblaje. Tras haber marcado las escuadras de soporte en la posición original, vuelva a colocarlas según las marcas.

#### 5.2.20. LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS

Los motores cubiertos en este Manual de Instrucciones están equipados con diferentes tipos de rodamientos. Esta descripción cubre solamente los rodamientos antifricción y los que requieren grasa. Los rodamientos esféricos que no requieren grasa no necesitan mantenimiento periódico.

#### 5.2.21. LUBRICACIÓN INICIAL.

Los motores General Electric y IEM, se envían desde la fábrica con los rodamientos debidamente empaquetados con grasa y listos para funcionar. En casos donde la unidad ha estado sujeta a almacenamiento prolongado (6 meses o más) se recomienda volver a lubricarla (si requiere lubricación) antes del arranque. Si los motores están equipados con lubricación por nebulización de aceite.

## 5.2.22. RODAMIENTOS LUBRICADOS CON GRASA

Los motores se han lubricado apropiadamente al momento de fabricación y no es necesario lubricarlos al momento de la instalación a menos que los motores hayan estado en almacenamiento durante un período de seis meses o más.

La lubricación de los rodamientos antifricción debe hacerse como parte de un programa planificado de mantenimiento. Se recomienda utilizar como guía el intervalo recomendado para establecer dicho programa.

La limpieza es importante en la lubricación. Cualquier grasa utilizada para lubricar cojinetes antifricción debe ser fresca y sin contaminación. De manera similar, se debe tener cuidado de limpiar el área de entrada de la grasa del motor a fin de evitar la contaminación de la grasa.

- LUBRICANTE RECOMENDADO

Para los motores que funcionen en temperaturas ambiente según se indica a continuación, use el lubricante siguiente o su equivalente:

- MOTORES CON RODAMIENTOS ESFÉRICOS

Temperatura de funcionamiento  $-25^{\circ}\text{C}$  ( $-13^{\circ}\text{F}$ ) a  $50^{\circ}\text{C}$  ( $122^{\circ}\text{F}$ )

CHEVRON OIL	RI NO.2
EXXON	UNIREXN2
SHELL OIL CO.	DOLIUM R
TEXACO, INC.	PREMIUM RB

Temperatura mínima de arranque  $-60^{\circ}\text{C}$  ( $-76^{\circ}\text{F}$ )

SHELL OIL CO.	AEROSHELL 7
---------------	-------------

- MOTORES CON RODAMIENTOS DE RODILLO

Temperatura de funcionamiento  $-25^{\circ}\text{C}$  ( $-13^{\circ}\text{F}$ ) a  $50^{\circ}\text{C}$  ( $122^{\circ}\text{F}$ )

CHEVRON OIL  
TEXACO, INC.

BLACK PEARL EP NO. 2  
PREMIUM RB

### 5.2.23. PROCEDIMIENTO DE LUBRICACIÓN

Los rodamientos antifricción General Electric y IEM que requieren grasa se pueden lubricar con el motor funcionando o estacionario. Es preferible hacerlo con el motor estacionario y caliente.

1. Localice la grasería, limpie el área y reemplace el tapón de la tubería con una grasería, si el motor no estuviera equipado con graserías.
2. Si el motor estuviera equipado con un tapón de drenaje de grasa, retire el tapón y elimine cualquier grasa que pudiera bloquear el drenaje.
3. Con una grasería de pistola manual, añada el volumen recomendado del lubricante apropiado.
4. Haga funcionar el motor durante dos horas.
5. Reemplace el tapón de tubería en el drenaje de grasa.
6. La grasa quizá no salga por el drenaje. Use sólo los volúmenes indicados en la Tabla 3.

#### • INSTRUCCIONES DE LUBRICACIÓN

1. Seleccione las condiciones de servicio de la Tabla 1.
2. Seleccione la frecuencia de lubricación de la Tabla 2.
3. Seleccione el volumen de lubricación de la Tabla 3.
4. Lubrique el motor a la frecuencia necesaria con el volumen correcto de lubricante de acuerdo con lo indicado en el

NOTA: No se recomienda mezclar lubricantes debido a posibles incompatibilidades. Si se desea cambiar de lubricante, siga las instrucciones de lubricación y repita la lubricación por segunda vez después de 100 horas de servicio. Es necesario tener cuidado para detectar signos de incompatibilidad de lubricantes, como viscosidad excesiva visible en el área de drenaje de alivio de grasa o en la abertura del eje.

<b>Tabla 1 CONDICIONES DE SERVICIO</b>	
Condiciones Rigurosas	Ocho horas al día, carga normal o liviana, aire ambiente limpio a 40°C (104°F) como máximo
Condiciones Estándar	Funcionamiento las veinticuatro horas del día o cargas de impacto, vibración, aire ambiente contaminado con suciedad o polvo a 40 – 50°C (104 – 122°F).
Condiciones Extremas	Impactos, vibración fuertes o polvo

<b>Tabla 2 FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN</b>				
<b>RODAMIENTOS ESFÉRICOS</b>				
<b>Velocidad</b>	<b>Bastidor NEMA (IEC)</b>	<b>Condiciones estándar</b>	<b>Condiciones rigurosas</b>	<b>Condiciones extremas</b>
1800 RPM O menos	182 (112) Hasta 215 (132)	3 años	1 años	3 meses
	254 (160) Hasta 365 (200)	3 años	6 a 12 meses	3 meses
	404 (225) Hasta 449 (280)	1 años	6 meses	1 a 3 meses
	Todos	6 meses	3 meses	1 mes
<b>RODAMIENTOS DE RODILLO</b>				
Para los rodamientos de rodillo divida entre 2 los periodo anteriores				



<b>Tabla 3 VOLUMEN DE LUBRICACIÓN</b>	
Tamaño del bastidor NEMA (IEC)	Volumen en pulgadas cúbicas (cm <sup>3</sup> )
182 hasta 215 (112-132)	0.5 (8)
254 hasta 286 (160-180)	1.0 (16)
324 hasta 365 (200-225)	1.5 (25)
404 hasta 449 (250-280)	2.5 (41)

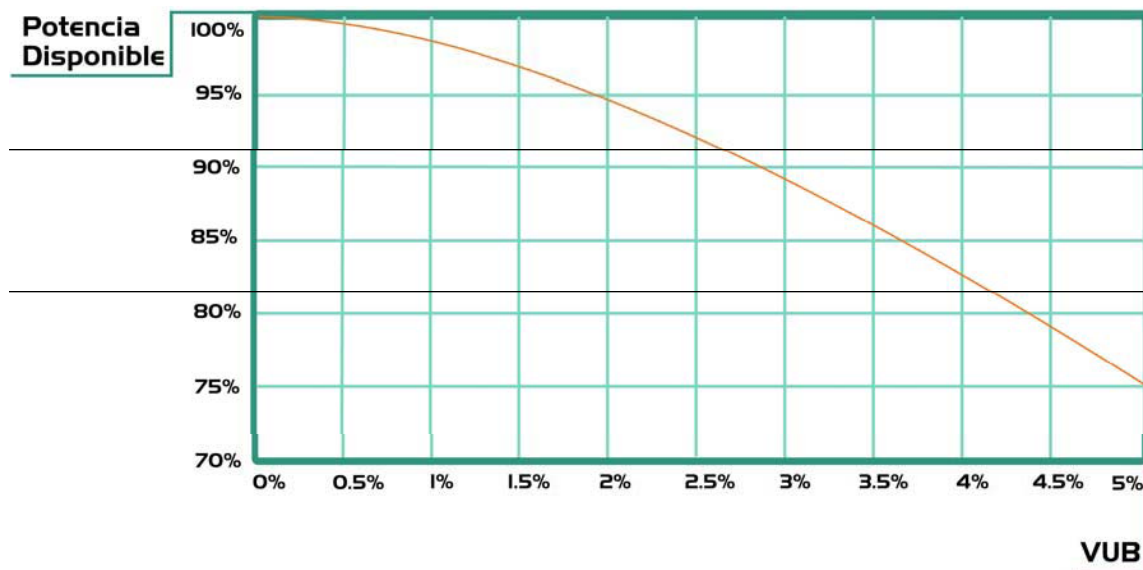
#### 5.2.24. RODAMIENTOS DE REEMPLAZO

El programa de mantenimiento no estará completo si no incluye los rodamientos de repuesto. No debe olvidarse que el rodamiento es un componente sujeto a desgaste y por lo tanto deberá reemplazarse eventualmente, para asegurarse de poder mantener la condición de funcionamiento inicial.

#### 5.2.25. DESBALANCEO DE VOLTAJE

El principal problema que provocará el desbalance de voltaje (VUB) a un motor eléctrico en marcha, es el aumento de la temperatura del motor. Esto, debido a la aparición de corrientes de secuencia negativa en sus arrollados. Estas corrientes, producirán un campo electromagnético contrario al que impulsa el sentido de giro que posee el motor. Este campo electromagnético contrario, provocará una pérdida de la potencia relativa del motor y dicha pérdida se convertirá en más calor para los arrollados.

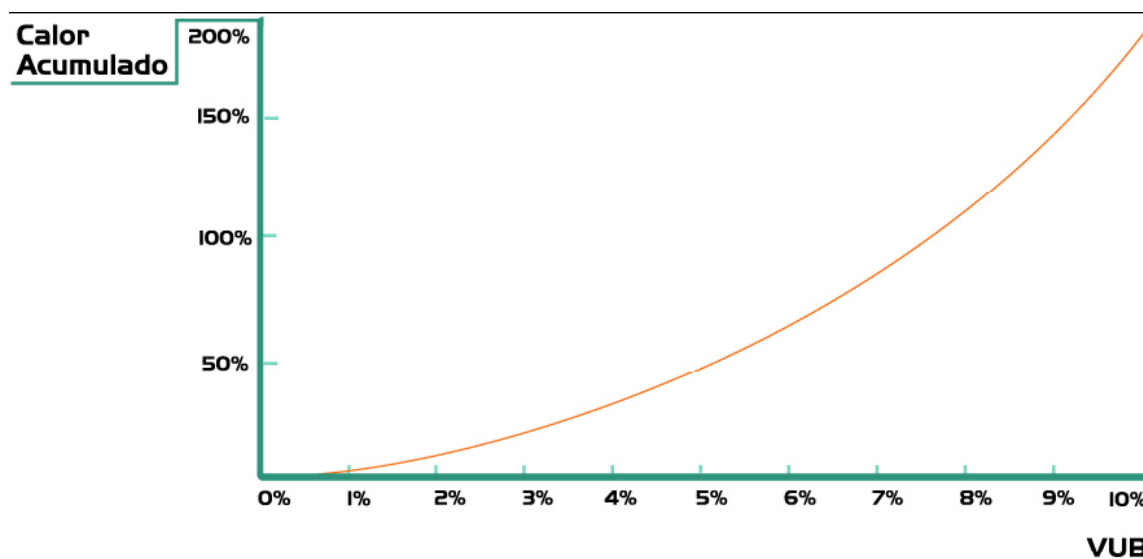
Un desbalance de voltaje (VUB) del 5% provocará una pérdida de la potencia relativa del 25% y un aumento del calor presente en los arrollados del motor. El aumento del calor deteriorará de manera progresiva y acumulativa dichos arrollados y en consecuencia disminuirá la vida útil del motor. El porcentaje de sobrecalentamiento del motor será directamente proporcional a dos veces el cuadrado del porcentaje de desbalance de voltaje (VUB). Figura siguiente.



Pérdida de potencia contra desbalanceo de voltaje

### 5.2.26. INSTALACIÓN DE REPUESTOS

Todos los rodamientos utilizados en los motores deben ser de preferencia de acuerdo a la marca del motor ya que estos están sujetos a las especificaciones exactas y pruebas necesarias para satisfacer los requisitos de rendimiento. De esta manera, es posible reproducir sus rodamientos actuales.



Calor acumulado en el motor contra desbalanceo de voltaje

### 5.3. TRABAJO MECÁNICO ASOCIADO AL MOTOR:

El trabajo mecánico asociado a un motor eléctrico posee múltiples naturalezas: compresión de gases, ventilación, bombeo de líquidos y transporte de cargas. En todas estas aplicaciones, la energía consumida siempre es eléctrica y el consumo será mayor o menor dependiendo del esfuerzo al que sea sometido el motor. La energía consumida fluirá hacia el motor con las corrientes de trabajo, estas pueden variar, a mayor esfuerzo mayor corriente, a menor esfuerzo menor corriente.

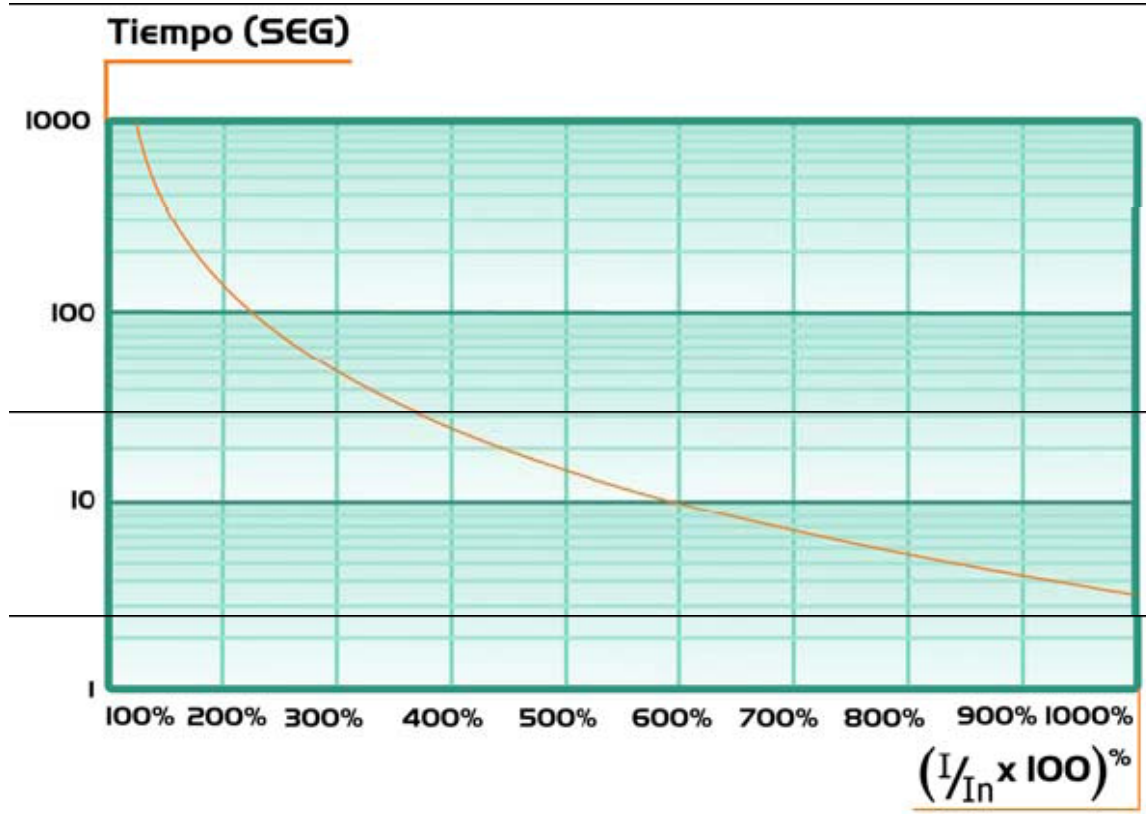
Todo motor, posee una *corriente nominal de trabajo* ( $I_n$ ) inherente a su construcción y al esfuerzo que sea capaz de desempeñar (HP). La *corriente nominal* ( $I_n$ ), es la necesaria para que el motor realice el esfuerzo nominal (HP) especificado por el fabricante.

La mayoría de los motores permiten exigirles un esfuerzo mecánico adicional sin poner en peligro su integridad física. Esa capacidad de sobre esforzarse sin peligro alguno, se llama factor de servicio. Tal sobre esfuerzo provocará que la corriente de trabajo sea mayor que la corriente nominal ( $I_n$ ). Esta se conoce como *corriente de factor de servicio* (FLA).

Un motor que opere con una corriente superior a la corriente de factor de servicio, estará sometido a una *sobrecarga* (OC) e incrementará el calor de sus arrollamientos peligrosamente. Si dicho evento es sostenido en el tiempo, el motor se calentará por encima de su temperatura máxima permitida. Esto afectará la integridad sus arrollados de manera irreversible. El tiempo que tarda un motor, trabajando con una *sobrecarga* (OC), en calentarse hasta el punto en que se destruyan sus arrollamientos, es variable y dependerá del valor de la corriente que este consumiendo producto del sobre esfuerzo. Si la sobrecarga mecánica es lo suficiente alta como para que el motor no pueda girar (rotor trancado), este consumirá una corriente seis veces superior a la corriente nominal. Esta corriente se llama *corriente a rotor trancado* (LRA).

La vida útil e integridad de los arrollados del motor, depende del aislamiento que posee el alambre de cobre con que están contruidos. La temperatura es el principal enemigo del aislamiento. La vida útil del

aislante se reduce a la mitad por cada 10 grados centígrados adicionales a la temperatura máxima de operación especificada por el fabricante del motor.

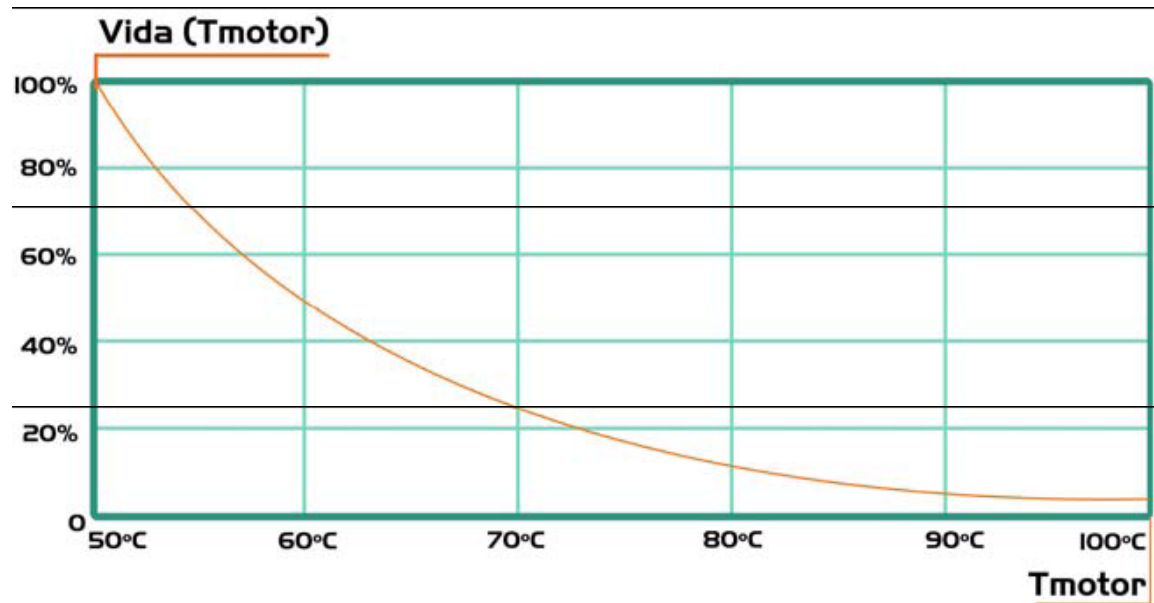


Tiempo de Falla contra Nivel de Sobrecarga de motor

El aumento en los valores de la corriente del motor, también ocurre debido a situaciones en donde el motor opere con bajo voltaje o sobrevoltaje. Estas situaciones indeseables, provocarán un aumento de las corrientes de trabajo del motor y de la temperatura de sus arrollados. Un motor que trabaje simultáneamente con sobrecarga y bajo voltaje o sobrevoltaje, aumentará aun mas sus corrientes de trabajo, en comparación que con cualquier dicha condición por separado, y la temperatura interna alcanzarán aceleradamente los niveles máximos permitidos.

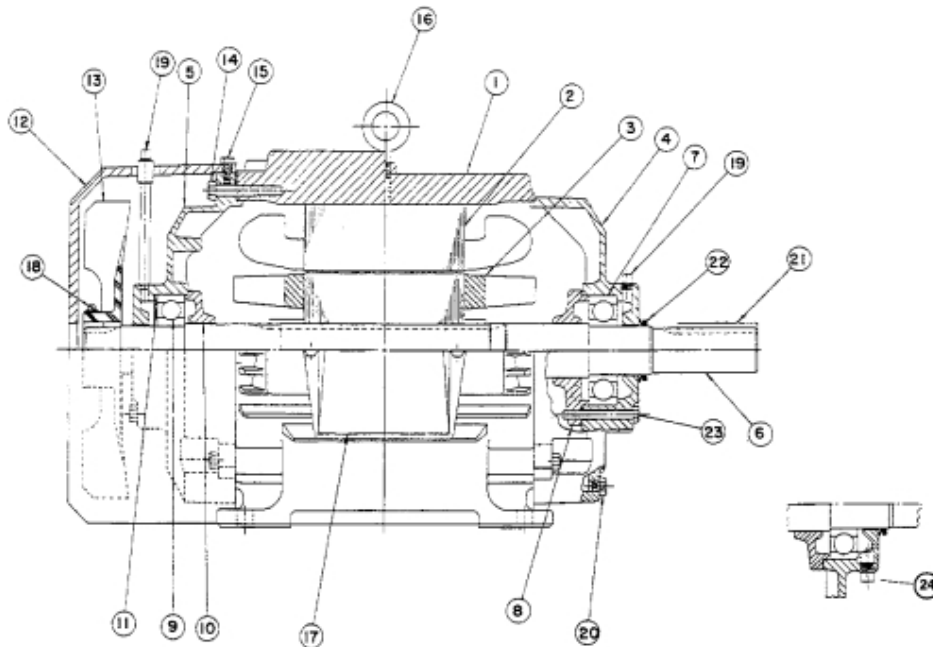
El desbalance de voltaje provocará un calentamiento extra del motor, independiente del esfuerzo mecánico que pueda estar desempeñando. Un motor operando con una corriente cercana a la de factor de servicio y que este en presencia de desbalance de voltaje,

incrementará su temperatura interna a niveles peligrosos. En esta condición la temperatura sobrepasará la máxima permitida, sin que el motor este mecánicamente sobre esforzado, destruyéndose en breve tiempo sus arrollados.



Tiempo de Falla contra Nivel de Sobrecarga

#### 5.4. DIAGRAMA DE SECCIÓN TRANSVERSAL E IDENTIFICACIÓN DE PARTES



GUÍA NO.	DESCRIPCIÓN DE PARTES
1	BASTIDOR
2	ESTATOR
3	ROTOR/VENTILADOR INTERNO DE ENFRIAMIENTO
4	ESCUADRA DE SOPORTE DE EXTREMO POSTERIOR
5	ESCUADRA DE SOPORTE DE EXTREMO FRONTAL
6	EJE
7	RODAMIENTO ESFÉRICO DEL EXTREMO POSTERIOR
8	TAPA INTERIOR DEL EXTREMO POSTERIOR
9	RODAMIENTO ESFÉRICO DEL EXTREMO FRONTAL
10	TAPA INTERIOR DEL EXTREMO FRONTAL
11	ARANDELA ONDULADA, EXTREMO FRONTAL
12	CUBIERTA DEL VENTILADOR
13	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO EXTERIOR
14	PERNOS DE LA ESCUADRA DE SOPORTE DEL EXTREMO FRONTAL
15	PERNOS DE LA CUBIERTA DEL VENTILADOR
16	ARGOLLA
17	CAJA DE TERMINALES
18	ABRAZADERA DEL VENTILADOR
19	ENTRADA DE GRASA
20	DRENAJE DE CONDENSACIÓN

21	CHAVETA
22	ANILLO RECOGEDOR DE ACEITE
23	PERNOS DE LA TAPA DEL EXTREMO TRASERO
24	DRENAJE DE GRASA

### 5.5. PROBLEMAS INHERENTES A LA CONSTRUCCIÓN DEL MOTOR:

Los motores eléctricos de inducción son máquinas sencillas en su construcción, partes propias pueden afectar su desempeño y su vida útil. Los puntos más sensibles del motor a sufrir deterioros con el uso son los conectores (bornes), la ventilación y los rodamientos.

### 5.6. PROBLEMAS EN LOS CONECTORES.

Los puntos de conexión del motor (bornes), se dañarán si este es sometido a múltiples arranques en breves intervalos de tiempo. Existen varias conexiones por las que fluye corriente cuando energizamos un motor. Las de la bornera con los conductores que lo energizan y las de la bornera con los arrollados del motor.

A estas conexiones, se les conoce con el nombre de puntos calientes. La bornera es una parte del motor llena de puntos calientes.

Cuando arrancamos un motor a carga nominal, la corriente, por muy poco tiempo, será más alta que la corriente nominal ( $I_n$  o RLA). Una vez que el motor alcance su velocidad de trabajo (RPM), la corriente será igual a la nominal ( $I_n$  o RLA). Durante el arranque la bornera se calentará intensamente, una vez el motor alcance su velocidad nominal de trabajo, la temperatura de la bornera se estabilizará a un valor o igual o superior a la de los arrollados, sin que ello ocasione daño alguno en los bornes.

Un motor sometido a múltiples arranques en breves intervalos de tiempo, nunca podrá estabilizar la temperatura de su bornera a niveles seguros, pudiendo destruirse así los conectores. De dañarse un borne el motor se lesionará irreversiblemente, ya que operará tan solo con dos fases (CSP). Con dos o tres bornes destruidos, el motor se detendrá y tendrá que reconstruirse la bornera.

## 5.7. FALTA DE VENTILACIÓN

Los motores eléctricos, requieren liberar el calor que provoca el trabajo que desempeñan. La gran mayoría posee ventilación forzada que la genera un ventilador asociado al eje del motor. En algunas construcciones de motores, la liberación de calor es realizada por métodos distintos a los del uso de aire impulsado por el ventilador.

La falta de ventilación provocará el aumento de la temperatura de los arrollados del motor, degradándose el aislamiento de los mismos y destruyéndose irremediablemente.

La ausencia de ventilación puede ser provocada por obstrucción de la entrada y salida de aire o por la inoperancia del ventilador que posee el motor.

## 5.8. DEGRADACIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Un motor eléctrico, por lo general, posee dos rodamientos que soportan el eje del rotor. Los rodamientos tienen un tiempo vida útil y su degradación siempre terminará trancando el rotor del motor.

Un rodamiento degradado pasará por un lapso, de duración variable e incierta, con alto roce haciendo que el motor gire con sobre esfuerzo, para posteriormente atascarse definitivamente y dejar el motor a rotor trancado.

Tanto en la etapa donde el motor gira con sobre esfuerzo, debido al alto roce en el rodamiento y luego ya con este último atascado, el motor estará en presencia de una sobrecarga (OC). Primero, con una corriente superior a la del factor de servicio y luego, con una corriente seis veces mayor a la nominal (corriente a rotor trancado LRA). Bajo estas condiciones el motor se dañará irremediablemente.

## 5.9. PROTECCIÓN DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS

Proteger los motores trifásicos, se ha vuelto una necesidad imperativa para los usuarios y/o propietarios de los mismos. Ello debido a las pérdidas económicas que implican la reparación o reposición del motor



dañado y las asociadas al servicio que dejaron de prestar estando fuera de operación.

La protección de un motor trifásico debe de contemplar problemas asociados a voltajes y al consumo de corriente. Para ello, se requieren de dispositivos que estén en capacidad de supervisar los valores de voltaje y de las corrientes, con que opera el motor.

Muchos dispositivos en el mercado ofrecen protección de motores trifásicos, la oferta es amplia y contempla desde los clásicos relés térmicos de sobrecarga, los supervisores electrónicos de voltaje, los relés electrónicos de sobrecarga, hasta las últimas tecnologías de protecciones integrales y las protecciones totales para motores trifásicos. Las dos últimas ofrecen protección al motor procesando digitalmente los valores de las corrientes, de los voltajes y de la temperatura del motor simultáneamente.

Corrientes del motor. Si el calor acumulado en las resistencias es mayor o igual al máximo permitido, un contacto asociado a estas, se dilatará por efecto del calor y desenergizará al motor. En ese momento, el relé térmico comenzará a enfriarse y cuando el calor remanente llegue a un nivel seguro, energizará nuevamente al motor. Por lo general los relés térmicos de sobrecarga poseen un selector, que permite programar su rearme de manera manual o automática.

Proteger un motor trifásico exclusivamente con un relé térmico de sobrecarga, es un error en el que incurren muchos profesionales electrotécnicos con consecuencias desastrosas. Estos relés, tan solo actúan en función del calor acumulado producto de las corrientes que fluyen por ellos, siendo incapaces de tomar en cuenta el sobrecalentamiento que provoca al motor el desbalance de voltaje.

Adicionalmente en condiciones de fallas de voltaje sostenidas en el tiempo, del tipo bajo voltaje, sobrevoltaje o pérdida de una fase, los relés térmicos de sobrecarga, estando programados para una desconexión automática, presentarán un desempeño poco satisfactorio. En estas condiciones, desconectarán el motor cuando el calor acumulado innecesariamente supere o iguale al máximo permitido.

Una vez que el motor este frío, el relé térmico de sobrecarga se restablecerá automáticamente y energizará al motor. Al ser la falla de voltaje sostenida en el tiempo, el relé térmico nuevamente se calentará hasta desconectar al motor, para posteriormente enfriarse y volver a energizarlo. Así este dispositivo de protección, entrará en un ciclo indefinido de maniobras de parada y arranque que dañará al motor de manera irreversible.

De igual manera que en el caso anteriormente descrito, de presentarse una sobrecarga mecánica sostenida en el tiempo, los relés térmicos de sobrecarga entrarán en ciclo indefinido de paradas y arranques, dañándose el motor supuestamente protegido.

Estando un relé térmico de sobrecarga sometido a un ciclo continuo de calentamiento y enfriamiento, producto de una falla sostenida en el tiempo, en muy poco tiempo estará descalibrado y su capacidad de protección se verá severamente afectada.

#### 5.9.1 PROTECCIONES POR FALLAS DE VOLTAJE.

Actualmente, la totalidad de la oferta de protecciones de voltaje para motores trifásicos existentes en el mercado opera electrónicamente. Estas, procesan los valores de voltaje de manera analógica o digital, dependiendo de la tecnología con que estén construidas. De presentarse la falla de voltaje, desenergizarán al motor y tan solo lo reconectarán una vez desaparecida la falla.

La oferta de protecciones de voltaje para motores trifásicos es muy amplia. La diferenciación entre marcas y modelos esta comprendida por funciones de protección, temporización, ajustes, modos de rearme, visualización de las fallas, capacidad de comunicación, formato de la carcasa.

El uso de una protección de voltaje para proteger un motor trifásico en ningún momento descarta el uso de un *relé térmico de sobrecarga*. Ambas protecciones son complementarias aunque no abarquen todos los escenarios en que el motor deba ser protegido.

Lo más importante a la hora de seleccionar una protección por fallas de voltaje es que incluya, inexcusablemente, la protección por

desbalance. Luego, dependiendo de la calidad del suministro eléctrico con que opera el motor, deberá considerarse si la protección debe incluir, adicionalmente, las fallas de bajo voltaje o sobrevoltaje. La pérdida de una fase es un desbalance extremo. Proteger por secuencia invertida o inversión de fases, se requerirá dependiendo del tipo de aplicación que desempeñe el motor.

Es necesario tener en cuenta que para obtener el desbalance de voltaje, la protección debe de supervisar las tres fases y procesar sus valores de voltaje. De allí que la diferencia en costos con una protección que incluya todas las fallas de voltaje no es significativa para la cantidad de funciones que realizará.

Seleccionar y utilizar una protección de voltaje para un motor trifásico, no es algo sencillo. Primero que todo, se deben descartar aquellos modelos que no incluyan protección por desbalance de voltaje. Luego, se partirá de la premisa que el motor estará sobredimensionado de tal manera, que un desbalance hasta el 8% no lo sobrecalentará a niveles peligrosos, aun en presencia de un sobre esfuerzo mecánico.

La mayoría de las protecciones por desbalance poseen un valor fijo del máximo permitido del 8%. Si la premisa anterior es inadmisibles, se deberá utilizar una protección que permita ajustar el valor máximo de desbalance permitido. Es importante recordar que un desbalance de voltaje del 5% provocará un aumento de la temperatura del 50% en los arrollados del motor. Las otras funciones de protección como bajo voltaje y sobrevoltaje, deberán de tener valores permitidos similares a los que especifica el fabricante del motor. La protección por pérdida de una fase estará implícita en la de desbalance. Los dispositivos digitales reportan por separado las fallas de desbalance de voltaje y pérdida de una fase, al igual que el resto de las fallas.

#### 5.9.2. RELÉS ELECTRÓNICOS DE SOBRECARGA

Estos dispositivos calculan con tecnología electrónica el calentamiento del motor en función de las corrientes que consume. Cuando el calor llegue al máximo permitido, desenergizarán al motor y lo energizarán nuevamente una vez que se haya enfriado. Algunos están en capacidad de reportar inversión en la secuencia de las fases, pero lo hacen con el motor en marcha lo que es particularmente peligroso,

sobre todo en aquellos procesos con personal asociado al desempeño del motor. En ausencia de una fase solo actuarán si el motor esta en marcha, al igual que los relés térmicos de sobrecarga, calentándose el motor innecesariamente antes de ser desconectado. Estos dispositivos, son incapaces de actuar inmediatamente ante fallas de voltaje asociadas a la red y mucho menos calcular el calor provocado por el desbalance de voltaje, todo ello debido a que toman solo dos señales de voltaje exclusivamente para energizarse. También es importante destacar, que la mayoría de estos dispositivos no poseen memoria térmica y de presentarse una falla completa del suministro eléctrico, mientras el relé este enfriando al motor, la información del calor remanente en el motor se perderá y una vez desaparecida la falla de voltaje el motor arrancará con una temperatura interna elevada.

### 5.9.3. RELÉS INTEGRALES DE PROTECCIÓN DE MOTORES ELÉCTRICO.

Estos avanzados dispositivos integran la protección contra sobrecarga y fallas de voltaje en un solo elemento. Están contruidos sobre la base de microcontroladores y supervisan constantemente los valores de las tres corrientes del motor y de los tres voltajes de red. Al ocurrir una sobrecarga, desenergizarán al motor y la reconectarán una vez se haya enfriado. Para el cálculo real del calentamiento del motor, utilizan los valores de las tres corrientes y del desbalance de voltaje. De esta manera, obtienen el calor en exceso que adiciona la presencia del desbalance de voltaje y protegerán de manera precisa al motor. Su alta capacidad de procesamiento, les permite distinguir si un contacto del contactor o alguna parte del conexionado que energiza al motor, presentan alguna alteración que deje al motor operando con dos fases y de ser así lo desconectaran inmediatamente, evitando el sobrecalentamiento innecesario del mismo. Ante fallas de voltaje, desconectar el motor y no permitir su arranque hasta que las condiciones en la red sean las adecuadas. Adicionalmente, estos dispositivos ofrecen la función de parada definitiva por fallas sucesivas, prestación que evita que el motor este constantemente arrancando y parándose de manera indefinida ante una sobrecarga sostenida.

A diferencia de los Relés Electrónicos de Sobrecarga, los Relés Integrales de Protección si poseen memoria térmica. Esta característica, les permite mantener la información del calor remanente en el motor de encontrarse la protección bajo una ausencia total de energía. En esta condición, estos avanzados dispositivos descontarán el calor remanente en el motor, de igual manera que ocurra el enfriamiento del motor producto de encontrarse este en reposo.

#### 5.9.4. RELÉS DE PROTECCIÓN TOTAL DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Al igual que los Relés Integrales de Protección, están contruidos sobre la base de microcontroladores y supervisan constantemente los valores de las tres corrientes del motor y de los tres voltajes de red. Realizan de igual manera las mismas protecciones y otras funciones especiales de protección, tales como *detección de subcarga*, *arranque con alta carga* y *detección rápida de rotor trancado*. Permiten también, a través de una sonda de medición, obtener la lectura de la temperatura real interna del motor, con lo cual corrigen las desviaciones que puedan existir, debido a la temperatura ambiental, en el cálculo del calor en función de las corrientes de trabajo del motor y del desbalance de voltaje. La gran capacidad de procesamiento de estos dispositivos, permite obtener información tal como el consumo de energía (Kw/h), potencia activa (Kw), potencia reactiva (KVA), factor de potencia (FP), Vhoras de operación del motor. La mayoría de los productos de este tipo que se ofrecen en el mercado, permiten el ajuste de todos los parámetros de protección y tiempos de actuación, lo que hace que los dispositivos de protección sean los más completos y confiable que existen en el mercado.

#### 5.10. HERRAMIENTAS PARA LAS REPARACIONES DE UN MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA

Se enlistan las herramientas fundamentales para llevar a cabo el trabajo de mantenimiento sin llegar a un cúmulo de herramientas y artefactos inútiles.

- Pinzas de presión, pinzas de corte y pinzas de corte en la punta.
- Cautín.

- Llaves españolas.
- Martillo cabeza de bola, Mazos y Martillo de goma.
- Navajas.
- Arco con segueta.
- Cepillo de madera con cerdas de alambre.
- Taladro de mano.
- Calibrador para alambre BS.
- Cincel.
- Limas.
- Desarmadores cruz y plano.
- Extractor de tornillos con abertura regulable.
- Llave de perico.
- Barras o árboles (conjunto de herramienta).

### 5.11. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para comprobar el buen funcionamiento de un motor o para detectar fallas se utilizan diferentes aparatos de medición como son el amperímetro, amperímetro de gancho, voltímetro, grauler y megohmetro.

**Amperímetro.** El empleo del amperímetro en los talleres de reparación de motores es indispensable ya que su lectura muestra las condiciones normales o anormales de los mismos siendo de recomendarse los de tipo de precisión con escalas de 0 a 25, 0 a 50 y 0 a 100. Estos aparatos tienen la ventaja de que se pueden trasladar a cualquier parte para prestar su servicio o tenerlos instalados en un tablero de pruebas un taller. El amperímetro se conecta en serie.

**Amperímetro de gancho.** Este instrumento es fácil de manejar, pues están provisto en su parte superior de una especie de

mordaza metálica que se abre para colocar dentro de la misma la línea que se va a probar una vez que el conductor este dentro de la mordaza se cierra esta, por medio de un simple movimiento, y el aparato marca inmediatamente el amperaje que esta pasando.

**Voltímetro.** Este instrumento nos sirve para medir voltajes, también nos puede servir para detectar diferencias de voltaje entre fases. El voltímetro se conecta directo a la fuente que se desea probar.

**Grauler.** Instrumento para checar armaduras de los motores.

**Megohmetro.** Es un instrumento de medición que sirve para medir la resistencia en los devanados.

## 5.12. INSPECCIÓN MECÁNICA AL RECIBIR EL MOTOR

La inspección mecánica al recibir el motor consiste en revisar las siguientes partes.

a) **Baleros.** Muchas veces los baleros en mal estado provocan que el rotor se amarre o se escuche ruidos desagradables debido a la fricción o por la falta de lubricación e ellos.

b) **Centrífugo.** La acción mecánica de un centrífugo depende del muelle de resortes y la colocación alineada y la buena distancia entre el centrífugo y platinos. Un centrífugo en mal estado provocará que el motor no arranque corriendo el riesgo de quemarse, que al no arrancar el incremento de corriente que se presente provoque calentamiento excesivo en la bobinas llegando hasta el grado de quemarse.

## 5.13. DIAGRAMAS DE FLUJO PARA EL CAMBIO DE COJINETES O CHUMACERAS O CAPACITOR DE ARRANQUE DE UN MOTOR CA.

**Objetivo.** El trabajador realizará el cambio de cojinetes o chumaceras o capacitor de arranque de una máquina eléctrica rotatoria con la herramienta y limpieza recomendadas por el fabricante.

### 1. Material utilizado:

- Franela.
- Formato de reporte de mantenimiento correctivo.
- Cojinetes, chumaceras o capacitor.

- Orden de trabajo.

## **2. Maquinaria y equipo:**

- Equipo de seguridad: guantes, zapatos de seguridad y gafas de seguridad.
- Equipo de limpieza.
- Motor de corriente alterna.

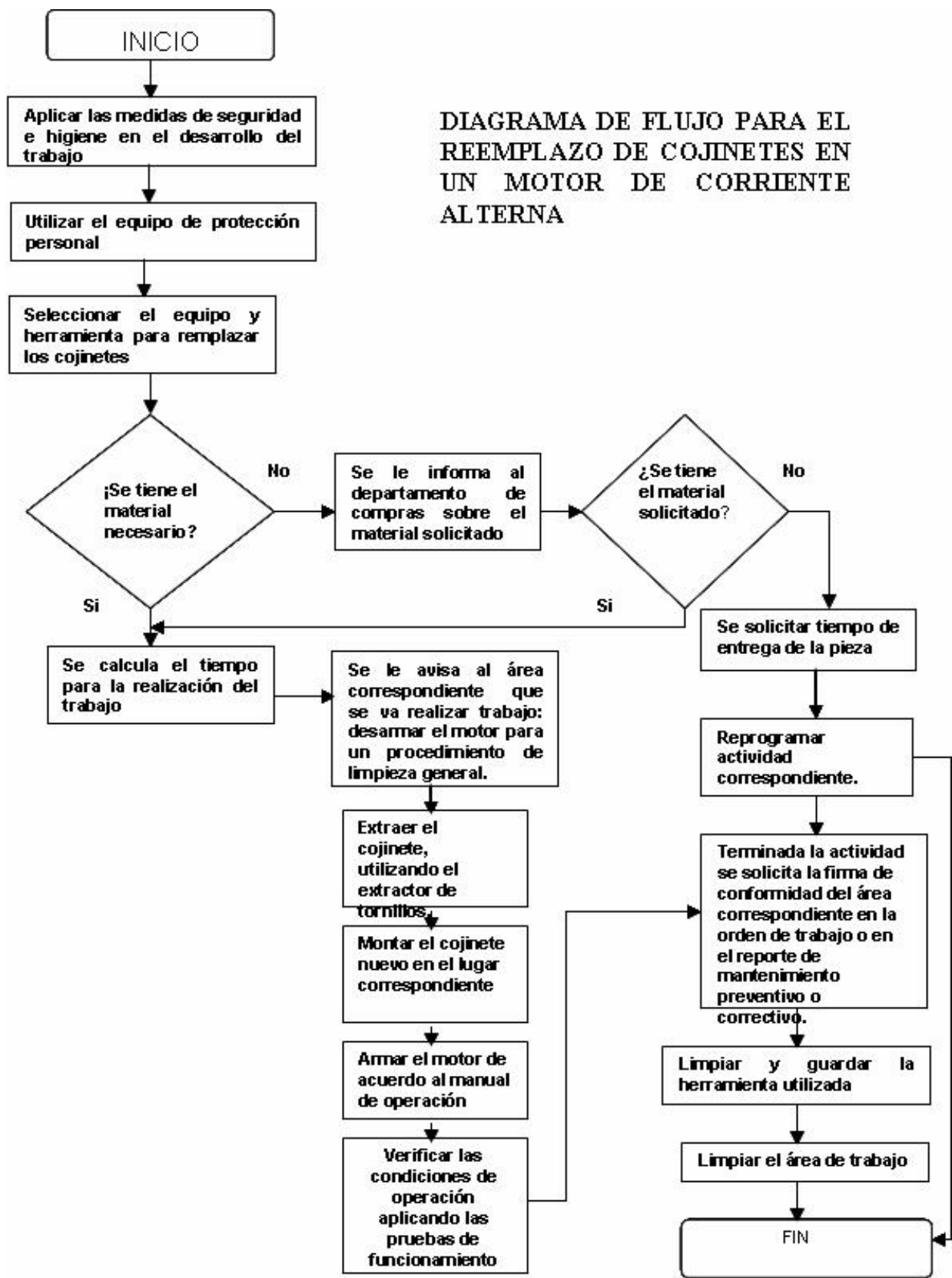
## **3. Herramienta:**

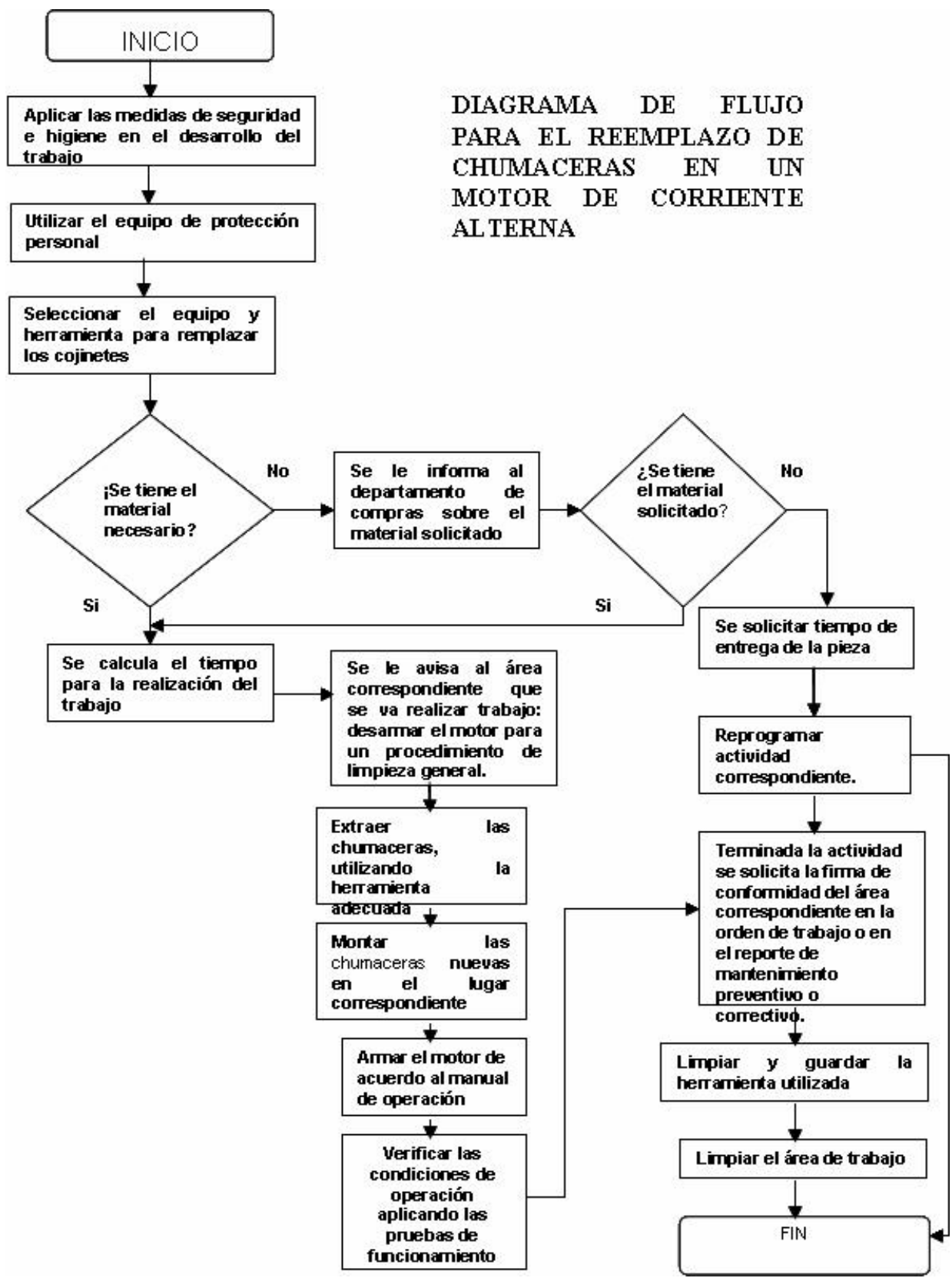
- Extractor de tornillos con abertura regulable.
- Llave de perico.
- Barras o árboles (conjunto de herramienta).
- Pinzas del electricista.
- Desarmador de cruz y plano.

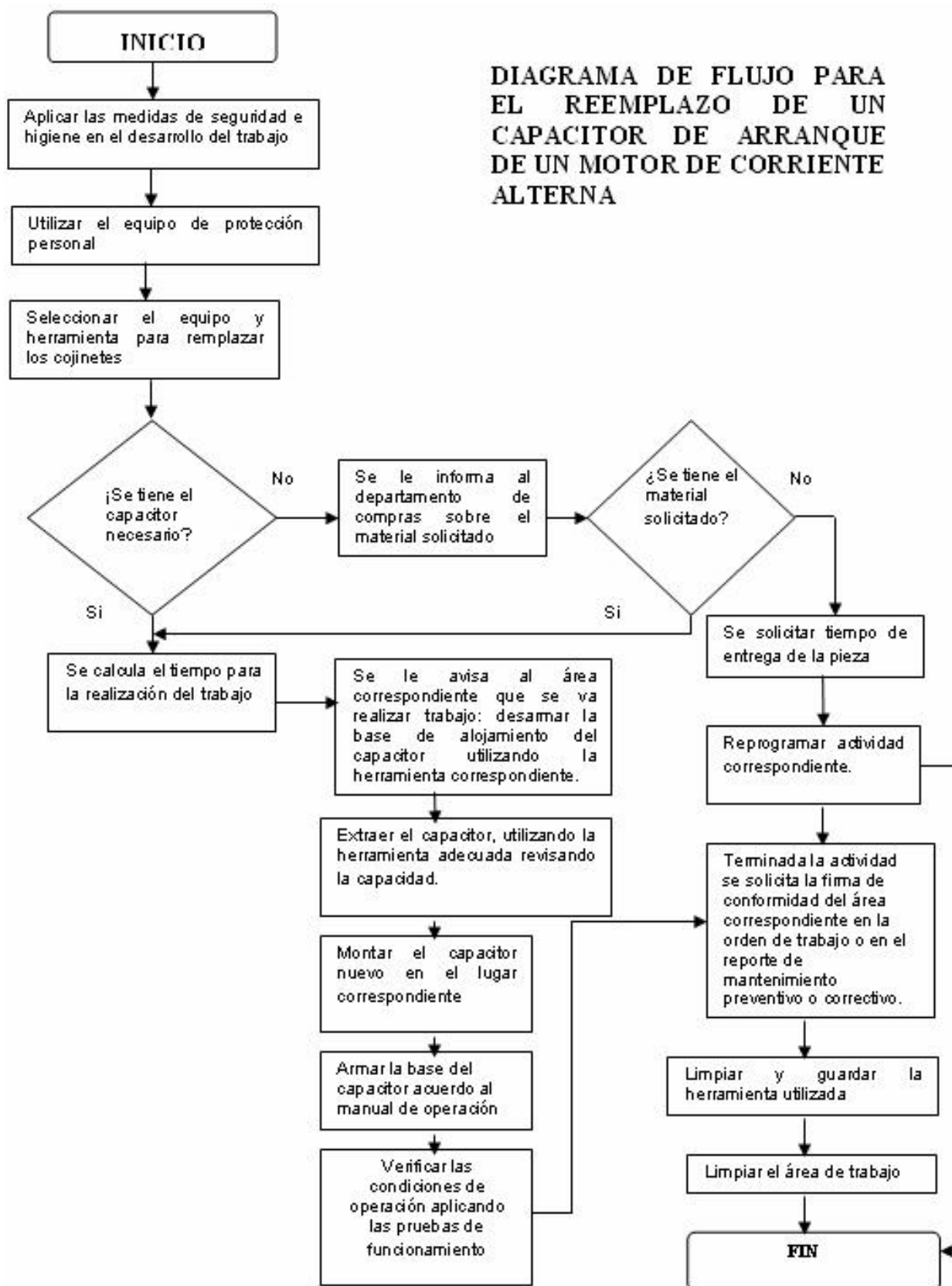
## **4. Duración de la actividad:**

- Ocho horas









## 5.14. RESPONSABILIDAD DEL MANTENIMIENTO

Es obligación primordial de la función de mantenimiento el propugnar por la obtención de los objetivos de la empresa de la cual es parte integrante. Para conseguirlo, las metas de esa función deben figurar dentro del cuadro de los propósitos generales de la compañía. Las referidas metas particulares se enclavan, por lo regular, de una manera modificada, en las diferentes subdivisiones de la función, llegando a ser, en un momento dado, parte integrante de los deberes laborales del trabajador con salario por hora, calificado o no, que realiza la tarea básica. Por consiguiente, todo trabajador que forme parte de la actividad de mantenimiento tiene la responsabilidad de contribuir a la consecución de los fines generales de la empresa.

Los objetivos de la función de mantenimiento son los siguientes:

- a) Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción.
- b) Preservar el valor de las instalaciones, minimizando el uso y el deterioro. Conseguir estas metas en la forma más económica posible y a largo plazo.

También habrá otra clase de finalidades adicionales. Como los objetivos nunca son estáticos, pueden ocurrir cambios en algunos de ellos según las circunstancias.

La autoridad se transmite al director de mantenimiento por un funcionario ejecutivo. Es precisamente esta delegación de autoridad la que hace posible la organización. El director de mantenimiento otorga, a su vez, autoridad a sus subalternos, y así sucesivamente a lo largo de la línea.

Al delegar autoridad un superior a un subalterno se crea una obligación por parte de este último, en el sentido de realizar bien sus labores. Esta obligación o responsabilidad tiene que ver con el esfuerzo decidido del subalterno hacia la consumación de los fines de la organización.

El vocablo "organización" implica un propósito, una finalidad. Sin un propósito no puede haber organización.

Pero cualesquiera que sean sus metas subordinadas, son muy pocas las empresas que pueden operar sin percibir una utilidad. Por tanto, suele decirse que el objetivo primordial es la obtención de una utilidad o beneficio. La utilidad puede computarse con precisión. Por eso, el término "objetivo" se refiere, en este caso, a una serie de datos comprobables. Hablar de "utilidades" no es hablar de algo borroso; prueba de ello son los estados financieros.

También para el departamento de mantenimiento el propósito primario y último es impulsar y cooperar a la generación de utilidades en la empresa. La meta subordinada se encuentra estrechamente vinculada a la producción como medio para el logro de utilidades.

Si el objetivo final es la utilidad, resulta, pues, necesario conservar las instalaciones que contribuyen a la producción en un estado de eficiencia máxima y con un costo mínimo. Esto exige lo siguiente:

- a) Mantenimiento preventivo, como limpiar, engrasar y ajustar, con miras a economizar en la producción. Cuando el equipo está en malas condiciones tienen lugar pérdidas cuantitativas y cualitativas.
- b) El aseo personal, la salud y la seguridad de los trabajadores mejoran el trabajo y el aprovechamiento.
- c) La planeación debe hacerse en conformidad con los objetivos de tiempo establecidos:  
La imprecisión en la estimación del tiempo repercute en los plazos, causa trastornos en los asuntos prioritarios, suscita efectos negativos en los costos y perturba la coordinación y sincronización con otros departamentos.
- d) La planeación deberá basarse en el costo real de la mano de obra de reparación.  
Una diversificación en los costos de mano de obra tendrá efectos en los cálculos y hará que se exceda el presupuesto.

- e) La planeación tendrá que ser de acuerdo con la disponibilidad de materiales actual y los costos:

Toda desviación de los materiales disponibles implica demoras, con el consiguiente desorden de programas y prioridades. La desviación en los costos de materiales afecta las estimaciones y ocasiona aumentos en el presupuesto.

- f) Es necesario establecer controles para determinar si se está cumpliendo o no con los planes y si se está avanzando hacia la realización de los objetivos. Tendrán que hacerse los ajustes necesarios en el desempeño antes de que las imprevisiones perjudiquen producción, mantenimiento y otras metas, y de que llegue a ser imposible evaluar la calidad de la operación de mantenimiento.

De hecho, toda operación en el departamento de mantenimiento tiene que estar sujeta a controles. Si éstos son pasados por alto o no se efectúan como debe ser, tanto el mantenimiento como la empresa sufrirán pérdidas computables en dinero.

## 5.15 LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Resulta indudable que lo que más importa es que los deberes, objetivos, responsabilidades y resultados que se esperan de la función de mantenimiento estén descritos con todo detalle.<sup>19</sup>

También es necesario establecer las especificaciones de puesto en las tareas administrativas, a efecto de que pueda acomodarse la persona adecuado al trabajo y a fin de que ésta sepa bien qué es lo que se espera de ella y las áreas de trabajo en que irá a desenvolverse. Su capacidad tendrá que ser juzgada según la forma en que satisfaga esas especificaciones.

Las distintas actividades y funciones de las unidades de mantenimiento deberán ser delineadas con toda precisión y consignadas por escrito, a fin de que puedan alcanzar sus objetivos.

---

<sup>19</sup> Croft, Carr y Watt. Manual del Montador Electricista, España, Reverté, 1998, páginas 66-72.

Ejemplos de quehaceres básicos de mantenimiento son los siguientes:

1. Seleccionar y adiestrar a personal calificado para que lleve a cabo los distintos deberes y responsabilidades de la función proporcionando reemplazos de trabajadores calificados.
2. Planear y programar en forma conveniente la labor de mantenimiento.
3. Disponer la relevación de máquinas, equipo en general, carros montacargas y tractores del trabajo de producción, para realizar las labores de mantenimiento planeadas.
4. Conservar, reparar y revisar maquinaria y equipo de producción, herramientas eléctricas portátiles y equipo para el manejo de materiales (incluyendo montacargas y tractores), manteniendo todas las unidades respectivas en buen estado de funcionamiento.
5. Conservar y reparar locales, instalaciones, mobiliario, equipos de oficina y de cocina y cafetería.
6. Instalar, redistribuir o retirar maquinaria y equipo, con miras a facilitar la producción.
7. Revisar las especificaciones estipuladas para la compra de nueva maquinaria, equipo y procesos, con objeto de asegurar que estén de acuerdo con las ordenanzas de mantenimiento.
8. Escoger y proveer a la aplicación, en los plazos requeridos, de los lubricantes necesarios para la maquinaria y el equipo.
9. Iniciar y sostener los programas de conservación para la adecuada utilización de aceites y grasas lubricantes, aceites de lubricación para cortes y desgastes, así como aceites hidráulicos.
10. Proporcionar servicio de limpieza en toda la fábrica, en relación a maquinaria, equipo y sistemas de elaboración, tales

como cámaras de pintura por pulverización, tanques de aceite soluble, lavadoras, recolectores de polvo y ductos.

11. Proporcionar servicio de aseo de pisos y sanitarios a toda la fábrica.
12. Juntar, seleccionar y deshacerse de desperdicios, combustibles, metales y material que puede volverse a utilizar.
13. Preparar estadísticas para su incorporación a los procedimientos y normas de mantenimiento, tanto locales como de toda la corporación.
14. Solicitar herramientas, accesorios, piezas especiales de repuesto para máquinas y, en fin, todo el equipo necesario para efectuar con éxito la función de mantenimiento.
15. Preparar solicitudes de piezas de reserva para maquinaria y equipo, revisar las listas de esta clase de artículos según sea necesario, y controlar el programa de conservación de partes de repuesto y material de mantenimiento.
16. Cerciorarse de que los inventarios de piezas de reserva, accesorios de mantenimiento y partes de repuesto especiales sean conservados en un nivel óptimo.
17. Conservar en buen estado los dispositivos de seguridad y cuidar de que se observen las normas de seguridad para calderas, hornos y similares.

Tienen gran importancia los organigramas de la empresa y del departamento de mantenimiento no sólo para apreciar con claridad la organización establecida, sino también para analizarla y mejorar las comunicaciones y vinculación del personal.

Esta clase de gráficas además de fijar el lugar del departamento de mantenimiento en la empresa, especialmente con respecto a los centros de decisión, también son descripciones no orales que determinan las líneas de autoridad. Además capacitan al personal de mantenimiento para formarse una relación clara de su vinculación



individual y de la función misma, con el resto de la organización. Esto quiere decir que los organigramas contribuyen a la comprensión del papel y lugar de cada individuo y función del departamento.

El papel del individuo se hace explícito. Cuando cada uno sabe cuál es su misión y conoce el lugar que ocupa en el departamento, esto funcionará ligado, será una unidad.

La confianza en el mantenimiento es el bien más importante del departamento. Cada una de sus operaciones será indispensable al todo. Cualquier punto débil en alguno de los eslabones de la cadena será suficiente para ocasionar un perjuicio inesperado. La tarea principal del jefe de mantenimiento la constituirá organizar un departamento que suscite seguridad y permita alcanzar los objetivos de la compañía. Todo individuo deberá conocer bien su tarea y el sitio que ocupa. Cuando esto sea así, se integrará como miembro de un equipo que funcionará en términos de solidaridad. Puede, por consiguiente, afirmarse que los fines del departamento de mantenimiento son los mismos de los individuos que lo componen.

#### 5.16. MANTENIMIENTO CORRECTIVO EN TALLERES EXTERNOS.

De acuerdo a políticas establecidas por la empresa, el mantenimiento correctivo de los motores averiados, ya sea por:

- Envejecimiento de sus partes.
- Rebobinado por fallas en el devanado.
- Cambio de piezas especiales, como son ejes, y carcaza.

La empresa que realiza servicios especializados en mantenimiento correctivo a los motores de la Empresa Papel Titán, es la Compañía Servicios de Rimes. CA, por la seriedad y calidad en el servicio, así como también el tiempo de entrega, es la que ha realizado por años este tipo de actividades.

## 5.17. VENTAJAS DE LA COMUNICACIÓN ORGANIZACIONAL

A medida que las organizaciones crecen y se toman más complejas, va siendo cada vez de mayor importancia que las informaciones fluyan con facilidad entre los distintos elementos de la empresa. A esta corriente de información se le llama comunicación. Puede definirse ésta como un procedimiento que comprende transmisión y recepción. La comunicación sólo será tal mientras tenga lugar una recepción. No requiere necesariamente de un acuerdo, pero sí de entendimiento. Todo ser humano transmite y recibe ideas, hechos, sentimientos y experiencias. La comunicación industrial toma la forma de pedidos, órdenes, sugerencias, planes, objetivos, instrucciones, registros, solicitudes, preguntas, informes y cartas. Esta corriente de información no sólo aglutina las diferentes partes del departamento de mantenimiento, sino también vincula a los demás departamentos y a la organización en general. Si el flujo de información no constituye un enlace en el conjunto de finalidades de la organización, sólo podrá calificársele de ruido que obstruye los canales. Sin comunicaciones que tengan un propósito no habrá coordinación de las actividades o funciones que realice la organización para la consecución de sus fines.<sup>20</sup>

La corriente de comunicación se mueve en dos sentidos: vertical y horizontal. Cuando es hacia abajo sirve para dictar órdenes, políticas de la empresa y procedimientos a los subalternos. Se emplea para motivar, hacer que actúen o reaccionen los empleados. Cuando es hacia arriba, asume el carácter de informes, que exponen el adelanto de actividades o actos relacionados con el trabajo de los subalternos, o solicitan una determinada actuación de los superiores.

La comunicación horizontal, también indispensable para el correcto funcionamiento de la organización, tiene que ver principalmente con el traspaso de información entre personal o departamentos de un mismo nivel. Es muy probable que la importante coordinación de las funciones (por ejemplo, entre un supervisor de mantenimiento y uno de producción) no podría conseguirse sin la comunicación horizontal.

---

<sup>20</sup> Daccach José, Comunicación Organizacional y el Manejo de la Incertidumbre, Editorial Trillas, México 2002, páginas 108-123.

A veces se establecen barreras para una comunicación eficaz, las cuales ocasionan fricciones, malos entendimientos y confusión. Cuando surgen estos impedimentos no es posible realizar el trabajo proyectado o crear los sentimientos, y/o reacciones planeados.

Las barreras suelen tener multiplicidad de orígenes, como, por ejemplo, naturaleza de la organización (dispersión geográfica, falta de políticas, organización deficiente, supervisión inepta), dificultades lingüísticas (distinta procedencia geográfica, étnica, educativa o económica), factores psicológicos (diferencias individuales, emocionales, sentimientos o intereses) y así por el estilo. Al reconocimiento de que existe esta clase de barreras debe proceder un análisis de por qué existen y pasar, en consecuencia, a eliminarlas.

Es necesario recordar que la comunicación es un ambiente, una disposición que desafía toda definición. Cuando no existe un medio que le favorezca surgen fricciones, falta de eficacia y fracasos. Desde luego, la comunicación no es un fin: es un mecanismo administrativo cuyo objeto final es dirigir con acierto.

Si no hay comunicación no habrá nada, no sucederán acciones. Aun cuando se hayan trazado planes determinando propósitos, contratado personal y establecido las instalaciones, nada ocurrirá si aquélla no existe. La delegación de autoridad, la aceptación de responsabilidad y una estructura orgánica eficaz son la pólvora en el barril; la comunicación es la fuerza que la hace estallar en acción, en movimiento.

## 5.18. EL PAPEL DEL MANTENIMIENTO EN LA FÁBRICA

Hay algunos aspectos importantes de la organización general que afectan el papel del departamento de mantenimiento. Hablaremos de ellos en el orden siguiente:<sup>21</sup>

1. Clase de fábrica
2. Clase de servicio
3. Clase de equipo
4. Clase de conocimientos

---

<sup>21</sup> Daccach José, Comunicación Organizacional y el Manejo de la Incertidumbre, Editorial Trillas, México 2002, páginas 125-133.

Estos cuatro factores tienen que ser tomados en cuenta en todas las fábricas, independientemente de su tamaño. Tanto las instalaciones fabriles grandes como las pequeñas, son de un "tipo" particular. Éstas requieren conocimientos sumamente especializados, lo mismo que aquéllas. Ambas pueden necesitar servicios muy complejos. Una fábrica grande tal vez emplee equipo convencional, mientras que una pequeña quizá demande equipo de gran especialización.

Los cuatro factores mencionados delimitan y circunscriben el papel del mantenimiento en la organización: determinan lo que el mantenimiento hace y su papel en la organización total.

### 5.19 PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO

Es de suma importancia establecer que son tres las áreas básicas de planeación para el mantenimiento. La primera de ellas abarca la planeación a largo plazo de las necesidades de mantenimiento y se encuentra íntimamente vinculada con los pronósticos de las ventas y la producción, dependiendo también de ellos.<sup>22</sup>

Esta clase de planeación se lleva a cabo, en las empresas importantes, por el personal respectivo, encargado de elaborar un programa de esta índole para la totalidad de la empresa. Los planeadores, trabajando con los ejecutivos de línea de las divisiones de operación, definen y expresan lo que se necesita en el terreno de las decisiones actuales, para poder alcanzar determinadas metas dentro de diez años.

El nivel administrativo de los planeadores suele ser elevado, pues informan directamente al presidente o al vicepresidente. Los planes a largo plazo abarcan la administración total y los que afectan fabricación, influyen en la planeación de ingeniería de fábrica, de la dirección de control de calidad y de la dirección de control de producción, parte de otros departamentos más. Por consiguiente, aun cuando el nivel inicial de la planeación a largo plazo es alto, al efecto de los planes elaborados es experimentado en toda la organización.

---

<sup>22</sup> Rosenberg Roberto. Reparación de Motores Eléctricos, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V. México, D. F. 1994, páginas 235- 243.

En las organizaciones menores es probable que no haya un grupo encargado de preparar esa clase de planes. Tal vez uno o dos individuos sean designados para prepararlos y trabajarán en combinación a los directores de asesoría y de línea.

Los planes a corto plazo, que integran la segunda área, comprenden lapsos de aproximadamente un año y se preparan bajo la supervisión directa de los directores de las diversas funciones. El presupuesto anual de mantenimiento elaborado por el ingeniero de fábrica corresponde a esta categoría.

La tercera área comprende planes inmediatos de la función de mantenimiento y viene a ser una planeación específica de trabajos de mantenimiento. Esta clase de previsión se elabora por técnicos del grupo de control de mantenimiento, o por sobre estantes.

Es significativo que las tres áreas de planeación difieran mucho en cuanto a tipo y lugar de desarrollo; mientras más penetran los planes en el futuro, mayor es el nivel de responsabilidad.

La planeación de largo alcance se hace por el presidente o vicepresidente, y un grupo de asesoría establece las metas, dicta las estrategias y diseña los programas operativos para periodos de cinco, diez o más años. Es interesante observar que las compañías fabricantes de automóviles estudian, a nivel de asesoría, las tendencias y pronósticos de la rama de transportes por 35 años a partir de ahora, con el fin de definir mejor sus planes para satisfacer las demandas futuras.

Los planes a corto plazo son por uno o dos años y los preparan los directores de departamento y los jefes de oficina. Los presupuestos, la mayoría de las reparaciones de importancia y todo mantenimiento grande corresponden a esta categoría. Esta clase de planes debe estar de acuerdo, en principio, con los planes a corto y a largo plazo de la empresa.

La plantación inmediata la hace personal de categoría inferior y puede considerarse casi como de rutina, correspondiendo al día en curso, al de mañana y quizá a la semana próxima.

Las tres áreas mencionadas tienen muy poco en común, salvo que todas figuran bajo la denominación de plantación y son necesarias para la consecución de los objetivos de la empresa.

#### 5.19.1 PLANEACIÓN A LARGO PLAZO

El propósito principal de una planeación de largo alcance es conservar al día los objetivos, políticas y procedimientos de mantenimiento, a efecto de que todos éstos se hallen de acuerdo con los fines de la compañía. Desde luego, para ello se necesita un conocimiento de los pronósticos de ventas y producción y tomar en cuenta todos los factores comprendidos en una planeación a largo plazo de la producción.

Además, una planeación del mantenimiento requiere una proyección de dos factores específicos que son de suma importancia para la organización de dicha actividad; ellos son:

- a) Los cambios en el equipo de mantenimiento y en las necesidades de instalaciones.
- b) Los cambios en el equipo de producción por caducidad, una creciente mecanización, automatización, mayores velocidades de la maquinaria y otros perfeccionamientos tecnológicos. De aquí que la planeación de las necesidades de mantenimiento futuras comprende transformaciones dentro del departamento propio, y proyectar el trabajo que habrá que realizar para respaldar la producción.

#### 5.20. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo puede ser definido como la conservación planeada de fábrica y equipo, producto de inspecciones periódicas que descubren condiciones defectuosas. Su finalidad es reducir al mínimo las interrupciones y una depreciación excesiva, resultantes de negligencias. No debería permitirse que ninguna máquina o instalación regase hasta el punto de ruptura.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Rosenberg Roberto. Reparación de Motores Eléctricos, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V. México, D.F. 1994, páginas 243- 270.

Debidamente dirigido, el mantenimiento preventivo es un instrumento de reducción de costos, que ahorra a la empresa dinero en conservación y operación.

En todo plan de mantenimiento preventivo se pueden introducir cuantos refinamientos se deseen. A un extremo del asunto, cuando se trata de una fábrica pequeña y la producción no es crítica, este tipo de mantenimiento puede constar de una inspección informal del equipo por parte del director de fábrica, de acuerdo con un plan periódico.

Al otro extremo se encuentran algunas fábricas que usan equipo de control automático que desconecta las máquinas después de que se ha producido una determinada cantidad de piezas, a fin de que puedan efectuarse las actividades de mantenimiento necesarias; también hay empresas que utilizan computadoras para escribir las órdenes de trabajo requeridas.

Independientemente del grado de refinamiento a que se quiera llegar, un programa de mantenimiento preventivo bien intencionado debe incluir:

- a) Una inspección periódica de las instalaciones y equipo para descubrir situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
- b) El mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad.

Si se permite que el equipo o instalaciones se deterioren, sea por un falso sentido de economía o por una producción muy presionada, es preciso trazar planes para elevar el nivel del equipo hasta un estándar mínimo de mantenimiento, antes de iniciar un programa de mantenimiento preventivo en regla, ya que es necesario llegar a una cierta condición de estabilidad para introducir técnicas de MP. De otro modo, la fuerza de mantenimiento estará demasiado ocupada reparando averías para que se pueda llevar al cabo una inspección y mantenimiento bajo programa.

Diremos, como regla empírica, que una fábrica que emplee más de 75 por ciento de su tiempo de mantenimiento en arreglar descomposturas, es posible que llegue a tropezar con serias

dificultades para pasar a una situación de mantenimiento preventivo, a menos de que acondicione debidamente su maquinaria para que existan operaciones normales, más bien que anormales.

Una investigación del equipo puede llevar a la eliminación de ciertas piezas o unidades de valor marginal que de ordinario imponen una fuerte carga de trabajo al mantenimiento para conservarlas en estado de operación. Esta clase de maquinaria no podrá ser retenida si su reconstrucción o compostura resulta antieconómica.

Este examen puede revelar la necesidad de aumentar temporalmente la fuerza de trabajo con objeto de mejorar la condición de las máquinas o instalaciones hasta un nivel aceptable, con anterioridad a la instauración de un MP. En este caso, no podrá cargarse el costo al programa de MP, ya que más bien corresponden a un mantenimiento diferido, consecuente a uno impropio en el pasado. El costo por tales reparaciones puede establecerse por separado, a efecto de que la dirección general conozca su monto.

Una vez establecido el programa, el número de trabajadores tendrá que ser inferior al que había cuando se inició, como resultado de reparaciones más económicas y menos paros. Por otra parte, el tiempo perdido en la producción disminuirá, con un apreciable ahorro en los costos.

#### 5.21. ¿PARA QUÉ CONTAR CON UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO?

Una respuesta sencilla sería que si no pudiera demostrarse que la compañía obtendría un sensible ahorro con el mantenimiento preventivo, no habría por qué adoptarlo. Pero si se le concibe, pone en obra y controla como debe ser, no hay por qué pensar que no se conseguirán economías.

Desde luego, el objetivo principal para poner en práctica el MP es bajar los costos, pero esta economía puede asumir distintas formas:

1. Menor tiempo perdido como resultado de menos paros de maquinaria por descomposturas.



2. Mejor conservación y duración de las cosas, por no haber necesidad de reponer equipo antes de tiempo.
3. Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento, como resultado de laborar con un programa preestablecido, en lugar de hacerlo inopinadamente para componer desarreglos.
4. Menos reparaciones en gran escala, pues son prevenidas mediante reparaciones oportunas y de rutina.
5. Menor costo por concepto de composturas. Cuando una parte falla en servicio, suele echar a perder otras partes y con ello aumenta todavía más el costo de reparación. Una atención previa a que se presenten averías reducirá los costos.
6. Menos ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo.
7. Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados, pudiéndose así señalar la necesidad de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
8. Mejores condiciones de seguridad.

Las ventajas del MP son múltiples y variadas, y benefician no sólo a la fábrica pequeña, sino también a los grandes complejos industriales. Así mismo, presenta ventajas para las fábricas que sirven sobre pedido, las de alta producción, las de elaboración o procedimiento, las de productos químicos, en fin, puede decirse que para toda clase y dimensión de instalaciones.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> J. Chapman Stephen . Máquinas eléctricas, Editorial McGraw-Hill. México, D.F. 1993, páginas 208-220.

Al llegar a este punto, creemos conveniente formular una regla para el MP. Es la siguiente: a mayor valor de las instalaciones por metro cuadrado, mayor será el beneficio del MP.

Por ejemplo, el tiempo de paro en la línea principal de montaje en una fábrica de automóviles cuesta 1,000 dólares por minuto. Relacionado esto al lapso perdido en la producción, otro fabricante de automóviles informó que la instauración del MP en sus 16 fábricas arrojó una disminución de 300 a 25 horas por año en el total de tiempo de paro. Ante un resultado como éste creemos que no habrá una sola empresa bien administrada que no quiera adoptar el procedimiento de MP.

#### 5.21.1 PLANEACIÓN PRELIMINAR

Antes de emprender un MP es indispensable trazar un plan general y despertar el interés de quienes participen en el mismo, e inclusive de quienes le sean ajenos.<sup>25</sup>

Con objeto de establecer la base para apreciar los adelantos hay que elaborar, tan pronto como sea posible, un registro del tiempo de paro de la maquinaria causado por deficiencias de mantenimiento. No sólo se identificarán las máquinas, sino que se anotará en forma breve el motivo. Al principio se incluirá el tiempo de paro debido a defectos de diseño. Más tarde se podrá poner remedio al problema. En caso de ser posible, el costo de mantenimiento se acumulará con anterioridad a, o simultáneamente con el principio del programa.

Desde luego, habrá que dedicar gente a la iniciación y operación de un programa de MP. Las necesidades varían de acuerdo con el tipo y tamaño de la fábrica. Es un requisito que el programa deberá adaptarse a las exigencias de la fábrica de que se trate. Tendrá que implantarse poco a poco, paso por paso, más bien que de golpe y porrazo.

Todo programa que reporte buenos resultados requerirá varios meses o años para quedar bien establecido. En la planeación

---

<sup>25</sup> J. Chapman Stephen . Máquinas eléctricas, Editorial McGraw-Hill. México, D.F. 1993, páginas 233-248.

preliminar deberán, tomarse en cuenta los objetivos del programa y un itinerario preciso, a efecto de poder evaluar e informar los beneficios.

## 5.22. INSTAURACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un rasgo esencial del MP es la acumulación de datos históricos de reparación de maquinaria y equipo general, la cual se efectúa en formas de solicitud de mantenimiento mediante perforación de datos estadísticos, o bien en tarjetas de registro histórico donde se asientan manualmente las reparaciones importantes.<sup>26</sup>

Quien dijo: "La rueda que hace más ruido es la que recibe la grasa", no oyó hablar del MP como programa formal; pero su dicho sirve para subrayar que todo programa de MP necesita iniciarse con un conocimiento de los problemas del equipo. Un estudio de las dificultades en el pasado dirá si es preciso o no un mantenimiento correctivo. También indicará la frecuencia con que habrán de efectuarse las inspecciones para reducir al mínimo las composturas. La información de referencia tendrá como fuente de origen cualquiera de las dos siguientes:

- 1) Revisión de las órdenes de trabajo de mantenimiento correspondientes a los dos últimos años, o antes.
- 2) Un análisis de los antecedentes del equipo, si es que existen.

## 5.23. REGISTROS DE REPARACIONES DE MAQUINARÍA Y EQUIPO

De las dos fuentes citadas, la que se lleva más quehacer es la revisión de las órdenes de trabajo. Sólo se recurrirá a ella cuando la fábrica no cuente con datos sobre las reparaciones realizadas. Dichas órdenes se clasificarán por número o descripción del equipo, y por tipos de composturas, abarcando los dos últimos años o mayor anterioridad.

---

<sup>26</sup> T. Sivergth Studt Jhon, Servicio de Mantenimiento Preventivo: Control Periódico en las Empresas, Registro y análisis de fallas, Editorial Porrúa, México 1999 (Traducción al español), .páginas 55-92.

La información obtenida se asentará en una hoja de registro, por número y marca de máquina, incluyendo fecha y tipo de la reparación, así como una lista de las partes de repuesto usadas. Un examen de este registro señalará las situaciones que están exigiendo excesivas intervenciones de reparación.

Por ejemplo, en determinada fábrica ésta clase de análisis podrá revelar que una máquina está requiriendo la instalación de chumaceras cada diez semanas. Una investigación al respecto demuestra que hay una flecha fuera de alineación. Tan pronto como se corrige el defecto, desaparece la necesidad de la frecuente reposición de chumaceras. A esta clase de análisis y reparación se le conoce como mantenimiento correctivo, y se tratará con mayor amplitud posteriormente. Un estudio minucioso de la hoja de registro descubrirá situaciones de reiteración de intervenciones de mantenimiento.

Si, por ejemplo, el motor de una máquina ha tenido que remplazarse cada catorce meses por deficiencia del mismo, deberá establecerse cuál es la causa (sobrecarga, suciedad o humedad excesivas) y procederse a hacer inspecciones anuales para asegurar que no se repita el problema. Aseo, carga, presencia de humedad, temperatura y lubricación, deberán ser revisadas a efecto de aplicar un remedio eficaz.

La otra posibilidad es recurrir, en lugar de la hoja de registro mencionada, a un examen de los registros de maquinaria, si es que se tienen. En el caso de que no les haya, deberán llevarse a medida que avance el programa de MP. Es de gran importancia que toda reparación y ajuste que revista alguna seriedad queden apuntados, a fin de que sea factible hacer una comparación y estudio detallados. Sólo sabiendo lo que ha tenido lugar en el pasado se pueden efectuar estudios para el mejoramiento de las funciones y disminuir los costos de mantenimiento en el futuro. Las tarjetas de registro de equipo suelen ser de 12.5 X 20cm. y se archivan en un tarjetero de borde visible. El programa de inspecciones puede incorporarse fácilmente a esta clase de archivo. En dichas tarjetas se anotan dos clases de datos:

1) Los de tipo permanente, físico, que se relacionan con la maquinaria y su instalación.

2) Los de reparaciones y ajustes de importancia.

Resulta ventajoso recopilar los datos físicos en una tarjeta y los de arreglos en otra, porque esto permite la reposición y archivo de la tarjeta con datos de reparación, cuando ha quedado enteramente ocupada por las anotaciones. La tarjeta de datos físicos estará en el archivo mientras dure la maquinaria a que se refiere. En el caso de que esta última fuera trasladada a otro lugar, se hará el asiento respectivo. Si se dispone de equipo para el procesamiento de datos se pueden recopilar los costos de arreglo, el tiempo de paro y otros datos, y las tarjetas terminadas pueden utilizarse como registros de reparaciones y ajustes. En este caso habrá que preparar una clave en cifras para identificar los distintos tipos de composturas y ajustes. Un archivo permanente de los datos físicos concernientes a cada pieza de maquinaria es muy conveniente. A continuación se presenta el historial del equipo de la Empresa Papel Titán.

#### 5.24. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO.

Se realizó un levantamiento de especificaciones técnicas del equipo que se encuentra instalado en las diferentes áreas de la empresa Papel Titán, en las tablas siguientes se especifican los datos de los equipos, y lugar de instalación.

HISTORIAL DEL EQUIPO		
Fecha de instalación: : 05/06/2005		Número de serie: SK544585401
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Evaporadores:
DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:		
	Fecha	Actividad
Mantenimiento predictivo	09/08/2006	Limpieza General del motor
	08/10/2006	Conexiones de alimentación sin aislar
	10/12/2006	Falta de conexión a tierra.
	02/02/2007	No existe arrancador de protección.
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo		

HISTORIAL DEL EQUIPO		
Fecha de instalación: 04/12/2001		Número de serie: SK544585440
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Evaporadores:
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:		
	Fecha	Actividad
Mantenimiento predicativo	16/12/2006	Instalación del motor en el área de trabajo
Mantenimiento preventivo	17/12/2005	Calentamiento excesivo debido a sobrecargas
Mantenimiento Correctivo	18/11/2006	Rebobinado del arrollamiento de trabajo (taller externo)

<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: 07/07/2006		Número de serie: SK544585439
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Tratamiento de aguas:
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo	04/02/07	Inversión de polaridad en el arrollamiento de trabajo.
Mantenimiento preventivo	06/02/07	Desconexión de terminales, permutan e instalación
Mantenimiento Correctivo		

<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: 03/03/2007		Número de serie: SK544585410
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Tratamiento de aguas
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo		
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo		

<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: 02/05/2004		Número de serie: SK544585411
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Área de Molinos
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo		
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo	04/05/2006	Rebobinado del arrollamiento de trabajo

<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: 01/01/2005		Número de serie: SK544585400
Tipo de equipo: Motor con doble condensador		Área de localización: Área de Molinos
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo	06/07/2006	Sobrecarga
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo	04/06/2006	Cambio de cojinetes
	08/08/2006	Cambio del capacitor



<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: 02/02/2007		Número de serie: SK544585408
Tipo de equipo: Motor con doble condensador		Área de localización: Área de Proceso
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo	03/03/2007	Instalación de conexión a tierra
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo		

<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: 04/02/2006		Número de serie: : SK544585438
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Área de Proceso
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo	05/03/2006	Instalación de conexión a tierra
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo		

<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: : 04/02/2005		Número de serie: SK544585428
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Taller de Manufactura
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo		
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo		

<b>HISTORIAL DEL EQUIPO</b>		
Fecha de instalación: 05/06/2005		Número de serie: SK544585418
Tipo de equipo : Motor con condensador		Área de localización: Taller mecánico
<b>DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS EFECTUADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predictivo	26/06/2005	Instalación de conexión a tierra
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo	15/11/2006	Arrollamiento con contacto a tierra
	15/11/2006	Cambio de cojinetes

ESPECÍFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224027		Taller Mecánico: ( x )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 05/06/2005		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( X )	
Fabricante: IEM		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585418		Área de Molinos: ( )		Reparado: (....)	
Corriente a plena carga: 2.91 A		Tratamiento de aguas: ( )			
Peso: 12.6 Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 3/4 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H28.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	60	960	5.5	15	0.76
220 Y	60	960	5.5	15	0.76
440-480 A	60	1155	6.4	15	0.81

ESPECÍFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224007		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 04/02/2005		Taller de Manufactura ( x )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( X )	
Fabricante: ABB MOTORS		Área de Proceso: ( x )			
Serie: SK544585428		Área de Molinos: ( )		Reparado: (....)	
Corriente a plena carga: 251 A		Tratamiento de aguas: ( )			
Peso: 54 Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 100 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: LB 400 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 5 Elemento térmico normal 3 fases H32.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	50	960	74.6	15	0.76
220 Y	50	960	74.6	15	0.76
440-480 A	60	1155	74.6	15	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224017		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 04/02/2006		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( )	
Fabricante: General Electric		Área de Proceso: ( x )			
Serie: SK544585438		Área de Molinos: ( )		Reparado: (X)	
Corriente a plena carga: 135 A		Tratamiento de aguas: ( )			
Peso: 38 Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 50 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: LB 200 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 4 Elemento térmico normal 3 fases H92.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	60	1725	37.3	200	0.76
220 Y	60	1425	37.3	200	0.76
440-480 A	60	1425	37.3	200	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224025		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 02/02/2007		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 20		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( )	
Fabricante: IEM		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585408		Área de Molinos: ( x )		Reparado: (X)	
Corriente a plena carga: 251 A		Tratamiento de aguas: ( )			
Peso: 76 Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 100 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H28.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	60	1125	74.6	400	0.76
220 Y	60	1125	74.6	400	0.76
440-480 A	60	1155	74.6	400	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224000		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 01/01/2005		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( X )	
Fabricante: SIEMENS		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585400		Área de Molinos: ( x )		Reparado: (....)	
Corriente a plena carga: 2091		Tratamiento de aguas: ( )			
Peso: 16.5 Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 3/4 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H28.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	60	1720	5.59	15	0.76
220 Y	60	1720	5.59	15	0.76
440-480 A	60	1155	6.4	12.1	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224021		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 02/05/2004		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( X )	
Fabricante: SIEMENS		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585411		Área de Molinos: ( x )		Reparado: (....)	
Corriente a plena carga: 2.91		Tratamiento de aguas: ( )			
Peso: 16.5 Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 3/4 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H28.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	60	720	5.5	12.3	0.76
220 Y	60	720	5.5	7.1	0.76
440-480 A	60	1155	6.4	12.1	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224010		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 04/04/2000		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( X )	
Fabricante: SIMENS		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585410		Área de Molinos: ( )		Reparado: (....)	
Corriente a plena carga:		Tratamiento de aguas: (x )			
Peso: 18Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 3/4 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H28.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
380-420 A	60	960	5.5	12.3	0.76
660-690 Y	60	960	5.5	7.1	0.76
440-480 A	60	1155	6.4	12.1	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P56122406		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 07/07/06		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( )	
Fabricante: IEM		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585439		Área de Molinos: ( )		Reparado: (X)	
Corriente a plena carga: 3.14 A		Tratamiento de aguas: (x )			
Peso: 12 Kg.		Área de Evaporadores: ( )			
Potencia: 1HP					
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H31.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	60	1125	.746	14	0.76
220 Y	60	1125	.746	14	0.76
440-480 A	60	1155	.746	14	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224027		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación:04/12/2001		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( X )	
Fabricante: ABB MOTORS		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585440		Área de Molinos: ( )		Reparado: (....)	
Peso: 54 Kg.		Tratamiento de aguas: ( )			
Potencia: 3/4 HP		Área de Evaporadores: ( x )			
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H28.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
380-420 A	50	960	5.5	12.3	0.76
660-690 Y	50	960	5.5	7.1	0.76
440-480 A	60	1155	6.4	12.1	0.81

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MAQUINARIA O EQUIPO					
DATOS DEL EQUIPO		LUGAR DE INSTALACIÓN		EQUIPO:	
Equipo No. P561224337		Taller Mecánico: ( )		Nuevo: ( )	
Fecha de instalación: 05/06/2005		Taller de Manufactura ( )			
Vida útil en años: 15		Taller Eléctrico: ( )		Usado: ( )	
Fabricante: IEM		Área de Proceso: ( )			
Serie: SK544585401		Área de Molinos: ( )		Reparado: (X)	
Corriente a plena carga: 3.7 A		Tratamiento de aguas: ( )			
Peso: 12.6 Kg.		Área de Evaporadores: ( x )			
Potencia: 1 HP					
Interruptor termomagnético: Marco: FA 15 Amperes					
Arrancador magnético: Tamaño Nema 0 Elemento térmico normal 3 fases H31.					
VOLTS	Hz	RPM	KW.	AMP	Cos
220 A	60	1125	0.746	3.74	0.76
220 Y	60	1125	0.746	3.74	0.76
440-480 A	60	1155	0.746	3.74	0.81

## 5.24. SOLICITUDES DE MANTENIMIENTO Y ORDENES DE TRABAJO

Para que un programa de MP pueda funcionar con eficacia necesita prepararse una solicitud de mantenimiento o una orden de trabajo que abarquen toda la tarea. Una forma típica, llenada a mano, (solicitud de mantenimiento). Con base en una orden así, todas las composturas de alguna importancia se anotan en el registro de reparación de maquinaria y equipo, según la figura. Sin una solicitud u orden de trabajo, no habría forma de conservar registros históricos. Por lo tanto, se evitarán las órdenes verbales. Si por alguna situación de urgencia hubiera que darlas así, se confirmarán por escrito posteriormente.

El mayor volumen de trabajo será solicitado mediante la función de control como resultado de inspecciones periódicas.

También se puede iniciar la prestación de servicios en varias otras formas, como son:

La supervisión de producción solicita un servicio de reparación como resultado de interrupciones en la producción u otros problemas de funcionamiento.

La función de control de mantenimiento emite una orden de reparación para amparar trabajo solicitado en una compostura o arreglo importante programado.

Los trabajadores de mantenimiento piden que se lleven a cabo determinadas tareas de reparación como consecuencia de observaciones hechas por ellos durante trabajos de lubricación o cuando realizan otras labores de mantenimiento.

El departamento de seguridad puede solicitar que se efectúen determinados arreglos para lograr condiciones de trabajo seguras.

El departamento de control de calidad pide que se lleve al cabo determinados ajustes para reducir el desperdicio o mejorar la calidad del producto.



Siempre las solicitudes de mantenimiento serán expedidas por la función de control de mantenimiento o por los supervisores de producción o mantenimiento.

SOLICITUD DE ORDEN DE TRABAJO		
No de Orden:	Turno: Matutino ( ) Vespertino ( ) Nocturno ( )	
Fecha de solicitud:	Número de serie:	
Equipo:	Localización:	
Área que solicita la reparación:		
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:		
Mantenimiento preventivo:	Mantenimiento predicativo	Mantenimiento Correctivo:
Fecha y hora autorizada:		
Vo. Bo.	Vo. Bo	Vo. Bo
Producción	Control de Producción	Mantenimiento

CONTROL DIARIO DE REQUISICIONES DE TRABAJO						
Fecha:		Área:		Supervisión:		Turno:
Número de Requisición	Descripción de Trabajo	Serie	Área de instalación	Área que realizará la reparación	Tiempo Programado	Observaciones
<b>No de orden de trabajo:</b>						
Costo de la reparación:						
OBSERVACIONES GENERALES						

1. Llenado Formato Orden de Trabajo (El motor no se pone en marcha).

FORMATO ORDEN DE TRABAJO:		
1. No. Económico:	2. Serie:	3. Área de instalación:
4. Fecha de recepción:		5. Taller: Eléctrico: ( ) Mecánico: ( )
6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO ( )		7. MANTENIMIENTO CORRECTIVO ( )
Motor de fase parida ( ) Motor con condensador de arranque ( )		
Averías		Corrección de la falla:
1. Interrupción en el arrollamiento de trabajo.( ) 2. Interrupción en el circuito de arranque. ( ) 3. Arrollamiento con contactos a masa. ( ) 4. Un arrollamiento quemada o con cortocircuito entre espiras. ( ) 5. Dispositivo de protección térmica con los contactos abiertos. ( ) 6. Una sobre carga excesiva. ( ) 7. Cojinetes desgastados o agarrotados. 8. Escudos montados en forma incorrecta. ( ) 9. Eje del rotor curvado. ( )		1. Verificar el arrollamiento con la lámpara de prueba: si esta no se enciende, existe una interrupción. ( ) 2. a. Conectar el motor a la red si emite un zumbido característico el circuito esta interrumpido. b. se hace girar el rotor con la mano, en ese instante se cierra el interruptor de alimentación de la red, si el motor se pone en marcha el circuito se halla interrumpido. ( ) 3. El fusible está fundido. La reparación del arrollamiento consiste en la renovación del aislamiento. ( ) 4. El fusible está fundido. Substituirlo por otro nuevo. ( ) 5. Esta se da por sobre carga o por circulación de corriente excesiva a través del arrollamiento principal. ( ) 6. Intensidad de corriente superior a la que indica la placa de características. ( ) 7. Mover con la mano el extremo libre del eje hacia arriba y hacia abajo, si el eje se mueve, es señal que el cojinete o el propio eje esta desgastado.( ) 8. Cuando el sonido es limpio el escudo esta bien ajustado al estator en todos sus puntos. Si suena a hueco, aflojar todas las tuercas de los tornillos de sujeción y volver apretar sucesivamente. ( ) 9. Enderezar la parte curvada con el auxilio con un tubo largo. ( )
<b>Reporto Operador:</b>		<b>Recibió Jefe de mantenimiento:</b>

2. Llenado Formato Orden de Trabajo (El motor gira a una velocidad inferior a la normal).

FORMATO ORDEN DE TRABAJO:		
1. No. Económico:	2. Serie:	3. Área de instalación:
4. Fecha de recepción:	5. Taller: Eléctrico: ( ) Mecánico: ( )	
6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO ( )		7. MANTENIMIENTO CORRECTIVO ( )
Motor de fase parida ( ) Motor con condensador de arranque ( )		
Averías		Corrección de la falla:
1. Un corto circuito en el arrollamiento de trabajo. ( ) 2. Permanecía en el servicio del arrollamiento de arranque. ( ) 3. Inversión de polaridad en el arrollamiento de trabajo. ( ) 4. Conexiones estatóricas erróneas. ( ) 5. Cojinetes desgastados. ( ) 6. Barras retóricas desprendidas de los anillos. ( )		1. Zumbido o ronquido característico. El polo se calienta con excesos puede humear. Se emplea una bobina de prueba. O simplemente palpar con la mano para identificar la bobina más caliente, identificando la bobina defectuosa y localizando el cortocircuito, se aísla la espira convenientemente. ( ) 2. Se desconecta una terminal del arrollamiento de arranque y se pone el rotor en movimiento, mientras el rotor gira, conéctese a la red de alimentación. si este funciona a la velocidad del régimen normal, la causa es el interruptor centrífugo no desconecta el arrollamiento de trabajo. ( ) 3. El motor gira lentamente acompañada de un zumbido característico, desmontar el motor y verificar la polaridad de cada polo con el auxilio de una brújula, identificando la polaridad invertida, se desconectan sus terminales, se permutan entre sí y se vuelven a conectar. ( ) 4. Originan sobrecalentamiento en ellas, con el peligro que lleguen a humear e incluso a quemarse. Desmontar el motor, y volver a conectar correctamente los polos. ( ) 5. La marcha es ruidosa y con dificultad. Verificar si están defectuosos y cambiarlos. ( ) 6. Zumbido y poca potencia. Desmontar el motor Localizada la barra desprendida, volver a soldar o a remachar en los anillos de cortocircuito. ( )
<b>Reporto Operador:</b>		<b>Recibió Jefe mantenimiento:</b>

3. Llenado Formato Orden de Trabajo (El motor funciona pero se calienta en exceso).

FORMATO ORDEN DE TRABAJO:		
1. No. Económico:	2. Serie:	3. Área de instalación:
4. Fecha de recepción:		5. Taller: Eléctrico: ( ) Mecánico: ( )
6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO ( )		7. MANTENIMIENTO CORRECTIVO ( )
Motor de fase parida ( ) Motor con condensador de arranque ( )		
Averías		Corrección de la falla:
1. Un arrollamiento con espiras en corto circuito. ( ) 2. Un arrollamiento con contacto a masa. ( ) 3. Un cortocircuito entre los arrollamientos de trabajo y de arranque. ( ) 4. Cojinetes desgastados. ( ) 5. Una sobre carga. ( )		1. Zumbido o ronquido característico. El polo se calienta con excesos puede humear. Se emplea una bobina de prueba. O simplemente palpar con la mano para identificar la bobina más caliente, identificando la bobina defectuosa y localizando el cortocircuito, se aísla la espira convenientemente.( ) 2. Consecuencias con un sobrecalentamiento muy elevado del motor, se localizan siguiendo. Se detecta con la lámpara de prueba. La reparación se efectúa rebobinando el arrollamiento entero o reemplazando la bobina defectuosa. ( ) 3. Un cortocircuito en ambos arrollamientos causará quemando dicho arrollamiento, se desconectan las terminales de los arrollamientos de sus respectivos bornes, y se conecta una terminal de la lámpara de prueba al arrollamiento de trabajo y otra al arrollamiento del arranque. Si la luz de la lámpara oscila bruscamente o se paga, se ha movido justamente el punto de corto circuito. ( ) 4. La marcha es ruidosa y con dificultad. Verificar si están defectuosos y cambiarlos. ( ) 5. Intensidad de corriente superior a la que indica la placa de características. ( )
<b>Reporto Operador:</b>		<b>Recibió Jefe de mantenimiento:</b>

4. Llenado Formato Orden de Trabajo (El motor funciona ruidosamente).

FORMATO ORDEN DE TRABAJO:		
1. No. Económico:	2. Serie:	3. Área de instalación:
4. Fecha de recepción:		5. Taller: Eléctrico: ( ) Mecánico: ( )
6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO ( )		7. MANTENIMIENTO CORRECTIVO ( )
Motor de fase parida ( ) Motor con condensador de arranque ( )		
Averías		Corrección de la falla:
1. Cojinetes desgastados. ( ) 2. Interruptor centrifugo deteriorado. ( ) 3. Juego axial excesivo. ( ) 4. Presencia de cuerpos extraños en el motor. ( )		1. La marcha es ruidosa y con dificultad. Verificar si están defectuosos y cambiarlos. ( ) 2. Acompañado de ruido cuando el motor esta en marcha. Desmontar el rotor del estator y examinar detenidamente el interruptor centrifugo, en caso de estar defectuoso cambiar la pieza. ( ) 3. Cundo el juego axial del rotor excede de 0.4 mm, la marcha es ruidosa. Este se remedia disponiendo arandelas de fibra en puntos apropiados del eje retórico. ( ) 4. Ocurre a veces que un cuerpo extraño, queda incrustado en una ranura o en un arrollamiento, y al sobresalir frota contra el rotor en marcha y produce ruido, desmontar y detectar el objeto extraño y retirarlo sin dañar el aislamiento. ( )
<b>Reporto Operador:</b>		<b>Recibió Jefe de mantenimiento:</b>

## 5.26 EXAMEN DE MAQUINARÍA Y EQUIPO

Toda unidad de maquinaria o equipo dentro de un área determinada deberá ser revisada para precisar el trabajo que haya de realizarse para un preacondicionamiento, así como sus necesidades de lubricación sobre una base diaria, semanal, mensual y trimestral. Incluyendo un cálculo de la frecuencia con que habrán de realizarse reparaciones totales. En la forma de examen o inspección de MP se agruparán los datos correspondientes a esa función.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> T. Sivergth Studt Jhon, Servicio de Mantenimiento Preventivo: Control Periódico en las Empresas, Registro y análisis de fallas, Editorial Porrúa, México 1999 (Traducción al español), .páginas 102-112.

Sería muy apropiado contar con un rol ya preparado con las frecuencias de inspección para toda la maquinaria, pero no es posible elaborarlo porque el mismo tipo de máquina puede necesitar una etapa distinta de revisión, según el lugar o fábrica en que se halle instalada y de las circunstancias de uso.

Un buen paso hacia la obtención de una lista de periodicidad de inspección básica es mantener comunicación con los fabricantes de la maquinaria de que se trate. La mayoría de ellos se muestra dispuesta a brindar la ayuda que se le solicita; pero la información que proporcione deberá usarse cómo referencia complementaria de otros datos.

Las siguientes organizaciones pueden suministrar informes respecto a los intervalos con que habrán de hacerse las inspecciones.

Sí se busca la mayor cantidad de información, se leen con cuidado las instrucciones de los fabricantes, se examinan los registros del equipo y se toma en cuenta su empleo, será factible fijar la periodicidad de las inspecciones. Cuando el equipo es viejo o se le somete a un trabajo intenso, cuando existen determinadas exigencias de seguridad, y contaminantes atmosféricos es probable que tenga que aumentar la frecuencia de las inspecciones. Si las circunstancias no son tan apremiantes, aquéllas serán más espaciadas.

En el caso de que no se estén empleando tarjetas de reparación, los datos necesarios para integrarlas deberán recopilarse al hacerse la revisión.

El trabajo para establecer un MP, consistente en efectuar revisiones en busca de necesidades de mantenimiento (preacondicionamiento, así como mantenimiento programado), preparar hojas de comprobación para las inspecciones, deberá hacerse de una manera progresiva en varias áreas reducidas, que en conjunto abarcarán la instalación total.

Cada una de dichas áreas tendrá los límites indispensables para que el trabajo necesario para instaurar el programa quede terminado antes de atender una nueva zona. Sí se avanza de esta manera, el

establecimiento del MP no se verá perjudicado por haber hecho las cosas a medias en varias jurisdicciones a la vez.

Con anterioridad a la investigación de un área habrá de establecerse la pauta de examen según la cual técnicos e inspectores laborarán gradualmente en las distintas áreas, sin tener que volver sobre sus pasos. Conviene elaborar una gráfica que sirva para identificar cada zona y la ruta que se va a seguir.

Son dos los sistemas que se practican al hacer las revisiones periódicas: la inspección general y la especializada.

Las inspecciones generales son efectuadas por las fábricas chicas, porque la administración es más sencilla.

La inspección de toda la maquinaria existente o de una parte, se lleva al cabo en una sola vez. El equipo base, más los motores, engranes, accionamientos, controles y sistemas hidráulicos, se revisan al mismo tiempo, de acuerdo con una lista comprobatoria elaborada con anticipación. Por lo común, esto lo realizará un inspector, aunque éste puede llamar en su auxilio a uno o más expertos que le ayuden en determinados aspectos del trabajo.

Del mismo modo que la resistencia de una cadena se determina por su eslabón más débil, el ciclo de inspección de una máquina se determinará por la porción que falle más. Por ejemplo, si éste es el caso de la hidráulica de una máquina y la duración de aquélla sin que se presenten dificultades, es de ocho meses, toda la máquina tendrá que revisarse cada seis o siete meses, para reducir al mínimo el tiempo de paro, siempre que no pueda prolongarse el funcionamiento de la bomba.

El método de inspección general puede dar lugar a que se sobre vigilen algunas partes de la maquinaria, con la consiguiente pérdida de tiempo y esfuerzo. No obstante, pueden agregarse columnas con encabezados S, SM, M, T, SA y A, que significan semanal, semimensual, en el lado izquierdo de la hoja de comprobación para la inspección, y se harán las revisiones de acuerdo con anotaciones en aquéllas. Con sólo marcar con una X la periodicidad necesaria frente a la unidad que se va a revisar, podrá evitarse una buena dosis de

trabajo inútil. Este método combina las hojas de comprobación para todas las periodicidades en una sola hoja de verificación.

La inspección especializada contiene un grado más alto de refinamiento que la general. Se emplea en las fábricas grandes y ahorra inspecciones. Las partes de la maquinaria que duran más no necesitan ser examinadas con la misma frecuencia que las que fallan más seguido.

Cuando son bastantes las máquinas atendidas por el MP, se pueden lograr considerables economías en tiempo dedicado a revisiones, si las periodicidades utilizadas procuran beneficiarse del lapso de funcionamiento libre de problemas de cada una de las partes del equipo. Por ejemplo, un equipo de control puede requerir de una inspección cada dos meses, en tanto que los motores eléctricos de una unidad de equipo pueden sólo necesitar una revisión anual.

La fijación de las frecuencias de verificación es asunto de experiencia. La tendencia en las primeras fases de un programa de MP es inspeccionar exageradamente, lo cual aumenta los costos más de lo necesario. Sin embargo, en el caso de que dichas frecuencias no fuesen lo bastante reiteradas, las interrupciones por descomposturas, con el consiguiente gasto por paralización, podrían ser más costosas que lo ahorrado en inspecciones.

Es posible que un pequeño período de paro en la producción pueda ser el justo nivel desde el punto de vista económico, si se compara el costo de mantenimiento con el de paro. La ausencia total de paros o una poco realista escasez de ellos, es indicio de que hay un exceso de mantenimiento y que el precio de éste es desmesurado y antieconómico.

Demasiado mantenimiento puede resultar tan costoso como poco. Tomando en cuenta los costos afectados por las funciones de mantenimiento, se puede establecer un nivel de éste que proporcione un máximo beneficio monetario.

Es conveniente principiar con periodicidades de inspección un tanto exageradas, vigilando los paros de producción por averías de las máquinas. Sí la proporción de tiempo de paro fuese adecuada, se



disminuirá la frecuencia de la inspección sobre la base de máquina por máquina hasta llegar a un punto óptimo.

La frecuencia de las inspecciones deberá ser revisada de cuando en cuando, ya que podrán reducirse, a veces, ampliando la periodicidad cuando el intervalo de paro es mínimo.

Cabe aclarar que los paros nunca podrán eliminarse por completo, porque si éste fuese el caso, el costo de un MP excesivo neutralizaría sus beneficios.

## 5.27. LA HOJA DE COMPROBACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Uno de los medios principales de que se vale el MP es la hoja de comprobación o cotejo. Si el sistema establecido es el de inspección general, aquélla contendrá todas las características de mayor importancia de la maquinaria que requieren revisión, por ejemplo, motores, controles, cajas de velocidades, bombas e impulsores, especificando qué es lo que se inspeccionará y buscará.

Si se recurre a la inspección especializada, la hoja o lista de cotejo debe ser más detallada, haciéndose mención en ella de los elementos básicos o subgrupos eléctricos, hidráulicos y mecánicos. En esta se enumerarán las partes principales de cada sistema y habrá espacio para registrar las situaciones examinadas y el tiempo probable que se empleará en su corrección, según el inspector que efectúe el examen. Un juego completo de listas será empleado por el inspector cada vez que se lleve al cabo una revisión.

Cuando hayan quedado llenas dichas formas, se entregan a la sección de control de mantenimiento, donde se expedirán las órdenes de taller para que se efectúen las reparaciones recomendadas. En la lista de cotejo se anotarán el número de la orden de taller y el plazo asignado.

La inspección formal patrocinada por la lista de cotejo de MP tiene las siguientes ventajas sobre una simple inspección informal realizada de una manera que pudiera llamarse desordenada. Constituye un recordatorio para el inspector, impidiendo que se pasen por alto detalles de importancia. Sirve de registro para efectuar análisis

periódicos. Asegura que al llevarse a cabo la inspección por distintas personas, será siempre uniforme y completa.

En ella hay espacio suficiente para observaciones relativas a un determinado punto de inspección, para que se ponga atención a cualquier avance del deterioro.

Es un documento que proporciona a control de mantenimiento o al sobrestante la base para hacer un análisis que determine el tipo de acción a emprender.

#### 5.28. CLASE DE EQUIPO AL QUE DEBE DE APLICÁRSELE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Aplicar el mantenimiento preventivo a toda clase de equipo sin discriminación, no es provechoso desde el punto de vista económico, porque hay máquinas que no justifican el gasto, aunque cabe aclarar que el porcentaje de equipo en estas condiciones no es muy grande. Para decidir a qué cosas conviene el mantenimiento preventivo hay que tener presentes los siguientes aspectos:<sup>28</sup>

1. Sí hay probabilidad de que una falla pueda lesionar o hacer que alguien pierda la vida.
2. Sí se cuenta con equipo sustituto en caso de descompostura.
3. Sí una descompostura perjudicará gravemente los programas de producción.
4. Sí el costo de efectuar una inspección de MP resulta más oneroso que el de una reparación hasta que ocurra la avería.
5. Sí es muy improbable que ocurra una suspensión y/o grave daño con o sin control de MP.
6. Sí será anticuada la unidad de equipo antes de que llegue al punto de deterioro que determine un paro.

---

<sup>28</sup> T. Sivergth Studt Jhon, Servicio de Mantenimiento Preventivo: Control Periódico en las Empresas, Registro y análisis de fallas, Editorial Porrúa, México 1999 (Traducción al español), .páginas 112,113, 114 y 116.

Conviene asegurarse que estará bajo control de MP toda clase de maquinaria que requiera ajustes o acondicionamientos; por ejemplo, las calderas, que tienen que ser revisadas en verano u otoño para que se encuentren en buenas condiciones en el invierno; las segadoras de césped, que necesitan inspección a fines de invierno o principios de la primavera para que estén listas oportunamente, y el sistema de acondicionamiento de aire y equipo similar, que precisa una comprobación antes de que llegue la temporada en que se utilizarán. Otros aspectos tales como techos, calafateados y vitrificados, tendrán que ser examinados con regularidad.

## 5.29 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó un breve diagnóstico de la situación actual de las prácticas de mantenimiento de la empresa Papel Titán, muestra el grado de madurez de la Institución respecto a su participación en el mantenimiento preventivo, proporcionado al equipo y la herramienta necesaria para que el trabajador encargado del mantenimiento tenga todo lo necesario para que sus funciones se desarrollen de la mejor manera posible, así como el personal de mandos medios y altos se involucren en las principales políticas y filosofías expuestas. Cabe señalar, que este diagrama no fue formulado a raíz de ningún análisis riguroso, sino que representa la opinión de los gerentes y personal involucrado en el mantenimiento de la empresa.

## 5.30. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Estos están basados en las políticas, estrategias y tácticas. Establecen actividades, prioridades, recursos, secuencias de ejecución, objetivos y metas, así como sus indicadores para regular la marcha global de mantenimiento. Conocidos y compartidos por todos. Se propone el siguiente programa de mantenimiento preventivo para cada uno de los motores que se encuentran instalados en la empresa, con el objeto que se mantengan siempre en condiciones de trabajo.

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		
Número de serie: SK544585418		Área de localización: Taller Mecánico
Tipo de equipo: Motor con condensador		Taller que realizará el trabajo: Interno: ( x ) Externo: ( )
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predicativo	07/07/2007	Limpieza general Y sopleteado
	07/07/2007	Revisión de conexiones en general.
	07/07/2007	Limpieza de tablero de arranque
	07/07/2007	Apretar soportes del motor.
Mantenimiento preventivo		
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>																					
Número de serie: SK544585428	Área de localización: Taller de Manufactura																				
Tipo de equipo: : Motor con condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: ( x ) Externo: ( )																				
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>																					
	<table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Fecha</b></th> <th><b>Actividad</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14/07/2007</td> <td>Limpieza general sopleteado</td> </tr> <tr> <td>14/07/2007</td> <td>Revisión de conexiones en general.</td> </tr> <tr> <td>14/07/2007</td> <td>Limpieza de tablero de arranque</td> </tr> <tr> <td>14/07/2007</td> <td>Apretar soportes del motor.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>	14/07/2007	Limpieza general sopleteado	14/07/2007	Revisión de conexiones en general.	14/07/2007	Limpieza de tablero de arranque	14/07/2007	Apretar soportes del motor.										
<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>																				
14/07/2007	Limpieza general sopleteado																				
14/07/2007	Revisión de conexiones en general.																				
14/07/2007	Limpieza de tablero de arranque																				
14/07/2007	Apretar soportes del motor.																				
Mantenimiento predicativo																					
Mantenimiento preventivo																					
Mantenimiento Correctivo																					
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses	Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano																				

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		
Número de serie: SK544585440	Área de localización: Evaporadores	
Tipo de equipo : Motor con condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: ( x ) Externo: ( )	
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predicativo	21/07/2007	Revisión caja de conexiones
	21/07/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento preventivo	21/07/2007	Revisión calentamiento del motor
	21/07/2007	Revisión de cojinetes
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		
Número de serie: SK544585408	Área de localización: Área de Proceso	
Tipo de equipo: Motor con doble condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: (x) Externo: ( )	
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predicativo	28/07/2007	Revisión caja de conexiones
	28/07/2007	Limpieza general sopleteado
		Revisión de cojinetes
Mantenimiento preventivo	28/07/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento Correctivo	28/07/2007	Cambiar arrancador por falso contacto
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		
Número de serie: SK544585411		Área de localización: Área de Molinos
Tipo de equipo: Motor con condensador		Taller que realizará el trabajo: Interno: ( x ) Externo: ( )
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predicativo	04/08/2007	Revisión caja de conexiones
	04/08/2007	Limpieza general sopleteado
	04/08/2007	Revisión de cojinetes
Mantenimiento preventivo	04/08/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano



<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		
Número de serie: SK544585440	Área de localización: Área de Molinos	
Tipo de equipo : Motor con condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: (x) Externo: ( )	
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predicativo	04/08/2007	Revisión caja de conexiones
	04/08/2007	Limpieza general sopleteado
	04/08/2007	Revisión de cojinetes
Mantenimiento preventivo	04/08/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		
Número de serie: SK544585410	Área de localización: Tratamiento de aguas	
Tipo de equipo : Motor con condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: (x) Externo: ( )	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:		
	Fecha	Actividad
Mantenimiento predicativo	11/08/2007	Revisión caja de conexiones
	11/08/2007	Limpieza general sopleteado
	11/08/2007	Revisión de cojinetes
Mantenimiento preventivo	11/08/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO		
Número de serie: SK544585439	Área de localización: Tratamiento de aguas:	
Tipo de equipo : Motor con condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: (x) Externo: ( )	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:		
	Fecha	Actividad
Mantenimiento predicativo	18/08/2007	Revisión caja de conexiones
	18/08/2007	Limpieza general sopleteado
	18/08/2007	Revisión de cojinetes
Mantenimiento preventivo	18/08/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		
Número de serie: SK544585438	Área de localización: Evaporadores:	
Tipo de equipo: Motor con condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: (x) Externo: ( )	
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predicativo	25/08/2007	Revisión caja de conexiones
	25/08/2007	Limpieza general sopleteado
	25/08/2007	Revisión de cojinetes
Mantenimiento preventivo	25/08/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		
Número de serie: : SK544585401		Área de localización: : Evaporadores
Tipo de equipo: Motor con condensador	Taller que realizará el trabajo: Interno: (x) Externo: ( )	
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJOS PROGRAMADOS AL EQUIPO:</b>		
	<b>Fecha</b>	<b>Actividad</b>
Mantenimiento predicativo	01/09/2007	Revisión caja de conexiones
	01/09/2007	Limpieza general sopleteado
	01/09/2007	Revisión de cojinetes
Mantenimiento preventivo	01/09/2007	Revisión de contactos a masa
Mantenimiento Correctivo		
Vo. Bo. Gerente de mantenimiento: Ing. Jorge Arreola Meneses		Vo. Bo. Jefe de mantenimiento: Ing. Teofilo Coria Torrescano

## CONCLUSIONES

Con el programa de mantenimiento preventivo se reduce el número de paros en la producción.

En la industria. En el mantenimiento de los motores eléctricos de corriente alterna, ya sean monofásicos trifásicos, debemos de disponer de procedimientos que permitan diagnosticar o detectar posibles fallas en los motores mismos o en sus circuitos de control.

Este trabajo hace un análisis a fondo de las características técnicas de la Empresa Papel Titán de Tizayuca, así como a todas las personas involucradas en las áreas técnicas, para mejorar el sistema de producción e iniciar con el adecuado funcionamiento de la misma.

Los objetivos del mantenimiento preventivo son proporcionar un programa de administración del mantenimiento que permita el tiempo máximo de funcionamiento de las instalaciones peligrosas, con un costo y mantenimiento mínimos y con la máxima seguridad.

Con un programa de mantenimiento preventivo se aseguran las inspecciones periódicas y las reparaciones rápidas. El departamento de mantenimiento debe velar por la seguridad de su propio personal y de proporcionar servicio a todas las instalaciones peligrosas.

Para cumplir con estas premisas deben incorporarse al programa de mantenimiento preventivo recomendaciones y técnicas referentes a métodos para la prevención de accidentes. Asimismo se deben actualizar todos los métodos de mantenimiento siempre que se produzcan modificaciones en algún proceso o instalación peligrosa.

La principal función de una gestión adecuada del mantenimiento consiste en alcanzar el nivel óptimo de rentabilidad para la empresa. Por ello, hemos hecho un análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunas máquinas o instalaciones para hacer el sistema más rentable en la empresa Papel Titán de Tizayuca.

En este trabajo hemos determinado que los motores de fase de partida son los que continuamente presentan fallas, por ello hemos

hecho un manual para que la labor del departamento de mantenimiento, esté relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador, esto se puede conseguir si el equipo técnico de la empresa es supervisado continuamente. Hemos determinado que es necesario que exista una responsabilidad para mantener en buenas condiciones, la maquinaria, herramientas y equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento, además garantiza la seguridad en el área laboral.

Lo que se pudo percibir en la empresa es la aceptación al cambio por todo el personal involucrado en el mantenimiento, así como también por proveedores y talleres externos, esto hace que la calidad y el funcionamiento de los proceso de trabajo lleguen a un término satisfactorio para el cliente.

La aplicación de este manual en la organización a agilizado las labores de mantenimiento en todo los departamento involucrados y se a puesto más atención en la capacitación, por lo que los empelados realizan su labor convencido de los beneficios personal y económicos recibidos.

Estoy convencido que mi participación en esta labor también me ha servido para conocer más a fondo que el realizar un programa semanal de inspección a todas las maquinas instaladas es la base para que no se pague cantidades exageradas en labores de mantenimiento correctivo.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Acondicionador de línea:** Un dispositivo que dispone para las necesidades de calidad de potencia eléctrica de la carga eléctrica o electrónica conectada.

**Amper:** Una unidad de flujo de corriente. En un sistema de agua, el flujo de millones de moléculas de agua se expresaría en términos de galones por minuto. En un sistema eléctrico, el flujo de electrones es expresado en términos de amperios.

**Apagón:** Pérdida completa de potencia eléctrica.

**Apagón momentáneo:** Una breve interrupción de potencia que comúnmente dura entre 1/30 de un segundo (2 ciclos) y 3 segundos.

Aumento de voltaje (“swell”, en inglés): Cualquier aumento de voltaje a corto plazo (menos de un minuto).

**Corriente:** El flujo de electricidad. Casi como el agua, una corriente seguirá la línea de menor resistencia. En consecuencia, la corriente eléctrica siempre encuentra el camino más fácil a la tierra. La corriente se mide en amperios.

**Corriente eléctrica:** Desplazamiento de electrones a través de un material conductor de los mismos, y que son los que transportan la energía eléctrica que hace que los motores, lámparas, etc. por los que pasan, funcionen. Esto sólo ocurre si el circuito está cerrado y el conductor une el polo positivo del generador con el polo negativo del mismo.

**Corriente alterna (CA):** Un sistema eléctrico en el cual la polaridad del voltaje y el flujo de corriente alternan dirección regularmente. Su hogar es un ejemplo de un sistema que funciona con CA.

**Corriente directa (DC):** Un sistema eléctrico en el cual la corriente fluye en una sola dirección. Una batería es un ejemplo de una fuente de corriente directa.



**Cortocircuito:** Se produce cuando por alguna razón, el cable conductor que porta el polo positivo y el cable conductor que porta el polo negativo del generador eléctrico se ponen en contacto sin que haya entre ellos una lámpara, un motor, u otra resistencia eléctrica.

**Dispositivo protector de sobrevoltaje (SPD, por sus siglas en inglés):** Es un dispositivo diseñado para limitar los altos voltajes instantáneos. También conocido como un supresor de sobrevoltaje, disipador de sobretensiones y supresor de sobrevoltaje transitorio.

**Disturbio:** Cualquier desviación de los valores nominales de la fuente de potencia. Los disturbios pueden incluir transitorias, interferencia, variaciones de voltaje, armónicos, apagones, etc.

**Energía:** Se llama así a todo aquello que hace posible el que se pueda realizar un trabajo. Es decir, sí alguna máquina, persona, animal o cosa (como el viento, mar) pueden realizar un trabajo; es porque tienen energía que les va a permitir realizarlo. Nada ni nadie podría realizar un trabajo si no tuviera algún tipo de energía: calorífica, cinética, eléctrica, química o luminosa.

**Frecuencia:** En un sistema CA, el valor de la onda sinusoidal de voltaje se eleva desde cero hasta un máximo, cae a cero, aumenta a un máximo en la dirección opuesta y cae a cero nuevamente. Esto describiría un ciclo completo.

**Fusible:** Operador eléctrico que cuando sube en exceso la intensidad de un circuito, se calienta y se funde antes de que lo haga el circuito, cortando así el flujo de corriente que circula por él y protegiendo la instalación de un posible incendio, como ocurre en caso de una subida de tensión en el circuito o de un cortocircuito provocado en él.

**Interferencia:** Una señal indeseable de alta frecuencia que altera el patrón normal de voltaje (onda sinusoidal). La interferencia puede ser de alta amplitud o de baja amplitud.

**Intensidad eléctrica:** Es la cantidad de carga eléctrica que pasa por un punto del circuito en un segundo. (Cantidad de electricidad que circula por un circuito). Se mide en Amperios con el Amperímetro.

1 amperio corresponde al paso de unos 6.250.000.000.000.000.000 electrones por segundo por una sección determinada del circuito.

**Lámpara o bombilla:** Operador eléctrico que se conecta a un circuito por el que circula corriente eléctrica y transforma la energía eléctrica que recibe en energía calorífica y en energía luminosa.

**Motor:** Operador eléctrico que se conecta a un circuito por el que circula corriente eléctrica y transforma la energía eléctrica que recibe en energía cinética al girar.

**Perturbación de baja frecuencia:** En argot electrónico inglés la palabra "Glitch" describe una variación de voltaje que causa que el equipo funcione mal.

**Potencia aparente:** La cantidad de potencia que es aparentemente consumida por una carga. La potencia aparente es medida en VA o voltios-amperios y se calcula midiendo la corriente consumida por la carga y multiplicándola por el voltaje aplicado a la carga.

**Potencia reactiva:** La potencia reactiva es la diferencia entre potencia aparente y potencia real. Se calcula sustrayendo la potencia real de la potencia aparente. La potencia reactiva es medida en VAR (voltio-amperios reactivos) o kVAR (kilovoltio/amperios reactivos).

**Potencia real:** La cantidad de potencia que es realmente consumida por una carga. La potencia real es medida en vatios y se calcula midiendo la corriente consumida por la carga y multiplicándola por el voltaje que alimenta a la carga y luego multiplicando por el factor de potencia de la carga.

**Regulador de Voltaje:** Es un dispositivo que mantiene la salida dentro de un límite deseado independientemente del voltaje de entrada variante. Estos dispositivos generalmente no ofrecen ninguna protección contra interferencias.

**Relé:** Es un interruptor operado magnéticamente. Este se activa o desactiva (dependiendo de la conexión) cuando el electroimán (que forma parte del relé) es energizado (le damos el voltaje para que

funcione). Esta operación causa que haya conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo.

Esta conexión se logra con la atracción o repulsión, de un pequeño brazo llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados.

**Resistencia:** La oposición ofrecida por un material al flujo de una corriente eléctrica constante en un circuito de CD. La resistencia se mide en ohms.

**Sobretensión:** Un aumento de voltaje fuera de los niveles normales de voltaje (10% o mayores) por más de un minuto.

**Sobrevoltaje:** Un aumento dramático en el voltaje que típicamente dura menos de 1/120 de un segundo.

**Transformador de voltaje constante:** Mantiene una salida relativamente constante de voltaje para variaciones de hasta un 20% en el voltaje de entrada. Los CVT con frecuencia son transformadores ferro-resonantes en los cuales el voltaje es regulado mediante corriente almacenada en un campo magnético. Los CVT son generalmente dispositivos de alta impedancia que no son adecuados para la mayoría de las computadoras modernas con fuentes de alimentación en modo conmutado.

**Voltaje:** La “presión” eléctrica que crea el flujo de corriente.

**Voltaje normal (nominal):** El voltaje normal o contratado asignado a un sistema para determinar la clase de voltaje.

**Voltaje de modo común:** Un voltaje de cualquier amplitud o frecuencia que se mide entre el conductor de fase y el conductor de puesta a tierra o el conductor neutral y el conductor de puesta a tierra. El voltaje de neutral a tierra es un componente de modo común que a menudo causa el funcionamiento defectuoso de un sistema de computación. Los voltajes de neutral a tierra siempre deberán limitarse a 0.5 voltios (medio voltio) o menos.

**Voltaje de modo normal:** Cualquier voltaje (distinto al fundamental 50 Hz o 60 Hz) que es medido entre el conductor de fase y el conductor

neutral en un sistema monofásico o entre cualquiera dos conductores bifásicos de un sistema trifásico. El voltaje de modo normal puede ser de cualquier amplitud o frecuencia. Los voltajes de interferencia de modo normal pueden interferir con la operación confiable de un sistema de computación o degradar y destruir componentes. Los disturbios de potencia de modo normal deben limitarse a 10 voltios o menos.

**Voltio:** Una unidad de presión de corriente eléctrica. En un sistema de agua la presión podría expresarse como libras por pulgada cuadrada. En un sistema eléctrico, la presión que causa que los electrones se muevan se llama voltaje. El voltaje que se encuentra en la mayoría de los hogares es 120 y 240 voltios. Los negocios habitualmente utilizan un voltaje a 120 y 208, o 277 y 480 voltios.

**Voltio-amperio (VA):** El producto de voltios multiplicado por amperios. Un kilovoltio-amperio (KVA) es igual a mil voltio-amperios. VA también es conocido como potencia aparente.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Germán J. Fernández Ramos, e-mail: gfernal@sauce.pntic.mec.es, C. P. "Garcilaso de la Vega" de Madridejos (Toledo).

## BIBLIOGRAFÍA.

Información proporcionada por el Archivo Histórico de la empresa Empaque y Papel Titán ubicada en el municipio de Tizayuca, Hidalgo.

Lagunas Marqués Ángel, Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión; Comerciales e Industriales, La definición de un motor y sus partes, Editorial RBT, año 2005 (6ª edición), páginas 103-136.

Sanz Serrano José Luís, Instalaciones Eléctricas. Soluciones a problemas en Baja y Alta Tensión. Editorial Porrúa, Año 2005, páginas 122,123,124 y 189-205.

Roldan Vilorio, José, Motores Eléctricos: Automatismos de Control, Thomson Paraninfo, S.A., (9ª Edición, Traducida al Español), Año 2003, páginas 223-289.

Rey Sacristán. Manual de Mantenimiento de Máquinas y Equipos Eléctricos, España, CEAC, 1995, pp. 24-33.

Harper Enríquez Gilberto. Manual de Electricidad Industria II, México, Noriega, 1996, pp. 18-21.

Harper Enríquez Gilberto. Fundamentos de Electricidad 6 Industrial II, México, Noriega, 1996, pp. 25,26 y 27.

Fink, Beaty y Carroil. Manual Práctico de Electricidad para Ingenieros. Estados Unidos, Reverté, 1998, páginas 40-48.

Croft, Carr y Watt. Manual del Montador Electricista, España, Reverté, 1998, páginas 35, 36,38, 61,62, 69.

Daccach José, Comunicación Organizacional y el Manejo de la Incertidumbre, Editorial Trillas, México 2002, páginas 108-123.

Rosenberg Roberto. Reparación de Motores Eléctricos, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V. México, D. F. 1994, páginas 235- 243.

J. Chapman Stephen. Máquinas eléctricas, Editorial Mc Graw-Hill. México, D. F. 1993, páginas 208-220.

T. Sivergth Studt Jhon, Servicio de Mantenimiento Preventivo: Control Periódico en las Empresas, Registro y análisis de fallas, Editorial Porrúa, México 1999 (Traducción al español), .páginas 55-92.

Germán J. Fernández Ramos, e-mail: [gferna1@sauce.pntic.mec.es](mailto:gferna1@sauce.pntic.mec.es)  
C. P. "Garcilaso de la Vega" de Madridejos (Toledo).