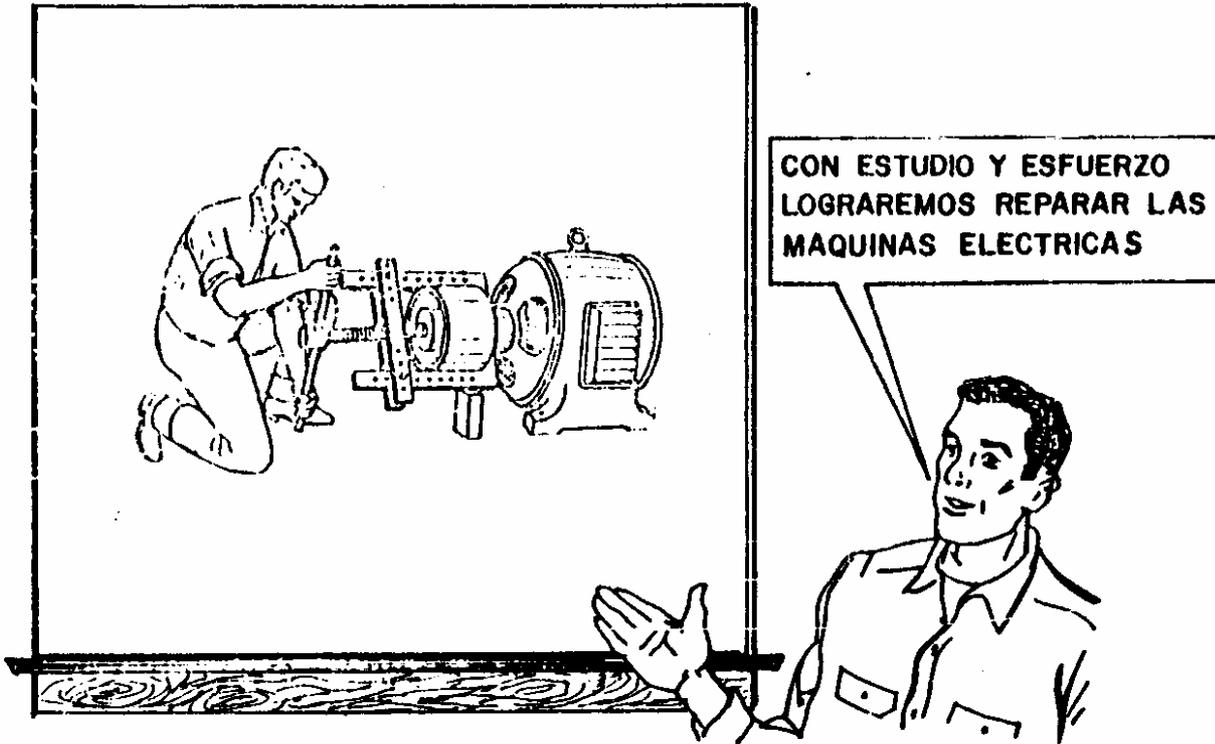


**MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA**

**REPARACION Y DISEÑO**



**MODULO V**

**Carlos Chiluisa Rivera**

## I N D I C E

### UNIDAD 1

#### MAQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA

- 1.1 Objetivo general
- 1.2 Conceptos generales
- 1.3 Principio de funcionamiento de los motores de inducción
- 1.4 Clasificación general de los motores de C.A.
- 1.5 Clasificación de los motores por su sincronismo
- 1.6 Clasificación de los motores por su diseño
- 1.7 Clasificación de los motores según su empleo
- 1.8 Clasificación de los motores según su modo de ventilación
- 1.9 Clasificación de los motores según su grado protección (no eléctrica)
- 1.10 Clasificación de los motores según su condición local
- 1.11 Clasificación de los motores según su par de arranque
- 1.12 Repaso de la unidad
- 1.13 Cuestionario.

### UNIDAD 2

#### MOTORES DE FASE PARTIDA

- 2.1 Generalidades
- 2.2 Funcionamiento del motor de fase partida
- 2.3 Partes componentes de un motor de fase partida
- 2.4 Identificación y localización de averías en los motores de fase partida
- 2.5 Serie de pruebas a ejecutar
- 2.6 Repaso de la unidad
- 2.7 Cuestionario

### UNIDAD 3

#### REBOBINADO DE UN MOTOR DE FASE PARTIDA

- 3.1 Rebobinado de un motor de fase partida
- 3.2 Pasos a seguirse para el rebobinado de un motor de fase partida
- 3.3 Repaso de la unidad
- 3.4 Cuestionario

### UNIDAD 4

#### DETECCION, LOCALIZACION Y REPARACION DE AVERIAS EN LOS MOTORES DE FASE PARTIDA

- 4.1 Pruebas
- 4.2 Reparación de averías
- 4.3 Varias conexiones típicas de motores de fase partida
- 4.4 Repaso de la unidad
- 4.5 Cuestionario

## UNIDAD 5

### MOTORES CON CONDENSADOR

- 5.1 Generalidades
- 5.2 Funcionamiento del motor con condensador
- 5.3 Condensadores
- 5.4 Clasificación de los condensadores
- 5.5 Capacidad
- 5.6 Clasificación de los motores con condensador
- 5.7 Repaso de la unidad
- 5.8 Cuestionario

## UNIDAD 6

### MISCELANEOS EN LOS MOTORES MONOFASICOS

- 6.1 Dispositivos de protección contra sobrecarga
- 6.2 Clases de protecciones térmicas
- 6.3 Reemplazo de un interruptor centrífugo
- 6.4 Características de los relés
- 6.5 Reemplazo con relé de corriente
- 6.6 Reemplazo con relé de tensión
- 6.7 Pruebas en los condensadores
- 6.8 Cálculo de condensadores de arranque
- 6.9 Designaciones normalizadas para los terminales de arrollamientos en motores monofásicos
- 6.10 Modo de identificar los devanados de un motor monofásico
- 6.11 Repaso de la unidad
- 6.12 Cuestionario

## UNIDAD 7

### MOTORES TRIFASICOS

- 7.1 Generalidades
- 7.2 Partes componentes de un motor trifásico
- 7.3 Funcionamiento del motor trifásico
- 7.4 Rebobinado de un motor trifásico
- 7.5 Repaso de la unidad
- 7.6 Cuestionario

## UNIDAD 8

### CONEXIONES FUNDAMENTALES DE LOS MOTORES TRIFASICOS

- 8.1 Reglas fundamentales de los motores trifásicos
- 8.2 Ejemplo de aplicación de las 4 reglas fundamentales
- 8.3 Conexiones entre grupos
- 8.4 Conexión en estrella
- 8.5 Conexión en triángulo
- 8.6 Repaso de la unidad
- 8.7 Cuestionario

## UNIDAD 9

### IDENTIFICACION DE CONEXIONES Y EL NUMERO DE POLOS DE UN MOTOR TRIFASICO

- 9.1 Manera de identificar la conexión de un motor trifásico
- 9.2 Método práctico para determinar el número de polos en un motor
- 9.3 Motores trifásicos doble tensión de servicio
- 9.4 Principio de funcionamiento de motores de dos tensiones
- 9.5 Motores conectados en estrella / triángulo
- 9.6 Repaso de la unidad
- 9.7 Cuestionario

## UNIDAD 10

### CALCULO Y DISTRIBUCION DE BOBINADOS FRACCIONARIOS

- 10.1 Arrollamientos trifásicos con grupos desiguales de bobinas
- 10.2 Ejemplo de bobinado entero
- 10.3 Ejemplo de bobinado fraccionario
- 10.4 Repaso de la unidad
- 10.5 Cuestionario

## UNIDAD 11

### DETECCION, LOCALIZACION Y REPARACION DE AVERIAS EN LOS MOTORES TRIFASICOS

- 11.1 Contactos a masa
- 11.2 Interrupciones
- 11.3 Cortocircuitos
- 11.4 Inversiones de polaridad
- 11.5 Inversiones de bobinas
- 11.6 Inversiones de grupos
- 11.7 Inversiones de fases
- 11.8 Averías más frecuentes en motores trifásicos
- 11.9 Repaso de la unidad
- 11.10 Cuestionario

## UNIDAD 12

### CALCULO DE MOTORES TRIFASICOS

- 12.1 Generalidades
- 12.2 Procedimiento de cálculo
- 12.3 Repaso de la unidad
- 12.4 Cuestionario

## UNIDAD 1

### MAQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA

**OBJETIVO:** Dar al estudiante un concepto básico de lo que son las máquinas de corriente alterna, su principio de funcionamiento y su clasificación

**CONTENIDO:**

- 1.1 Objetivo general
- 1.2 Conceptos generales
- 1.3 Principio de funcionamiento de los motores de inducción
- 1.4 Clasificación general de los motores de C.A.
- 1.5 Clasificación de los motores por su sincronismo
- 1.6 Clasificación de los motores por su diseño
- 1.7 Clasificación de los motores según su empleo
- 1.8 Clasificación de los motores según su modo de ventilación
- 1.9 Clasificación de los motores según su grado protección (no eléctrica)
- 1.10 Clasificación de los motores según su condición local
- 1.11 Clasificación de los motores según su par de arranque
- 1.12 Repaso de la unidad
- 1.13 Cuestionario.

**RECURSOS:**

- láminas de ejemplos de motores
- maqueta del principio del motor de inducción
- problemas de aplicación.

## 1 OBJETIVO GENERAL

Este módulo intenta capacitar a los estudiantes en el conocimiento teórico-práctico básico en los tipos de motores de inducción que tienen gran aplicación en el país.

Profundizaremos un tanto en los motores monofásicos y trifásicos que se usan en casi todas las instalaciones, sean estas domésticas o industriales, incluyendo un diseño rápido de los bobinados en caso se hayan extraviado los datos originales o simplemente se tenga las partes mecánicas componentes y se quiera poner en funcionamiento el motor, en otras palabras sería la recuperación de una carcasa que por no tener datos del bobinado ha sido abandonada; o también si se quiere transformar un motor monofásico en trifásico con una cierta ganancia en potencia, para ello se empleará los cálculos más sencillos de manera que cualquier estudiante que conozca las cuatro operaciones esté en capacidad de recuperar o transformar un motor de inducción.

Veremos más adelante en forma por demás breve los generadores sincrónicos para que el técnico electricista tenga una visión un tanto ampliada respecto a la producción de la energía eléctrica, base fundamental de la especialidad.

## 1.2 CONCEPTOS GENERALES

### INTRODUCCION

Las máquinas eléctricas de corriente alterna son muy aplicadas en nuestro medio tanto para la producción de energía; transporte; distribución y transformación de la energía eléctrica en otros tipos de energía como la mecánica, calorífica, lumínica, etc.

La gran difusión de las máquinas eléctricas de corriente alterna se debe principalmente a que la energía eléctrica alterna puede transportarse fácilmente a grandes distancias sin mayores pérdidas, gracias a que se dispone de los transformadores que modifican las corrientes y voltajes desde el punto de producción de la energía hasta el lugar de los consumidores, sean estos domésticos o industriales.

Para entender de mejor manera la secuencia de:  
producción - transmisión - distribución - consumo,  
vamos a ilustrar con un diagrama unifilar.

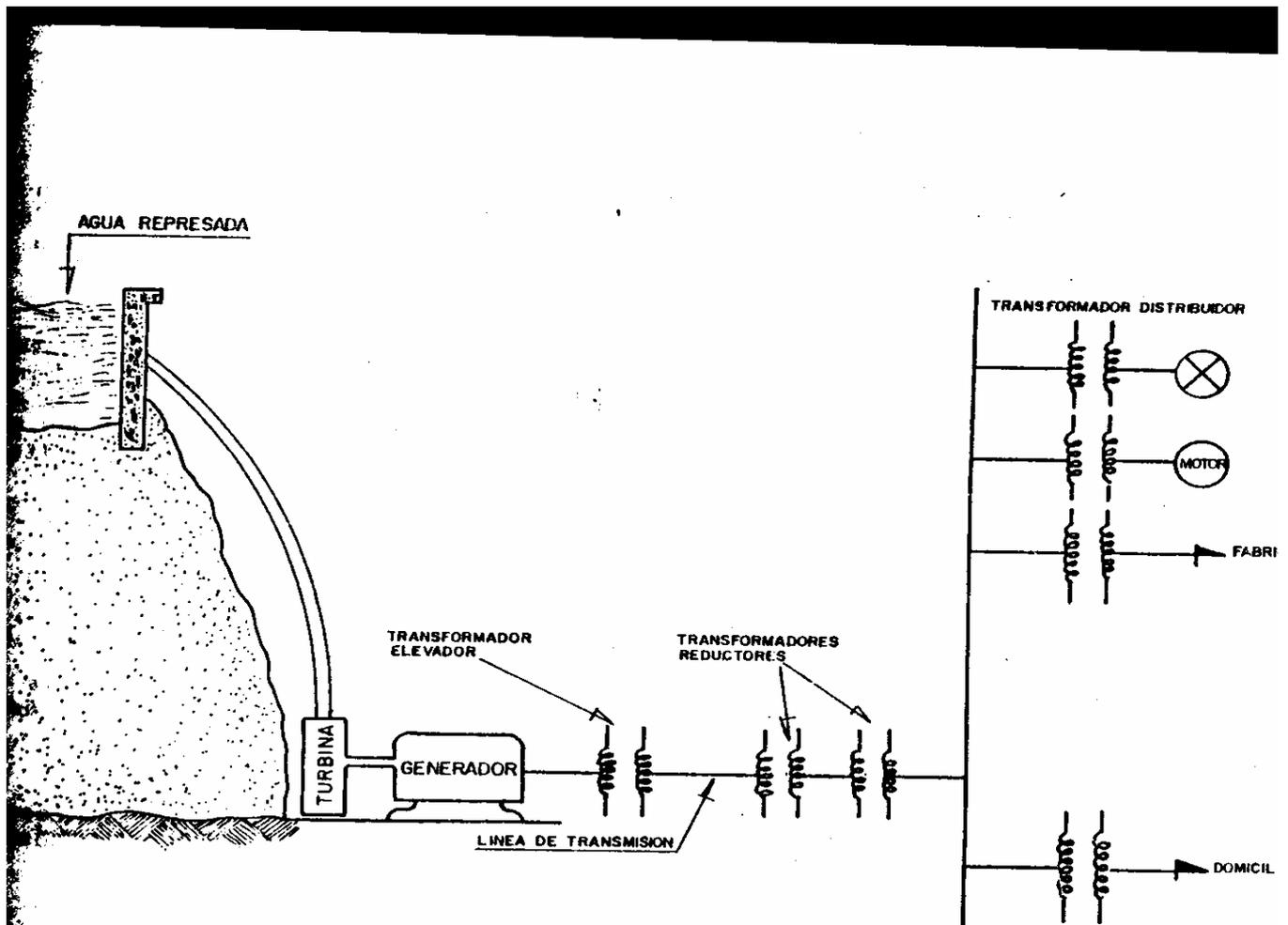


fig. 1.1

La energía potencial al ser canalizada a un punto más bajo desarrolla energía mecánica, al poner en movimiento la turbina; la cual mediante un acoplamiento mecánico mueve el generador eléctrico, el mismo que transforma la energía mecánica en eléctrica, saliendo con un determinado voltaje; en el ejemplo sale con 13.800 voltios y alimenta un transformador elevador, a la salida del transformador se tiene 13.800 voltios, inmediatamente llega a otro transformador que eleva aún más el voltaje subiéndolo a 230.000 voltios, con este voltaje se transmite la energía hasta lugares cercanos de consumo. En este ejemplo que estamos describiendo se trata del Sistema Nacional Interconectado conjuntamente con los generadores del Paute.

Bien, continuando con la descripción los 230.000 voltios llegan hasta la subestación Santa Rosa, en ella se reduce este voltaje a 138.000 voltios y con este voltaje se transmite a las subestaciones eléctricas ubicadas en la ciudad de Quito, por ejemplo en la Vicentina; nuevamente se reduce el voltaje a 22.000 voltios y con este voltaje se lleva a través de la ciudad mediante los postes, estas líneas conductoras son las que se ven en la parte más alta de los postes, luego mediante transformadores de distribución que bajan a 220 voltios se distribuye a través de los conductores ubicados en la parte más baja de los postes a todos los consumidores, sean estos domicilios o fábricas.

El objeto de elevar el voltaje a valores muy altos es con el fin de tener el mínimo de pérdidas por calentamiento o efecto Joule y además economizar el costo de materiales para la transmisión a grandes distancias.

Aclaremos con un ejemplo matemático esta relación. Tomemos como ejemplo una sola unidad del Paute. La potencia nominal es 127 MVA (MEGA VOLTA-AMPERIOS) consideremos que 1 VA = 1 watio, entonces un solo generador produce 127'000.000 waticos (ciento veinte y siete millones) si saliera el voltaje a 220 voltios tendríamos una corriente de

$$P = \frac{U}{I} \quad \Rightarrow \quad I = \frac{127000000}{220} = 577272.72 \text{ Amperios}$$

Para transmitir esta fabulosa cantidad de amperios hacia los consumidores se necesitaría un conductor de aproximadamente 18 metros de diámetro.

Que como se imaginará el estudiante es inverosímil e imposible de instalar para traer desde el Paute hasta la ciudad de Quito conductores de 18 metros de diámetro.

Pero si elevamos el voltaje a 230.000 voltios la corriente sería:

$$I = \frac{127000000}{230.000} = 552,17 \text{ Amperios}$$

Para transmitir este amperaje hacia los consumidores se necesitaría un conductor de 500 MCM (MIL CIRCULAR MIL) que tiene un diámetro de 20.65 milímetros. Valor cercano a una pulgada.

Como comprenderá el estudiante el ejemplo puesto es calculado con la Ley de OHM y solo sirve para dar una idea referencial, ya que para calcular las líneas de transmisión requiere un análisis y cálculo muy complejos, en el que intervienen muchos factores como son distancias, condiciones del terreno, ambientales, caídas de tensión, efectos térmicos, etc., que no es de incumbencia en este curso.

Por otra parte la pérdida por efecto de Joule se calcula con la fórmula  $I^2R$ ; entonces el estudiante puede imaginarse que cual amperaje arriba calculado tendríamos más pérdida, que ni siquiera se necesita calcular ya que la respuesta viene inmediatamente a la mente.

Comparemos entonces cual es más conveniente para producir la energía eléctrica en corriente continua o corriente alterna?

Es evidente que en corriente alterna por la facilidad que presenta para su transmisión a los centros de consumo. No se crea que no existe producción y transmisión en corriente continua sino que es más costoso y complejo este sistema.

Resumiendo podemos decir que para transmitir una determinada potencia en watios es preferible hacerlo con altos voltajes ya que mientras suba el voltaje el amperaje bajará y por lo mismo la sección del conductor que lleve la corriente.

Recordemos la fórmula  $P = V \times I$

$P =$  potencia  
 $V =$  voltaje  
 $I =$  corriente

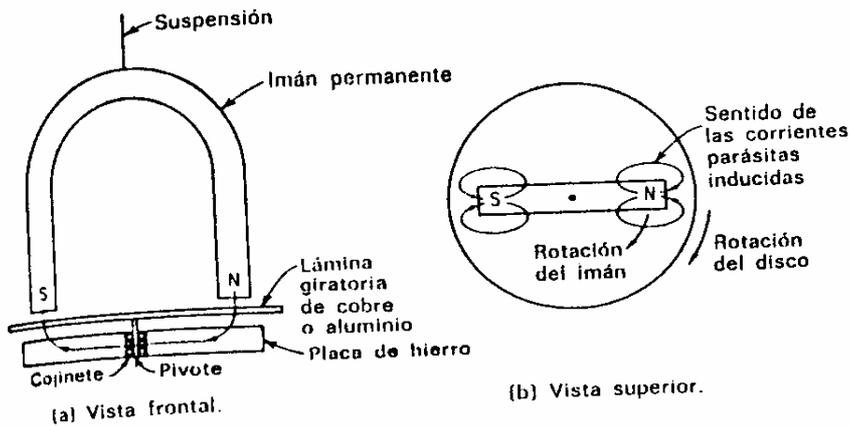
Entonces la potencia será la misma aunque se varíen los factores que la componen, veamos ahora

$$\begin{array}{ccc} & \uparrow & \\ \text{Si } P = V \times I & & (1) \\ & \downarrow & \\ & \uparrow & \\ \text{Si } P = V \times I & & (2) \\ & \downarrow & \end{array}$$

En (1) y (2) la potencia es la misma pero: en el caso (1) el voltaje sube, la corriente baja. En el caso (2) el voltaje baja la corriente sube, obteniéndose el mismo resultado.

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DE INDUCCION

El principio del motor de inducción puede ilustrarse simplemente utilizando el aparato que se muestra en la figura No. 1-2.



Principio del motor de inducción.

fig. 1.2

Un imán permanente en forma de U suspendido sobre una lámina de cobre o aluminio en forma de disco, que puede girar libremente gracias de que su eje está embebido en un cojinete de bolas el mismo que está empotrado en una plancha de hierro fija, la misma que sirve para que pasen las líneas magnéticas y completen el circuito magnético. Debe considerarse que el pivote debe presentar un mínimo rozamiento y el imán permanente debe ser de densidad de flujo suficiente.

Supongamos ahora que hacemos girar el imán; en esta condición se produce un corte de líneas magnéticas con el disco que es un material conductor y se induce un voltaje, el cual hace que circulen corrientes parásitas inducidas por dicho movimiento, esto origina un campo que tiende a oponerse a la fuerza o movimiento que produjo la tensión inducida.

En efecto, como se indica en la figura No. 1.2-b, las corrientes parásitas inducidas tienden a producir un polo sur en el disco en aquel punto situado bajo el polo norte giratorio, y un polo norte en el punto del disco situado debajo del polo sur giratorio del imán y desde luego como usted comprenderá si se forma un polo sur debajo de un polo norte es evidente que el disco será atraído por la acción magnética que se combinan entre el polo del imán permanente (giratorio) y es así como se produce la rotación del disco en el mismo sentido, que gira el imán permanente.

Mientras el imán permanente continúe moviéndose, se estarán induciendo corrientes parásitas y el disco seguirá rotando pero con una velocidad inferior a la del imán permanente; si el disco girase a la misma velocidad del imán, entonces no habría movimiento relativo entre el conductor y el campo magnético, y no se producirían corrientes parásitas en el disco.

## FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA

En base al principio explicado del funcionamiento de los motores se diseñaron los motores asincrónicos trifásicos, bifásicos y monofásicos.

En primer lugar se reemplazó el imán permanente mediante la construcción de bobinas, luego mediante la disposición convenientemente espaciada se logró tener un campo magnético giratorio como se ve en la figura No.1-3; al alimentar las tres fases de la empresa eléctrica, los campos magnéticos que producen las bobinas se combinan y el resultado es un campo magnético que gira alrededor de la carcasa, esto se puede comprobar muy fácilmente si colocamos un rodamiento, o bolita de material magnético, éste será arrastrado por la acción del campo magnético (figura No.1-3) y seguirá girando la bolita mientras estén conectadas las bobinas a la red.

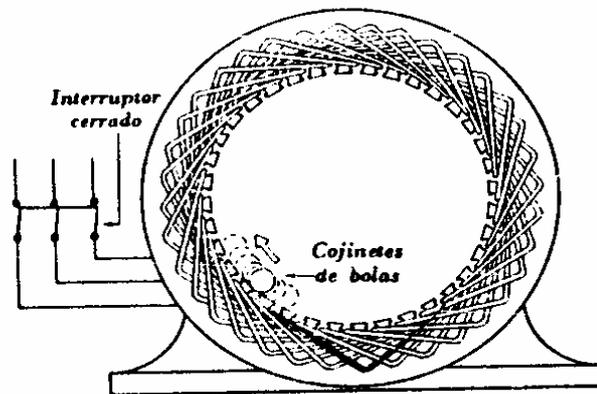


fig. 1.3

Desde luego debemos anotar que la alimentación al estator se debe realizar a través de un variac trifásico de tal manera de poder controlar la corriente, ya que como el entrehierro es infinito (porque no está el rotor colocado), la impedancia de las bobinas es sumamente baja, en estas condiciones si aplicamos el voltaje nominal circulará una gran corriente que hará que se quemen las bobinas.

### 4. CLASIFICACION GENERAL DE LOS MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

Como en toda maquinaria se ha diseñado varios tipos de motores que funcionan con corriente alterna, esto a obedecido a las diversas necesidades que se han presentado en la vida cotidiana y para los diversos procesos industriales; comparemos con un ejemplo sencillo; en los automotores tenemos automoviles, camionetas, camiones, trailers, tractores, etc., cada uno cumple una función específica y se le da su uso adecuado, lo mismo sucede con los motores eléctricos, de allí que nos interesa saber en primer lugar que tipos de

motores tenemos, cual es su función específica, qué características tiene cada uno y es así que se los ha clasificado de la siguiente manera:

1. por su sincronismo
2. por su diseño eléctrico
3. según su empleo
4. según su modo de ventilación
5. según su grado de protección (no eléctrica)
6. según condiciones locales
7. según su par de arranque

A continuación detallaremos cada uno de los literales para mejor comprensión por parte del estudiante.

### 1.5 POR SU SINCRONISMO

Según funcione el motor con velocidad igual a la sincrónica o muy cercana a la sincrónica se ha clasificado en:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| a. motores sincrónicos  | { monofásicos<br>bifásicos<br>trifásicos |
| b. motores asincrónicos | { monofásicos<br>bifásicos<br>trifásicos |

### 1.6 POR SU DISEÑO ELECTRICO

- |  |  |
|--|--|
| a. motores asincrónicos polifásicos de inducción | { jaula de ardilla<br>doble jaula de ardilla<br>rotor bobinado |
| b. motores asincrónicos monofásicos de inducción | { fase partida<br>con condensador<br>con doble condensador     |
| c. motores asincrónicos polifásicos con colector | { motores serie<br>motores shunt                               |
| d. motores asincrónicos monofásicos con colector | { motores universales<br>motores de repulsión                  |
| e. motores de polos sombreados                   |  |

## 1.7 SEGUN SU EMPLEO

De acuerdo al servicio que van a prestar los motores se han clasificado así:

- a. motores industriales para servicio continuo
- b. motores domésticos para servicio temporal
- c. motores especiales que frecuentemente forman cuerpo con las máquinas que accionan como en ciertas máquinas herramientas.
- d. motores normales es decir sin especificación de destino.

## 1.8 SEGUN SU MODO DE VENTILACION

- a. motores con ventilación natural, en los que el aire circula libremente.
- b. motores con ventilación artificial.
- c. motores en los que no existe comunicación entre el aire interior y el exterior, salvo la que puede producirse en las diferentes partes.

## 1.9 SEGUN SU GRADO DE PROTECCION (NO ELECTRICO)

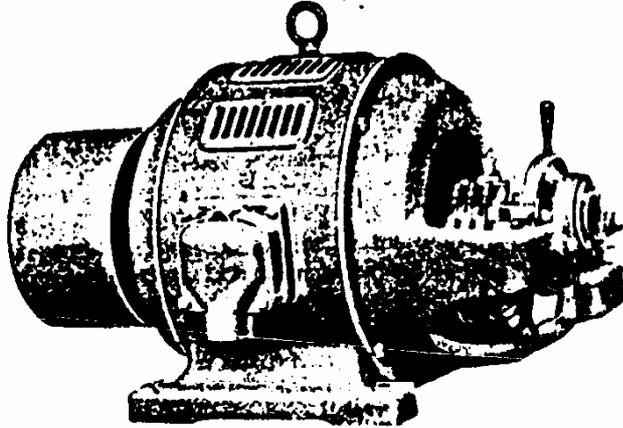
Desde el punto de vista de su protección contra contactos eventuales de personas u objetos, la penetración del agua y la introducción de cuerpos sólidos; y, de una manera general contra la influencia de los agentes exteriores, se los ha clasificado así:

- a. máquinas de construcción abierta
- b. máquinas de construcción protegida
- c. máquinas de construcción cerrada
- d. máquinas de construcción especial.

### MAQUINAS DE CONSTRUCCION ABIERTA

En estos motores, parte o la totalidad de los elementos constructivos bajo tensión, (por ejemplo devanados, rotor, colectores, escobillas, etc.) son accesibles desde el exterior, por lo que no tienen protección contra contactos accidentales de las personas; por lo mismo estas máquinas

carecen de protección contra la humedad del aire ambiente, contra salpicaduras de agua, o en forma de goteo, etc., solamente están protegidos contra cuerpos de grandes dimensiones, tales como piedras, piezas de maquinarias, etc., un ejemplo de este tipo de motor se puede ver en la figura No. 1-4.



-Motor trifásico Siemens de construcción abierta.

fig. 1.4

Este tipo de motor solo puede usarse en locales cerrados de ambiente seco, y con poco polvo, como por ejemplo en salas de máquinas de centrales eléctricas, en las gruas correderas de algunos talleres mecánicos.

La ventaja que tiene este tipo de construcción es su bajo costo de construcción y su económico mantenimiento por ser muy accesibles sus partes que requieren cuidado como son: cojinetes, escobillas, etc.

#### MAQUINAS DE CONSTRUCCION PROTEGIDA

En las máquinas de construcción protegida, las partes bajo tensión son difícilmente accesibles desde el exterior; por lo tanto, estas máquinas quedan protegidas contra contactos accidentales de las personas pero no contra contactos intencionados.

Por su disposición constructiva, estas máquinas también quedan protegidas contra la introducción de cuerpos sólidos de grandes y, de pequeñas dimensiones, pero no lo están contra el polvo y la arena.

En las figuras 1-5 y 1-6 se puede apreciar la construcción de dos tipos de motores con protección, en la figura 1-5 queda protegido contra el agua procedente de la parte superior, pero no de las salpicaduras de agua que vengan en forma casi horizontal.

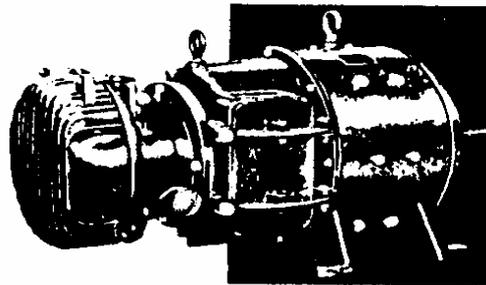
## MAQUINAS DE CONSTRUCCION ESPECIAL

Muchas veces, las máquinas eléctricas han de trabajar en ambientes muy desfavorables en condiciones muy duras. En estos casos las protecciones contra agentes exteriores vistas anteriormente resultan insuficientes, se han de preveer protecciones especiales y adecuadas a cada caso particular.

Expondremos únicamente 3 ejemplos en los que se emplea este tipo de motor:

- a. En los barcos, el ambiente en que ha de trabajar este motor es especialmente desfavorable, no solamente por el alto grado de humedad, sino porque también las sales marinas atacan y corroen casi todos los aislantes empleados en las máquinas eléctricas.
- b. En los lavaderos de carbón, además del ambiente extraordinariamente polvoriento, existe el peligro de explosión por el gas GRISU. En este caso, además de la protección absoluta contra el polvo de carbón, mediante el filtrado del aire de ventilación, hay que usar material antideflagrante, es decir, apropiado para lugares en donde pueden formarse mezclas explosivas de gases.

En la figura No. 1-8 podemos apreciar un motor para uso marino.



*-Motor de corriente continua CESA, de construcción especial para ambiente marino.*

fig. 1.8

- c. En las bombas sumergibles para pozos profundos en donde la bomba y el motor eléctrico van totalmente sumergidos en el agua para poder bombear el líquido elemento.

Como se comprenderá las juntas para producir el sellado deben ser sumamente estudiadas, ya que de otra manera no podrían funcionar estos motores con las seguridades del caso.

## 10 SEGUN CONDICIONES LOCALES

Los motores también se construyen de acuerdo al medio ambiente en que van a trabajar y es así como tenemos:

motores para regiones tropicales  
motores para regiones templadas

No es lo mismo poner a trabajar un motor en un ambiente cálido que en un ambiente templado, lo mismo se puede decir que no es lo mismo que un motor trabaje a nivel del mar que en la cordillera, ya que mientras más alto trabaje un motor eléctrico se reduce su rendimiento, la explicación es que la transmisión del calor interno hacia el medio ambiente se ve afectada por el enrarecimiento del aire.

Estas consideraciones deben tomarse en cuenta cuando queremos elegir un motor para un determinado trabajo, y considerando siempre el lugar en el que ha de ser instalado.

## 11 SEGUN SU PAR DE ARRANQUE

Con el desarrollo de diferentes tipos de rotores para motores de inducción se obtuvo diferentes pares de arranque, o sea que según de que tipo de rotor tenga el motor se obtiene más o menor fuerza durante el período de arranque, con consumo de gran corriente o poca corriente, de acuerdo a las características la NATIONAL ELECTRIC MANUFACTURER'S ASSOCIATION (NEMA) ha establecido un sistema codificado a base de letras y es así como tenemos los motores tipo A, B, C, D y F.

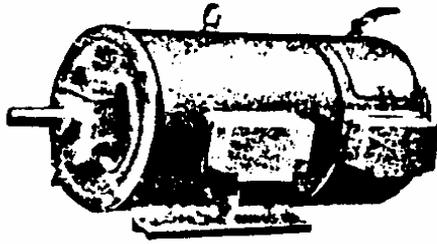
Debe tenerse en cuenta que esta clasificación es para motores de gran potencia (motores grandes) ya que en los de baja potencia como son los de hasta 20 HP generalmente se los construye de tipo A o B.

### MOTORES DE CLASE A

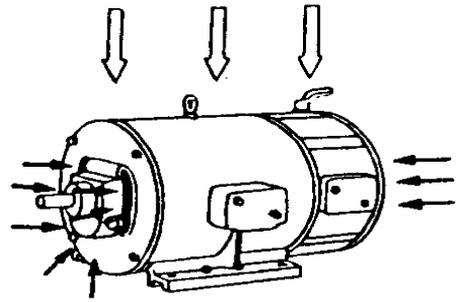
Este es un motor normal o standard fabricado para utilizarlo a velocidad constante, el rotor es de jaula de ardilla simple con ranuras de grandes secciones, toma una corriente de 5 a 7 veces la nominal (la corriente nominal es el dato de placa) y desarrolla un par de arranque de 1.5 a 1.75 veces el par nominal, tiene poco deslizamiento.

### MOTORES DE LA CLASE B

Se le denomina también motor de aplicación general; el rotor es de jaula de ardilla simple, sus barras están colocadas más profundamente que el motor de la clase A con lo que se consigue reducir la corriente de arranque a valores de 4,5 a 5 veces la nominal, el par de arranque es casi lo mismo que el motor tipo A, y se prefiere en motores sobre los 10 HP el de clase B antes que el de clase A.



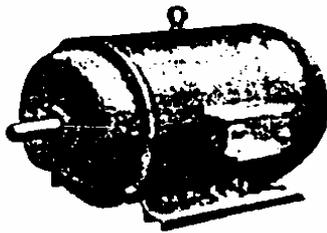
- Motor eléctrico de construcción protegida contra goteo de agua.



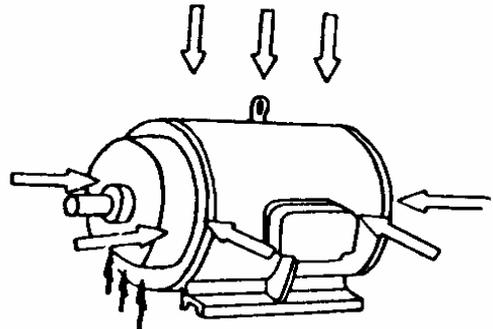
Representación esquemática de la figura anterior con indicación de los sitios donde no puede penetrar el agua (flechas blancas) y donde sí puede penetrar el agua (flechas negras).

fig. 1.5

En la figura No. 1-6 se ha representado un motor trifás con protección contra goteo y salpicaduras de agua, pero queda protegida sin embargo, del agua procedente de la pa inferior.



- Motor eléctrico de construcción protegida contra goteo y salpicaduras de agua.



- Representación esquemática de la figura anterior con indicación de los sitios donde no puede penetrar el agua (flechas blancas) y donde sí puede penetrar el agua (flechas negras).

fig. 1.6

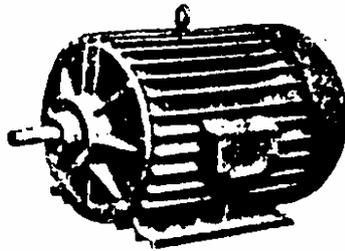
### MAQUINAS DE CONSTRUCCION CERRADA

En las máquinas de construcción cerrada, las partes de tensión no son accesibles durante el funcionamiento normal de la máquina, sino que, para llegar a ellas, se ha de de

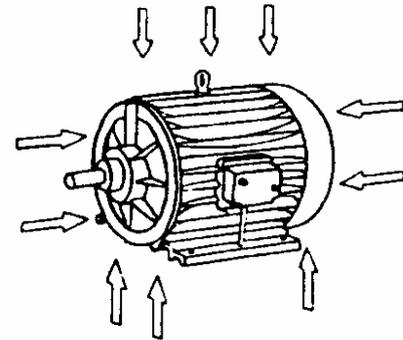
montar previamente. Por lo tanto, estas máquinas están protegidas contra contactos accidentales y contra contactos intencionados de las personas. También está protegida contra la introducción de toda clase de cuerpos extraños, excepto de polvo muy fino que arrastra el aire destinado a la ventilación de sus partes interiores.

Se utilizan frecuentemente en aserraderos, en fábricas metalúrgicas, fábricas de productos químicos, fábricas textiles; y, en general en ambientes húmedos, polvorientos o de vapores ácidos.

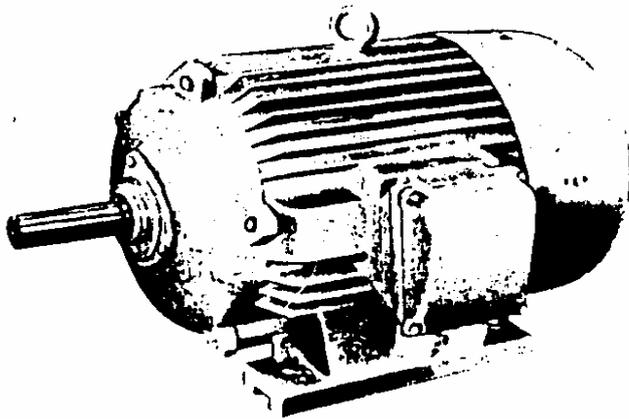
En la figura No. 1-7 a y b se puede apreciar este tipo de motor que por cierto es el más aplicado en las industrias del país.



- Motor eléctrico de construcción cerrada, con aletas exteriores de refrigeración.



- Representación esquemática de la figura anterior. Se aprecia (flechas blancas) que el agua no puede penetrar, cualquiera que sea su dirección.



- Motor trifásico ELPROM, de construcción cerrada.

fig. 1.7

Por causa de ser totalmente cerradas, el aumento de temperatura en las partes interiores sería inadmisibles si no se proveyera a estas máquinas con una enérgica ventilación; por el mismo motivo, se construyen con aletas interiores de refrigeración como se ve en la figura No. 1-7 b.

## MOTORES DE LA CLASE C

Este tipo de motor tiene un gran par de arranque aproximadamente 2,5 veces el par nominal. La gran fuerza de arranque que alcanza es debido a que su rotor está construido con 2 jaulas de ardilla, dándole con esto un arranque rápido, especialmente si arranca sin carga, pero no es aconsejable para arranques continuos por la dificultad que tiene para disipar el calor que desarrolla, en su jaula superior; toma una corriente de 3.5 a 5 veces la nominal.

## MOTORES DE LA CLASE D

Este tipo de motor tiene un gran par de arranque aproximadamente 3 veces el nominal; el rotor es de jaula simple pero sus barras son de gran resistencia eléctrica y puede tomar desde 3 a 8 veces la corriente nominal en el momento de arranque, igual que el tipo C no es aconsejable para arranques frecuentes.

## MOTORES DE LA CLASE F

Se lo conoce como el motor de par reducido y rotor de doble jaula de ardilla; se proyecta principalmente como motor de corriente de arranque reducida, pero así mismo este tipo de motor no tiene un gran par de arranque pero pueden ser arrancados conectándolos directamente a la red sin necesidad de usar otro tipo de arrancador. Se los construye con potencias sobre los 25 HP.

## 1.12 REPASO DE LA UNIDAD

- a. La gran difusión de las máquinas de corriente alterna se debe principalmente a que la energía eléctrica puede transportarse fácilmente a grandes distancias sin mayores pérdidas.
- b. Para transmitir la energía eléctrica se eleva el voltaje a valores muy elevados para así evitar pérdidas y además economía en el material de los conductores.
- c. La potencia eléctrica se mantiene la misma, lo que varía es el voltaje y la corriente, mientras sube el voltaje baja la corriente; y, cuando sube la corriente baja el voltaje.
- d. Los motores eléctricos se han clasificado así:
  1. por su sincronismo
  2. por su diseño eléctrico
  3. según su empleo
  4. según su modo de ventilación
  5. según su grado de protección (no eléctrica)
  6. según condiciones locales
  7. según su par de arranque.

### 1.13 CUESTIONARIO

1. Por qué se transmite la energía eléctrica con voltajes elevados?
2. Cuál es el principio de funcionamiento de un motor de inducción?
3. Cómo se comprueba que existe campo magnético giratorio en una carcasa de motor trifásico?
4. Cómo se han clasificado los motores eléctricos por su diseño eléctrico?
5. Según su grado de protección (no eléctrica) las máquinas se han clasificado así: ...
6. Qué es una máquina de construcción cerrada?
7. Según condiciones locales las máquinas se construyen así: ...
8. Según el par de arranque los motores se han clasificado así: ...

## **MOTORES DE FASE PARTIDA**

Dar el conocimiento básico teórico del funcionamiento del motor de fase partida; delinear los pasos a seguirse para identificar y localizar averías.

2.1 Generalidades

2.2 Funcionamiento del motor de fase partida

2.3 Partes componentes de un motor de fase partida

2.4 Identificación y localización de averías en los motores de fase partida

2.5 Serie de pruebas a ejecutar

2.6 Repaso de la unidad

2.7 Cuestionario

- Maqueta de un motor de fase partida
- Láminas del motor de fase partida
- Multímetro

## 2.1 GENERALIDADES

El motor de fase partida es un motor de corriente alterna generalmente de potencia menor a un H.P. (HORSE POWER) o lo que comunmente se dice menor a un caballo de fuerza.

Se emplea para accionar aparatos como lavadoras, pequeñas bombas de combustible, copiadoras, etc.

También se lo define como "el motor de fase partida es un motor de inducción monofásico provisto de un arrollamiento auxiliar desplazado magnéticamente respecto al arrollamiento principal; y, conectado en paralelo". Veamos la disposición unifilar de los bobinados en la figura 2.1.

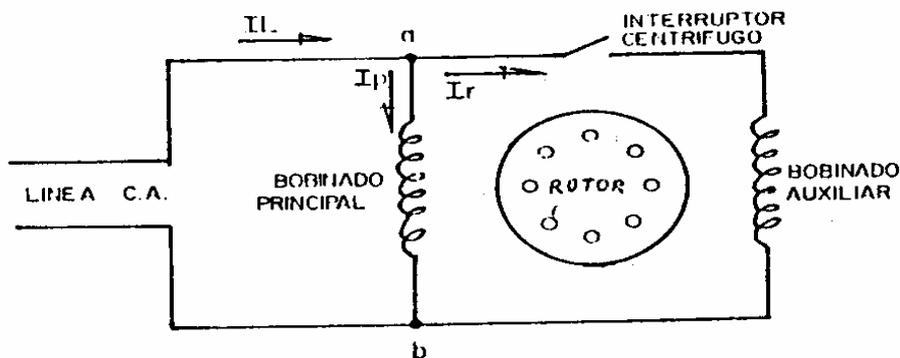


fig. 2.1 Diagrama unifilar del motor de fase partida

## 2.2 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE FASE PARTIDA

Fijémonos en la figura 2.1 cuando conectamos a la línea de corriente alterna el motor; empieza a circular la corriente que se llama  $I_L$ , al llegar al punto (a) se parte esta corriente en  $I_p$  e  $I_r$ , es evidente que el punto (b) llegará más pronto por el bobinado principal que por el bobinado auxiliar, esta diferencia de llegada hace que se combinen los campos magnéticos que producen los bobinados y se establece ahora un flujo giratorio alrededor de la carcasa y arrastre al rotor produciéndose el giro del eje.

En la unidad No. 1 se ilustró el principio de funcionamiento del motor de inducción (si no está muy claro, recomiendo volver a repasar despacio y detenidamente este principio que consta en la unidad No. 1).

Como se ve es muy fácil entender el principio de funcionamiento del motor de fase partida, vayamos ahora a ver las partes componentes del motor.

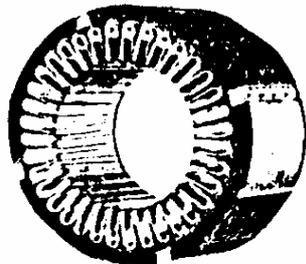
## 2.3 PARTES COMPONENTES DEL MOTOR DE FASE PARTIDA

El motor consta de cinco partes principales:

1. ESTATOR
2. ROTOR
3. TAPAS O ESCUDOS
4. RODAMIENTOS
5. INTERRUPTOR CENTRIFUGO

### 1. ESTATOR

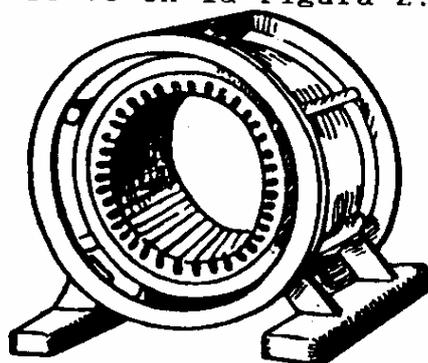
El estator está compuesto por un núcleo de chapas de hierro silíceo con ranuras semicerradas según se ve en la figura 2.2.



ranuras semicerradas.

fig. 2.2 Estator de un motor de fase partida

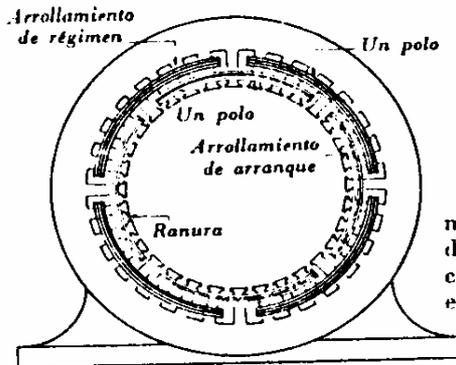
Este núcleo irá montado a presión dentro de la carcasa que puede ser de fundición de hierro, aluminio o cualquier otra aleación, según se ve en la figura 2.3.



Vista del estator de un motor monofásico.

fig. 2.3 Núcleo de chapas en el interior de la carcasa

En las ranuras se alojarán los bobinados el principal y el de arranque defasados convenientemente según se ve en la figura 2.4



— Los dos arrollamientos estáticos de un motor de fase partida. Obsérvense las cuatro secciones (polos) en que está subdividido cada uno.

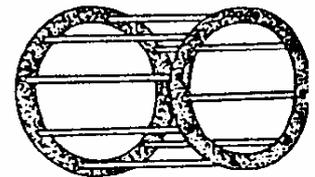
fig. 2.4 Bobinados instalados dentro del núcleo

## 2. ROTOR

Está compuesto de tres partes fundamentales y son:

- a. un eje de acero
- b. un núcleo de chapas de hierro silíceo
- c. una jaula de ardilla.

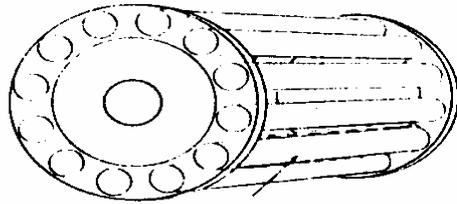
Sobre el eje de acero se montan a presión el núcleo de chapas de hierro silíceo, sobre el núcleo van dispuestas las barras de cobre o aluminio en forma de jaula, según se ve en la figura 2.5.



— Rotor de jaula de ardilla.

fig. 2.5 Rotor de jaula de ardilla

El aspecto general se puede observar en la figura 2.6



- Las barras rotóricas están soldadas a dos anillos extremos o bien fundidas conjuntamente con los mismos.

fig. 2.6 Rotor completo de un motor de jaula de ardilla

### 3. TAPAS O ESCUDOS

Tenemos dos escudos o tapas, éstos se fijan o se aseguran con pernos a la carcasa del motor. Cada tapa tiene un orificio central que es donde se alojará el rodamiento, sea este de bolas o de bocín. En una de las tapas además se montará la parte fija de un interruptor centrífugo.

### 4. RODAMIENTOS

Todos los motores tienen dos rodamientos sean estos de bolas o de bocines y cumplen las siguientes funciones:

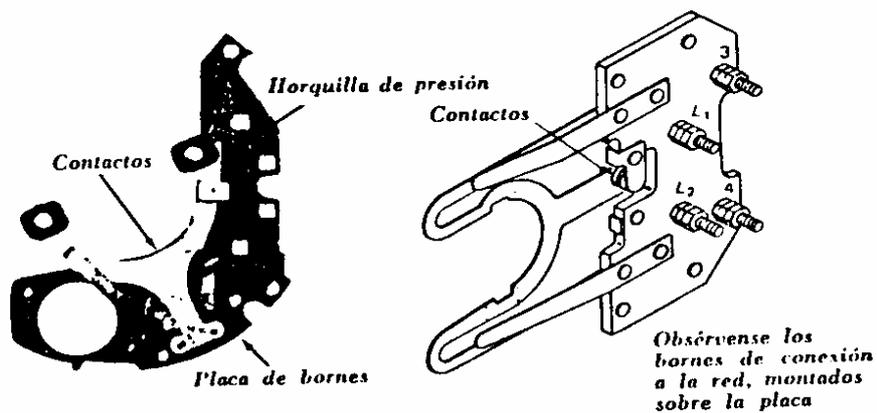
- a. sostener el peso del rotor jaula de ardilla
- b. mantener al rotor centrado en el interior del estator
- c. permitir el giro del rotor sin que roce con el estator.

### 5. INTERRUPTOR CENTRIFUGO

El interruptor centrífugo va montado en el interior del motor, y es el que sirve para desconectar el bobinado de arranque cuando el motor ha alcanzado mas o menos el 75% de velocidad nominal.

Consta de dos partes principales que son: parte fija y parte móvil.

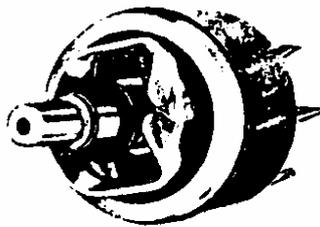
**PARTE FIJA** La parte fija del interruptor centrífugo va montada sobre uno de los escudos, sujeto con pernos o tornillos, en la figura 2.7 podemos ver dos ejemplos de la parte fija de un interruptor centrífugo.



- Dos variantes de la parte fija de un tipo de interruptor centrífugo, la cual consiste básicamente en una horquilla montada sobre una placa de bornes.

fig. 2.7 Dos ejemplos de la parte fija del interruptor centrífugo.

**PARTE MOVIL** Se llama parte móvil del interruptor centrífugo al conjunto de piezas que van montadas en el eje del rotor; y, giran conjuntamente con el rotor por eso se le llama parte móvil, la figura 2.8 nos ilustra un ejemplo.



Parte giratoria de un interruptor centrífugo, montada sobre el rotor (*Wagner Electric Company*).

fig. 2.8 Parte giratoria de un interruptor centrífugo montado sobre el rotor

En la figura 2.9 se puede observar dos fases de funcionamiento del interruptor centrífugo.

Dos fases del funcionamiento de un interruptor centrífugo.



La fuerza centrífuga separa la parte giratoria de los contactos



fig. 2.9 dos posiciones en el funcionamiento del interruptor centrífugo

## IDENTIFICACION Y LOCALIZACION DE AVERIAS EN LOS MOTORES DE FASE PARTIDA

Cuando un motor deja de funcionar correctamente, conviene seguir una norma definida para determinar las reparaciones que se requieren para ponerlo a funcionar nuevamente.

Esta norma consiste en una serie de pruebas a ejecutar, tales pruebas dan a conocer rápidamente al operario especializado si las reparaciones son de poca importancia o si es necesario un rebobinado total o parcial.

### SERIE DE PRUEBAS A EJECUTAR

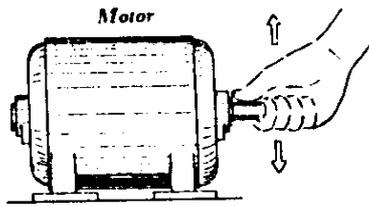
Debe seguirse un orden lógico desde que el motor llega al taller, por norma general se siguen los siguientes pasos:

#### PRIMERO

Se debe inspeccionar visualmente el motor con el objeto de descubrir averías de índole mecánica como pueden ser tapas rotas o resquebrajadas, ejes torcidos, conexiones interrumpidas o quemadas, cuando un motor se ha quemado se notará un olor fuerte y penetrante a barniz quemado, en cuyo caso no queda otro camino que el rebobinado del motor.

#### SEGUNDO

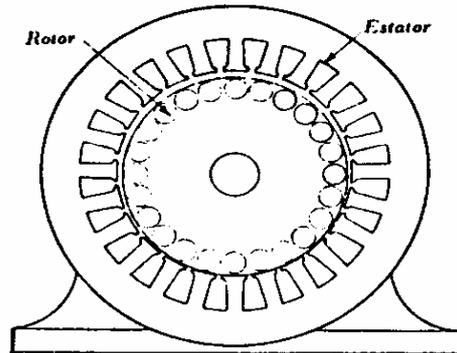
Comprobar si los cojinetes se hallan en buen estado, para ello se intenta mover el eje hacia arriba o hacia abajo, según se ve en la figura 2.10.



El estado de los cojinetes se comprueba tratando de mover verticalmente el extremo libre del eje.

fig. 2.10 Comprobación del estado de los cojinetes

Si existe juego es señal evidente que el cojinete está desgastado y puede rozar el rotor con el estator, como se ve en la figura 2.11 y desde luego no funciona el motor.



Un cojinete desgastado puede ser causa de que el rotor roce contra el estator.

fig. 2.11 Cojinete desgastado el rotor roza con el estator.

Además puede darse el caso que las tapas estén mal montadas o que el eje esté torcido, según se ve en la figura 2.12



Rotor con el eje curvado.



- Motor con los escudos montados incorrectamente. Eso dificulta o impide el libre giro del rotor.

fig. 2.12 Causas para que un motor no funcione

### TERCERO

Comprobar si existe algún "contacto a masa" o "contacto a tierra", esta prueba se realiza con ayuda de un ohmetro o con una lámpara de prueba, según se ve en la figura 2.13.

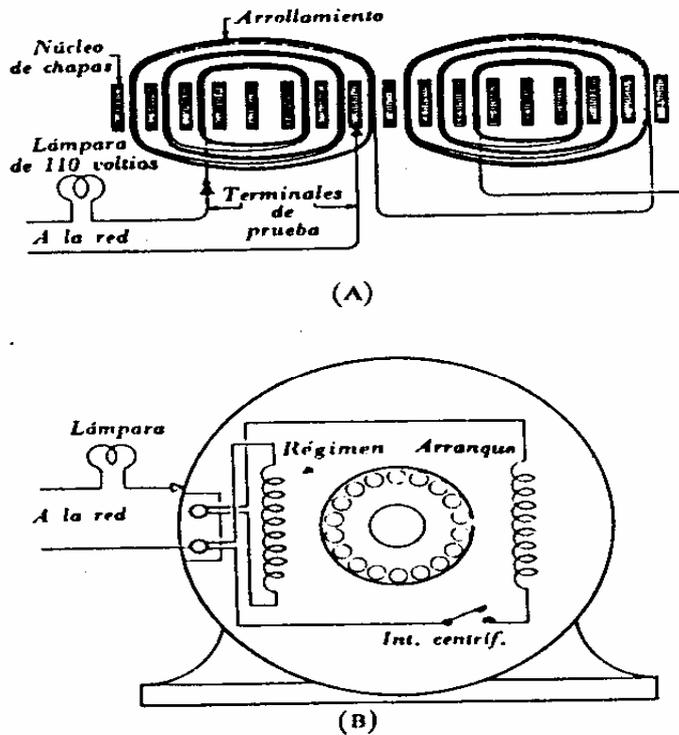


fig. 2.13 Prueba de contacto a masa o contacto a tierra

### CUARTO

Una vez que se ha comprobado que el rotor gira sin dificultad el siguiente paso es conectar el motor a la red de alimentación a través de un interruptor adecuado por unos instantes, si existe algún defecto interno es posible que salten los fusibles, o que empiece a echar humo el motor, o que el motor gire lentamente y con gran ruido, o también que el motor zumbe y no se ponga en marcha, en cualquier caso, el daño es interno y se procederá a desarmar e inspeccionar más detenidamente los arrollamientos y las conexiones.

### REPASO DE LA UNIDAD

Repasemos brevemente esta unidad.

El motor de fase partida es un motor monofásico de potencia menor a un caballo de fuerza, funciona bajo el principio de inducción electromagnética, tiene dos bobinados, el uno llamado principal o de trabajo y el otro auxiliar o de arran-

que, ambos bobinados están defasados con el fin de establecer un campo magnético giratorio cuando se conecte a la red.

Las partes componentes del motor de fase partida son:

ESTATOR

ROTOR

TAPAS O ESCUDOS

RODAMIENTOS

INTERRUPTOR CENTRIFUGO

Para la localización de averías se debe seguir una secuencia lógica y es:

PRIMERO, inspeccionar el motor visualmente con el fin de determinar averías mecánicas.

SEGUNDO, comprobar si los cojinetes se hallan en buen estado.

TERCERO, comprobar si existe "contacto a masa" o "contacto a tierra".

CUARTO, conectar el motor a la red de alimentación y luego inspeccionar si gira, saltan los fusibles, o empieza a humear el motor, en cuyo caso se requiere rebobinar.

## 2.7 CUESTIONARIO

1. Cómo se define el motor de fase partida?
2. Cómo funciona el motor de fase partida?
3. Cuáles son las partes componentes del motor de fase partida?
4. Qué pruebas se realizan en el motor de fase partida?

UNIDAD 3

REBOBINADO DE UN MOTOR DE FASE PARTIDA

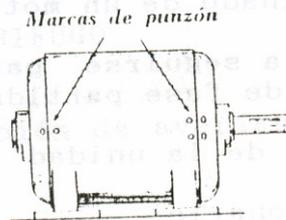
OBJETIVO: Dar el conocimiento básico para ejecutar un bobinado de motor de fase partida.

CONTENIDO: 3.1 Rebobinado de un motor de fase partida  
3.2 Pasos a seguirse para el rebobinado de un motor de fase partida  
3.3 Repaso de la unidad  
3.4 Cuestionario

RECURSOS: - Material para rebobinaje  
- Herramienta básica  
- Multímetro.

### 3.1 REBOBINADO DE UN MOTOR DE FASE PARTIDA

Cuando se ha detectado que un motor de fase partida necesita ser rebobinado porque los bobinados están quemados o cortocircuitados es necesario proceder con sumo cuidado en el desarmado del motor, primero debemos marcar las tapas con relación a la carcasa con ayuda de un punzón, según se ve en la figura 3.1.



Los escudos y la carcasa se marcan con un punzón antes de desmontar el motor.

fig. 3.1 Señales de las tapas con relación a la carcasa

No está por demás indicar que para desarmar no se debe emplear golpes excesivos ya que pueden llegar a torcerse las tapas, con lo cual luego no se puede centrar el rotor.

A continuación se debe seguir una serie de pasos en orden cronológico, esto es el 1o. y luego el 2o. y luego el 3o. como veremos a continuación:

### 3.2 PASOS A SEGUIRSE PARA EL REBOBINADO DE UN MOTOR DE FASE PARTIDA

1. TOMA DE DATOS
2. EXTRACCION DEL ARROLLAMIENTO DEFECTUOSO
3. LIMPIEZA DE LAS RANURAS
4. AISLAMIENTO DE LAS RANURAS
5. EJECUCION DEL NUEVO BOBINADO
6. CONEXION DEL NUEVO BOBINADO
7. AMARRE DEL ESTATOR
8. VERIFICACION Y PRUEBAS DEL NUEVO ARROLLAMIENTO
9. SECADO Y BARNIZADO
10. PRUEBA FINAL

**PRIMERO: TOMA DE DATOS**

Esta operación es muy importante y debe hacerse con el máximo cuidado ya que en base a estos datos procedemos al rebobinado.

Para la toma de datos es necesario disponer de una hoja de datos, como la que se ve en la figura 3.2.

MODELO DE HOJA DE DATOS PARA MOTORES DE FASE PARTIDA

Firma constructora

Potencia (CV)	Velocidad (r.p.m.)	Tensión (V)	Corriente (A)																																			
Frecuencia	Tipo	Cifra clave	Factor sobrecarga																																			
Calentamiento adm.	Modelo	Número serie	Fases																																			
Número polos	Letra clave	Número ranuras	Duración servicio																																			
Arrollamiento	Diámetro cond.	Número ramas	Pasos																																			
Trabajo			Número espiras																																			
Arranque																																						
Ranura núm.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Trabajo																																						
Arranque																																						
	Sentido giro		A derechas																A izquierdas																			

No todos los motores tienen 32 ranuras: la mayoría de los motores de fase partida tienen 36 ranuras, algunos sólo 24.

fig. 3.2 Hoja para tomar datos de motores monofásicos

Según el cuadro anterior se puede ver que en la parte superior corresponde a los datos de placa del motor; analicemos cuadro por cuadro la figura anterior.

**EN EL CUADRO:**

**POTENCIA:** Se anotará la potencia del motor en HP, en CV, o en kw, según conste en la placa, como ejemplo digamos 1/3 HP.

**VELOCIDAD:** Se anotará la velocidad a la que gira el rotor como ejemplo podría ser 1750 rpm.

**TENSION:** Se anotará la tensión nominal a la que trabaja el motor sea esta una sola tensión o dos tensiones, ejemplo 110/220 V.

**CORRIENTE:** Así mismo se anotará los valores de corriente correspondientes para cada tensión; ejemplo 7.2/3.6 Amp., esto quiere decir que cuando el motor trabaje con 110 voltios, la corriente máxima que puede tomar el motor será de 7.2 Amp. y cuando trabaje a 220 voltios la corriente máxima será de 3.6 Amp.

**FRECUENCIA:** Se anotará la frecuencia que conste en la placa de características, como ejemplo 60 Hz (sesenta ciclos).

**TIPO:** Se designa con ciertas letras y números claves según donde se fabricó el motor, y puede significar que el motor es abierto, cerrado, semicerrado, etc.

**CIFRA CLAVE:** Generalmente con esta cifra clave se codifican las dimensiones del motor, como por ejemplo: el largo, el ancho, altura de la base al centro del eje, etc.

**FACTOR DE SOBRECARGA:** Indica el porcentaje en tanto por ciento que se puede sobrecargar el motor, como por ejemplo; supongamos que en el cuadro correspondiente aparece "FS 1.1" significa que el motor en cualquier momento puede sobrecargarse un 10% de la corriente nominal sin que llegue a quemarse.

**CALENTAMIENTO ADMISIBLE:** Indica la temperatura que puede tener el motor cuando está trabajando a plena carga, desde luego se debe considerar la temperatura ambiental en la cual trabaja el motor.

**MODELO:** Cada fábrica tiene en sus archivos los modelos que van sacando, de ahí que un motor de una fábrica puede tener un modelo y otra fábrica otro modelo.

**NUMERO DE SERIE:** El número de serie también corresponde al archivo que tenga la fábrica que construyó el motor.

**FASES:** Pueden venir estos símbolos:  
1 PH o 1 Ø que significa monofásico;  
3 PH o 3 Ø que significa trifásico.

No. DE POLOS: Se puede ver físicamente y contarlos, esto es muy importante ya que la velocidad del motor depende del No. de polos así: si el motor tiene dos polos y se aplica una tensión de 60 Hz gira con una velocidad cercana a 3.600 revoluciones por minuto.

Si el motor es de cuatro polos gira con una velocidad cercana a 1.800 R.P.M.

Si es de seis polos gira con una velocidad cercana a 1.200 R.P.M.

Si es de ocho polos gira con una velocidad cercana a 900 R.P.M.

LETRA CLAVE: Indica de que tipo es el motor, ejemplo: A, B, C o D (revisar la Unidad No. 1).

NUMERO DE RANURAS: Se contará las ranuras que tiene el estator y se anotará en la casilla correspondiente.

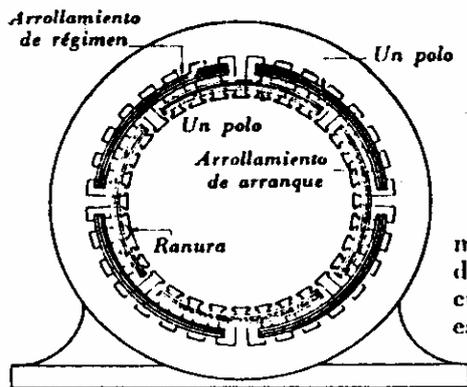
DURACION DE SERVICIO: Es importante anotar si el motor es de servicio continuo o de servicio intermitente.

Servicio continuo es cuando el motor arranca y funciona sin parar durante largo tiempo, por ejemplo: 6, 8 o 10 horas.

Servicio intermitente Es cuando el motor arranca, luego se apaga, luego se arranca, luego para y así sucesivamente, como ejemplo el motor de un compresor de aire o de una bomba de agua.

Como se dijo anteriormente se ha tomado los datos de placa del motor en la parte inferior de la hoja de datos se irá anotando los datos referentes a los bobinados y se hará mientras se va sacando el bobinado viejo.

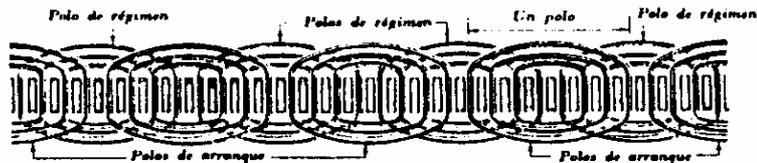
Antes de proceder a extraer el bobinado viejo conviene observar detenidamente la disposición de los bobinados dentro del estator vamos a tomar como ejemplo un motor de 4 polos y 32 ranuras en la figura 3.3 se observa los bobinados en su posición real.



- Los dos arrollamientos estáticos de un motor de fase partida. Obsérvense las cuatro secciones (polos) en que está subdividido cada uno.

fig. 3.3 Posición de los arrollamientos en el estator

En la figura 3.4 vemos el mismo arrollamiento pero como si hubiéramos cortado el estator y le hubiésemos extendido sobre la mesa de trabajo.



- Diagrama de la superficie interior del estator de la figura 3.3 mostrando las ranuras y los arrollamientos tal como aparecerían si se desarrollaran sobre un plano. Cada polo del arrollamiento de arranque está situado entre dos polos contiguos del arrollamiento de trabajo.

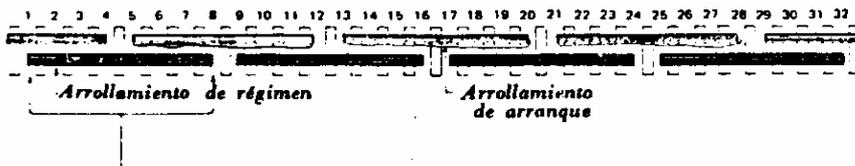


fig. 3.4 estator cortado y extendido sobre el plano de trabajo visto de frente y visto de arriba.

"Es de suma importancia anotar la posición exacta del arrollamiento de trabajo con respecto al arrollamiento de arranque".

Si al rebobinar el motor no se pone exactamente como se encontró es posible que el motor tenga dificultad al arrancar.

Es importante recordar que entre los dos bobinados debe existir un defasamiento de "90 grados eléctricos", no se debe confundir con los grados geométricos.

Si observamos más detenidamente un polo vemos que tanto el bobinado de trabajo como el de arranque constan de 3 bobinas separadas. Fig. 3.5.



Un polo

Cada polo consta de tres bobinas y cada bobina está alojada en dos ranuras separadas entre sí por una o varias ranuras.

fig. 3.5 Polo con 3 bobinas.

El número de ranuras comprendido entre los lados de una misma bobina, incluyendo las 2 en las cuales están alojados dichos lados recibe el nombre de PASO DE BOBINA, para nuestro ejemplo los pasos son 1 a 8, 1 a 6, 1 a 4 según se ve en la figura 3.6.

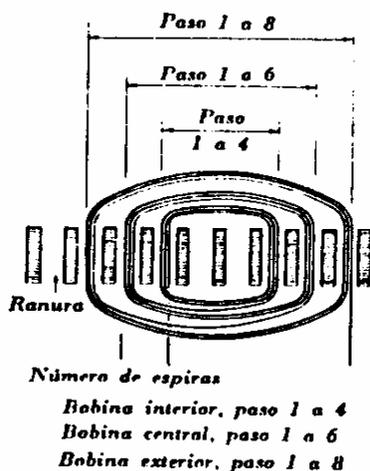
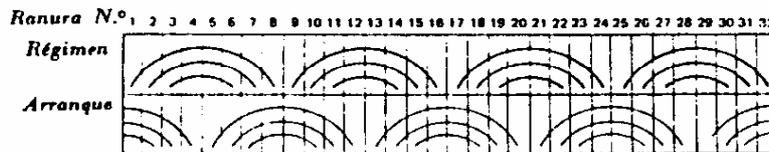


fig. 3.6 Pasos de bobina

Como se puede ver las bobinas sobresalen cierta distancia del núcleo de hierro, es importante realizar esa medición y anotar ya que cuando se fabriquen las nuevas bobinas deben tener las mismas medidas, ya que de hacerlas más grandes es posible que rocen con las tapas en cuyo caso el motor se quemará nuevamente cuando lo hagamos funcionar.

En cambio si hacemos demasiado pequeñas es posible que no entren en las ranuras, por eso hay que tener mucho cuidado al fabricar las nuevas bobinas.

En el diagrama de la hoja de datos se debe anotar la información obtenida del arrollamiento viejo como se ilustra en la figura 3.7



- Manera de anotar los pasos de las bobinas en un motor de 4 polos y 32 ranuras. Si así se desea, puede indicarse también el número de espiras de cada bobina junto a la misma.

fig. 3.7 Posición relativa de los bobinados.

Con este sistema el paso de bobina se indica simplemente trazando un arco de curva que enlace las dos ranuras donde va alojada la bobina. La anotación se efectúa primero para la bobina de arranque ya que esta es la primera que se sacará.

Todas estas anotaciones se las pondrá en la hoja de datos. Ilustremos otra disposición de bobinados muy común en los motores de fase partida. Fig. 3.8.



Diagrama de pasos para un motor de 4 polos y 36 ranuras. Los polos del arrollamiento de arranque no tienen siempre el mismo número de bobinas, sino que éste oscila alternativamente de 3 a 4.

fig. 3.8 Otro ejemplo de bobinado de fase partida.

Como se puede observar en la figura el bobinado de arranque tiene polos de 3 y 4 bobinas dispuestos alternadamente.

Otro ejemplo de bobinado constituye la figura 3.9 que ilustramos a continuación.

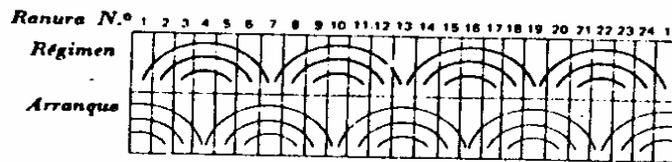


Diagrama de pasos para un motor de 4 polos y 24 ranuras. Los lados contiguos de las bobinas exteriores de dos polos consecutivos están alojados en la misma ranura.

fig. 3.9 Disposición de los bobinados para un motor 24 ranuras 4 polos.

Seguidamente debe ser anotada la clase de conexión entre polos. Esta operación sólo puede llevarse a cabo cuando se conoce las conexiones típicas en este tipo de motores. Más adelante trataremos en detalle, cuando lleguemos al capítulo "CONEXION DEL NUEVO BOBINADO".

Se tomará en consideración además mientras vamos sacando el arrollamiento viejo si el bobinado ha sido realizado con un solo alambre, con dos o con tres alambres, en cuyo caso se anotará en el casillero de la hoja de datos.

El número de ramas así si el polo ha sido fabricado con un solo alambre el número de ramas es 1, si por el contrario el polo ha sido fabricado con dos alambres delgados en vez de un grueso, entonces el número de ramas será 2 y así sucesivamente.

A continuación con ayuda del calibrador de GALGAS o lo que comunmente se le llama CALIBRADOR AWG se saca el dato del conductor respecto a su diámetro y se anotará en la hoja de datos, de no contar con el calibrador AWG entonces se empleará el MICROMETRO.

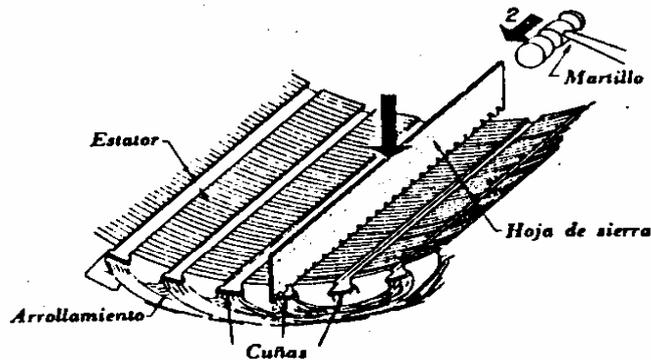
También es necesario averiguar y anotar el número de espiras que contiene cada bobina (número de alambres que constituye cada bobina) o en otras palabras el número de vueltas, esto es muy importante ya que si no ponemos el mismo número de vueltas es posible que el motor se quemé mientras realizamos las pruebas.

## SEGUNDO: EXTRACCION DEL ARROLLAMIENTO DEFECTUOSO

Generalmente los bobinados están endurecidos por la impregnación del barniz dificultando su retiro de las ranuras en ese caso conviene calentar en el horno la carcasa de tal manera que se ablande el barniz viejo, pero se debe cuidar que la temperatura no suba exageradamente ya que puede dañar las características del hierro, peor aún utilizar llama directa para quemar el barniz de los bobinados.

Seguidamente se procede a retirar contando el número de vueltas que tiene cada bobina y se anota en la hoja de datos, cuando se tiene suficiente experiencia y conocimiento esta operación se realiza con gran ahorro de tiempo siguiendo las siguientes indicaciones:

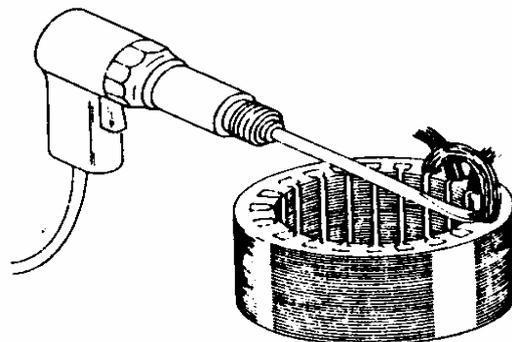
Luego de reconocer la conexión y de haber calentado el barniz se extrae las cuñas de las ranuras según se indica en la figura 3.10.



- Manera de extraer las cuñas de las ranuras con auxilio de una hoja de sierra.

figura 3.10

A continuación se corta un lado de las bobinas con un formón de carpintero o con ayuda de un escoplo neumático según se ve en la figura 3.11.



— Escoplo neumático para seccionar cabezas de bobina.

fig. 3.11.

Retiradas las cabezas de bobina y con ayuda de un sacabobinas se procede a retirar el resto de las bobinas de los polos.

### TERCERO: LIMPIEZA DE LAS RANURAS

Retiradas todas las bobinas el siguiente paso es proceder a la limpieza de las ranuras, operación igualmente importante ya que si se deja algún desperdicio o basura del aislante viejo o talvés de la antigua bobina, ésta ocupará espacio e impedirá que el alambre del nuevo bobinado entre completamente con lo que enfrentamos un problema grave al no poder introducir el número total de vueltas.

### CUARTO: AISLAMIENTO DE LAS RANURAS

Para aislar las ranuras debe usarse un material que tenga las mismas características que el original, en caso de no encontrar el material debido en el mercado se usará uno que tenga características similares en cuanto a espesor y calidad del aislamiento, en el mercado existen varias clases de material conocidos con los nombres de: PRESPAN, COPACO; HOSTATERM; en diferentes espesores desde 0.2 mm. hasta 0.4 mm. que son los más utilizados en el rebobinado de motores.

Si se ha logrado sacar un aislante intacto, éste servirá de molde para calcar el número necesario según el número de ranuras del estator, en caso de no tener la respectiva muestra se confeccionará uno que sirva de modelo, tomando en consideración que se debe hacer dobleces en los extremos que salen del núcleo, como se ve en la figura 3.12.

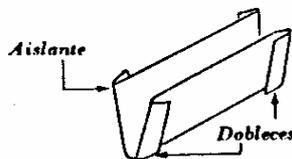


fig. 3.12 Forma de un aislamiento para motor

### QUINTO: EJECUCION DEL NUEVO BOBINADO

Las bobinas se puede ejecutar de dos modos diferentes:

- Bobinado a mano;
- Bobinado con moldes.

**BOBINADO A MANO:** Este tipo de bobinado no es muy aceptable ya que el tiempo que se demora en la ejecución trae como consecuencia menor ganancia por el

trabajo realizado, solamente se realiza así cuando se trata de bobinas que no tienen suficiente espacio para alojarse o cuando se trata de una o dos bobinas.

El procedimiento a seguirse es el siguiente:

1. Se dispone el estator según se ve en la figura 3.13

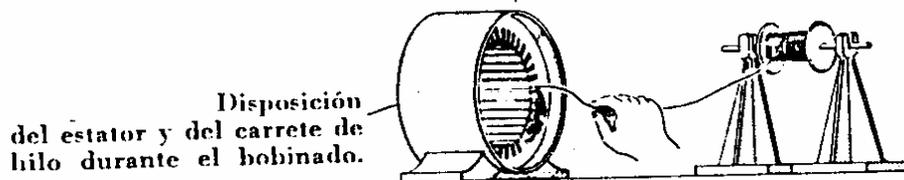


fig. 3.13 Disposición del estator para bobinado a mano.

O también se sujeta el estator sobre un portaestator como se ve en la figura 3.14

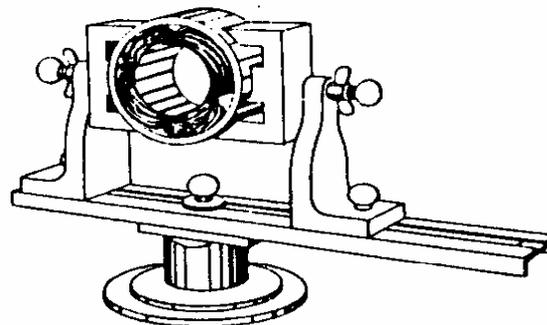


fig. 3.14 Portaestator para bobinado a mano

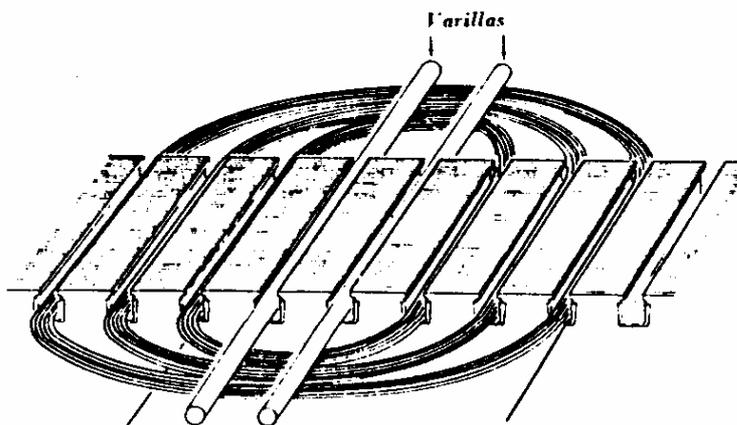
Seguidamente se coge el alambre de bobina, uno solo si en los datos que sacamos consta "número de ramas uno" o dos conductores juntos si el "número de ramas es dos" y así sucesivamente, luego se empieza a bobinar empezando por la más pequeña, se dará el número de vueltas necesario y luego se pasa a las siguientes ranuras hasta completar el polo según se ve en la figura 3.15.



Manera de bobinar a mano un polo de un estator.

fig. 3.15

Como se ve en el ejemplo el polo consta de 3 bobinas, pero si sería de cuatro bobinas entonces tendríamos que realizar una más para completar el polo, toda esa referencia nos dan los datos que previamente anotamos en la respectiva hoja, desde luego se deberá tener cuidado de que no se salgan las bobinas mientras bobinamos a mano, una buena práctica es poner varillas de madera según se ve en la figura 3.16.



Es conveniente colocar varillas de madera en las ranuras vacías para mantener las bobinas en su sitio durante el devanado.

fig. 3.16 Sujetadores de bobina para ejecución a mano.

**BOBINADO CON MOLDES:**

El primer paso es coger una bobina entera y tomar las dimensiones para trasladarla al molde de madera, generalmente se toma la más

grande, las demás toman las dimensiones de los siguientes moldes que como son concéntricos no es necesario tomar de todas.

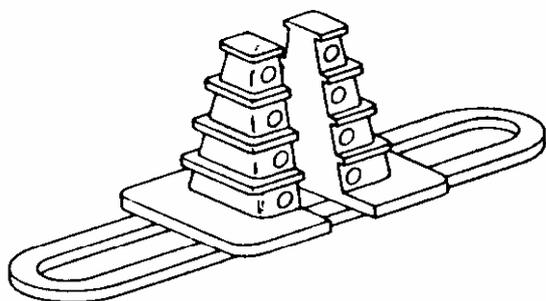
En caso de que no se haya sacado una de muestra se coge un alambre más grueso y cogiendo el paso de la más grande se simula sobre el estator el paso de bobina con la suficiente holgura, según se ve en la figura 3.17.

La forma de las diversas espiras de alambre grueso, debidamente curvadas y espaciadas, sirve para fijar el tamaño de los moldes de madera representados en la figura 3.18

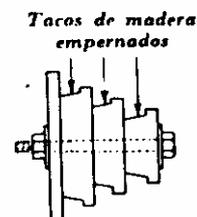


fig. 3.17 Forma de tomar la dimensión de una bobina.

Luego de haber tomado la medida de la bobina la trasladamos al molde que se ve en la figura 3.18



Modelo de molde concéntrico de cabezales ajustables, para devanar bobinas monofásicas.

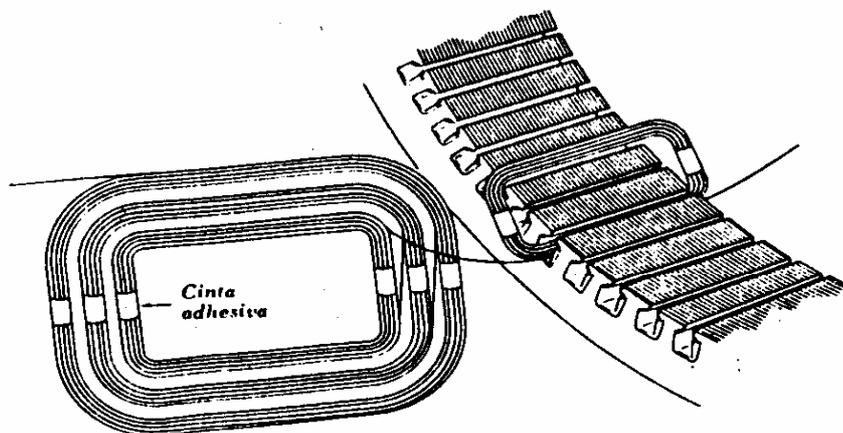


Moldes de madera utilizados para devanar encima las espiras de las bobinas.

fig. 3.18 Moldes para bobinas concéntricas.

Seguidamente el molde se pondrá en el torno si se tiene un en caso contrario se tendrá que realizarlo a mano y dar vuelta por vuelta contando el número respectivo.

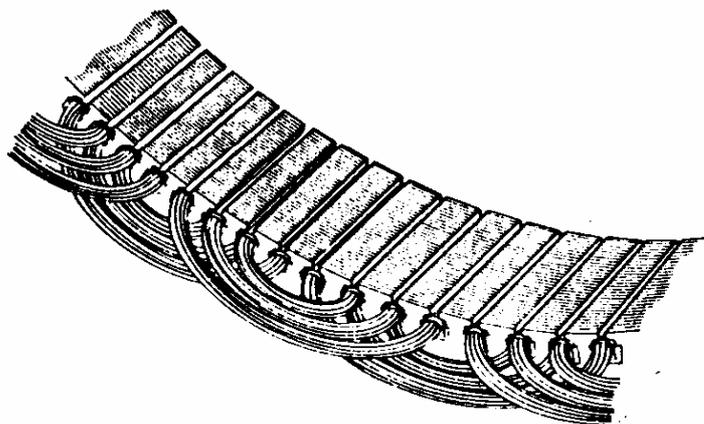
Terminada esta operación y antes de sacar el molde se necesita amarrar las bobinas ya confeccionadas con el fin de que no se desparramen y se eche a perder el trabajo, acto seguido se procede a introducir las bobinas en el estator, tal como se ve en la figura 3.19.



Manera de alojar bobinas moldeadas en las ranuras estatóricas.

fig. 3.19

En la figura 3.20 se puede ver el aspecto en que queda un estator rebobinado.



Aspecto de varios polos de un estator rebobinado.

fig. 3.20

**SEXTO: CONEXION DEL NUEVO BOBINADO**

Concluída la operación de rebobinado nos queda realizar las conexiones entre polos y para esto es condición indispensable que los polos adyacentes tengan "POLARIDADES ALTERNADAS" esto se consigue haciendo que la corriente circule por las espiras de un polo en el sentido de las agujas del reloj y en el que le sigue en el sentido contrario de las agujas del reloj, según se ve en la figura 3.21.

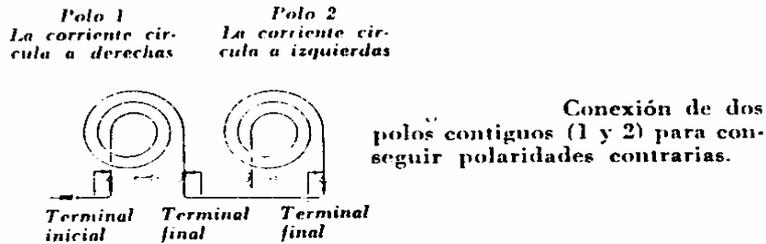


fig. 3.21 Conexión de dos polos adyacentes.

En la figura 3.22 se puede ver las características de estator de 4 polos.

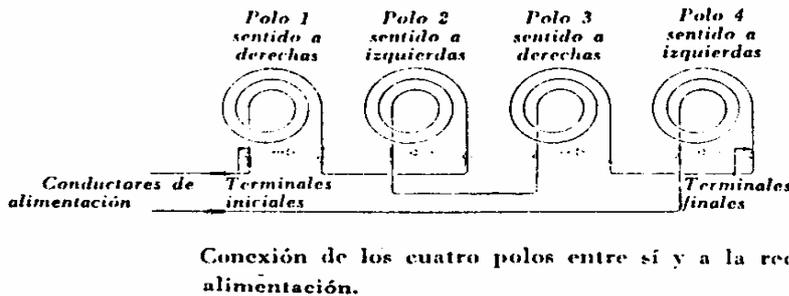


fig. 3.22 Conexión de un estator de 4 polos.

En la figura 3.23 se puede ver la forma completa como quedaría un estator de 4 polos conectado con polaridades alternadas.

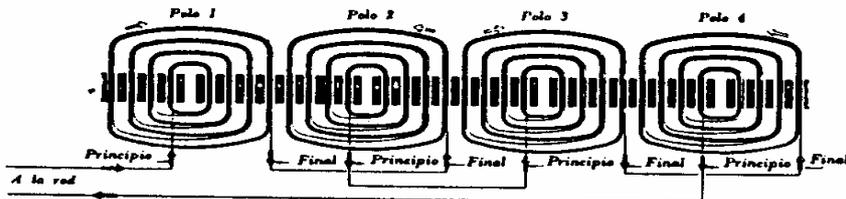


fig. 3.23 Estator de un motor de 4 polos con polaridades alternadas.

Como verá el estudiante dibujar todas las bobinas en su detalle es una operación un tanto difícil, se acostumbra hacer un diagrama de CUADROS como el que representa la figura 3.24.



- Representaciones detallada y esquemática de los cuatro polos de un arrollamiento de trabajo completo. Están conectados entre sí de modo que la corriente circule por ellos como sigue: polos 1 y 3, a derechas; polos 2 y 4, a izquierdas.

fig. 3.24 Diagrama de cuadros de la figura 3.23

La misma operación se realizará para el bobinado de trabajo como para el de arranque.

Terminada esta operación conviene comprobar si en realidad el bobinado ha quedado con polaridades alternadas para ello alimentaremos primero el bobinado de trabajo con corriente continua de baja tensión (podría ser una batería) y con ayuda de una brújula ponemos en el centro de la cara polar de cada polo según se ve en la figura 3.25.

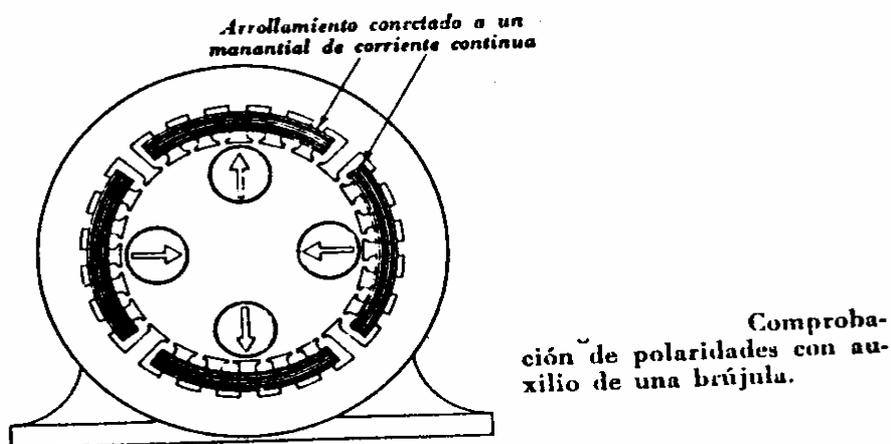


Fig. 3.25

En cada cara polar la aguja de la brújula debe cambiar de posición si la polaridad es correcta, caso contrario se debe cambiar la conexión del polo que tenga la conexión cambiada.

"RECOMIENDO AL ESTUDIANTE REVISAR Y MEMORIZAR LA UNIDAD NUMERO CUATRO PARA COMPLEMENTAR LOS CONOCIMIENTOS EN CUANTO A LOS TIPOS DE CONEXIONES DE LOS MOTORES DE FASE PARTIDA"

Cuando se ha comprobado que se tienen polaridades alternadas se procede a realizar los empalmes definitivos para lo cual se seguirá el procedimiento que se detalla en la figura 3.26.

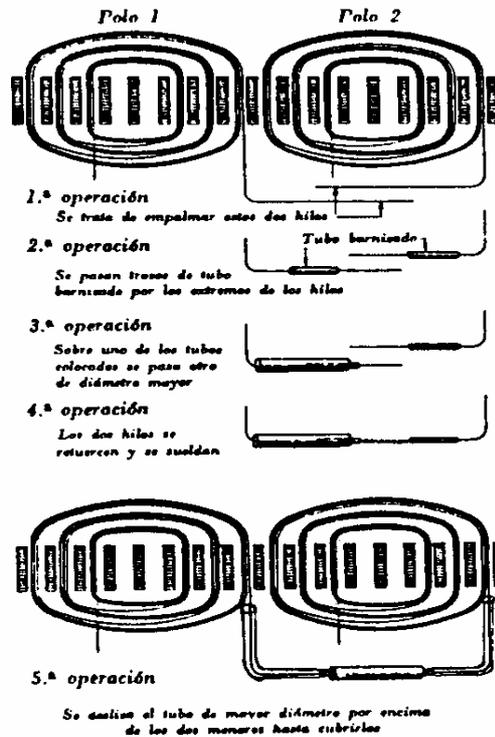


fig. 3.26 Manera de empalmar los terminales de los polos usando spaguetti.

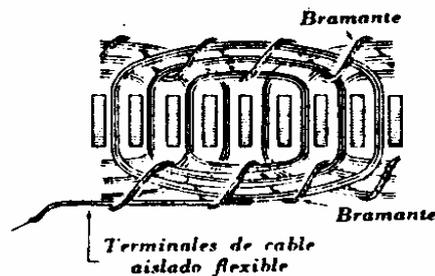
Se usa espaguetti de diferente grosor los más delgados van desde la ranura hasta el filo del empalme y el más grueso del tamaño suficiente de tal manera que cubra una parte de los spaguettis delgados y el empalme respectivo.

#### SEPTIMO: AMARRE DEL ESTATOR

Antes de proceder a amarrar el estator se debe colocar papel aislante entre el bobinado de trabajo y el bobinado de arranque, los papeles aislantes toman forma de media luna el material que se emplea debe ser el mismo que se usó en el aislamiento entre bobinado de trabajo y bobinado de arranque.

**NOTA:** En algunos motores que vienen de fábrica no tienen este papel aislante, la razón es que la fábrica ahorra material para poder vender los motores a más bajo precio pero esto implica que el tiempo de vida del bobinado también sea corto. Por eso cuando rebobinemos no debemos olvidar de poner los aislantes entre los dos bobinados para así alargar el tiempo de duración del motor.

Colocados los aislantes se procede a amarrar el estator, esta operación es igualmente importante ya que mediante el amarre quedan rígidas las bobinas y así se evita la vibración mientras funcione el motor. En la figura 3.27 se puede ver una sección del estator amarrado.



Cada cable terminal flexible se sujeta a su arrollamiento con varias vueltas de cordel, para evitar que pueda ser arrancado. Las bobinas de los arrollamientos se aseguran también sólidamente para impedir que se deshagan.

fig. 3.27 Amarre del estator.

NO está por demás indicar al estudiante que debe amarrar el bobinado moldeándolo con la mano y haciéndolo lo más firmemente posible.

#### OCTAVO: VERIFICACION Y PRUEBAS DEL NUEVO ARROLLAMIENTO

Terminada la operación de rebobinado y antes de secar el estator se deben realizar una serie de pruebas para detectar posibles fallas que puede tener el bobinado; para este paso recomiendo al estudiante revisar, estudiar y memorizar la unidad No. 4.

#### NOVENO: SECADO Y BARNIZADO

Cuando estamos convencidos que el bobinado está excelente y además ha pasado todas las pruebas es necesario secar el estator, con el fin de que salga toda la humedad que puede existir entre espiras, para ello es necesario poner el estator dentro de un horno con una temperatura de aproximada-

mente 120 grados centígrados, el tiempo de permanencia estator dentro del horno, dependerá del tamaño del estator.

Cuando no se tiene un horno se puede usar las lámparas rayos infrarrojos (focos para criar pollos), con la luz dirigida hacia el bobinado, se controlará que la temperatura suba lo suficiente.

También se puede calentar los bobinados usando voltaje controlado si se tiene el equipo para poder energizar el bobinado con pocos voltios, circulará una corriente grande que calentará los bobinados, así mismo se irá tocando con la mano hasta cuando se considere que la temperatura ha subido lo suficiente; en estas condiciones y aún caliente el bobinado se procede a echar barniz y se espera que éste se solidifique a través de los alambres de bobina, luego se espera que se solidifique y se ha terminado la operación de secado barnizado.

NOTA: El barniz que se debe emplear es el especial para motores que por cierto es un poco caro, no se debe usar el barniz que usan los carpinteros, ya que todo el trabajo lo echaríamos a perder.

#### DECIMO: PRUEBA FINAL

Lo único que nos resta es ahora hacer la prueba final armar completamente el motor y ponerlo en marcha, para probar su funcionamiento, seguidamente se medirá la corriente que toma el motor de la red, usando un amperímetro en pinzas.

Por norma general un motor monofásico debe tomar en vacío los 2/3 de corriente nominal. (corriente nominal es el valor que viene impreso en la placa de características).

Como ejemplo veamos el siguiente. Un motor de 1/2 caballo a 115 voltios toma una corriente nominal de 9.8 Amperios. Los 2/3 sería:

$$\frac{9.8}{3} = 3.266; \quad 3.266 \times 2 = 6.53 \text{ Amp.}$$

o sea que el motor funcionando en vacío debe tomar aproximadamente entre 6.5 a 7 amperios.

NOTA: Algunos motores monofásicos de bombas de agua toman la corriente nominal en vacío y cuando se acoplan a las bombas no sube dicho valor, esto que se considerará que si está bien rebobinado.

### 3 REPASO DE LA UNIDAD

Recordemos brevemente los pasos a seguirse para rebobinar un motor de fase partida.

#### PRIMERO: TOMA DE DATOS

Se tomará los datos de placa y del estator mientras se va desarmando, se anotará en la hoja de datos.

#### SEGUNDO: EXTRACCION DEL ARROLLAMIENTO DEFECTUOSO

Se sacará los datos de conexiones de los grupos, se anotará los datos restantes en la respectiva hoja de datos, luego se sacará las bobinas espira por espira si no se tiene experiencia, si se tiene experiencia se cortará cabezas de bobina de un lado del estator y luego con el sacabobinas se procederá a extraerlas.

#### TERCERO: LIMPIEZA DE LAS RANURAS

Se deberá hacer una limpieza excelente de manera que no quede nada en las ranuras, y además el resto de piezas.

#### CUARTO: AISLAMIENTO DE LAS RANURAS

Se lo realizará en lo posible con material lo más parecido al original si no existe en el mercado el papel aislante de las mismas características.

#### QUINTO: EJECUCION DEL NUEVO BOBINADO

Se lo hará a mano o usando el respectivo molde con la medida de la bobina mayor según el paso que ésta tenga.

#### SEXTO: CONEXION DEL NUEVO BOBINADO

Se lo hará tomando los datos que se sacaron del arrollamiento viejo y con el mayor cuidado en la ejecución de los empalmes.

#### SEPTIMO: AMARRE DEL ESTATOR

Los terminales de línea que se puso con alambre flexible así como el resto de los empalmes se deben amarrar con piola de algodón, no de NYLON, haciéndolo lo más firmemente posible, y además acomodando las bobinas y empalmes, previamente se pondrá medias lunas de papel aislante.

OCTAVO: VERIFICACION Y PRUEBA DEL NUEVO ARROLLAMIENTO

Estudiar la unidad número cuatro.

NOVENO: SECADO Y BARNIZADO

Usando un horno, o lámparas para criar pollos o con tensión controlada, para sacar toda la humedad, luego se echará barniz especial para motores, no el de carpintero.

DECIMO: PRUEBA FINAL

Armar todo el motor, energizar y medir la corriente que toma en vacío, aproximadamente los  $\frac{2}{3}$  de la que dice la placa del motor.

4 CUESTIONARIO

1. Qué se debe realizar primero cuando se desarma un motor?
2. Cuáles son los pasos que se debe seguir cuando se rebobina un motor?
3. Si no se encuentra papel aislante en algunos motores que vienen de fábrica y que estamos rebobinando se debe poner o no el papel y porqué?
4. Qué tipo de barniz debe emplearse?
5. Qué porcentaje de la corriente nominal debe consumir el motor de fase partida cuando se prueba en vacío?

UNIDAD 4

DETECCION, LOCALIZACION Y REPARACION DE AVERIAS EN  
LOS MOTORES DE FASE PARTIDA

OBJETIVO:

- 4.1 Pruebas
- 4.2 Reparación de averías
- 4.3 Varias conexiones típicas de motores de fase partida
- 4.4 Repaso de la unidad
- 4.5 Cuestionario

RECURSOS:

- Diagramas esquemáticos de conexiones de motores
- Zumbador
- Herramienta básica
- Multímetro.

#### 4.1 PRUEBAS

Las pruebas que se ejecutan primero son las mecánicas (revisar la Unidad 2 número 2.5) luego pasamos a las pruebas eléctricas y consisten en:

- a. Contactos a masa o contacto a tierra
- b. Interrupciones en los arrollamientos
- c. Cortocircuitos en los arrollamientos
- d. Inversiones de polaridad.

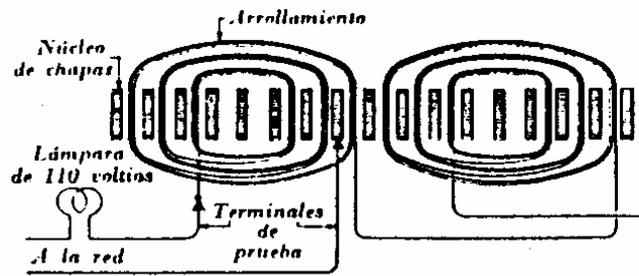
#### CONTACTOS A MASA O CONTACTO A TIERRA

Se dice que hay contacto a masa o contacto a tierra cuando hay continuidad entre cualquiera de los terminales de los bobinados y la carcasa o cualquier parte metálica del motor. Las causas más comunes son las siguientes:

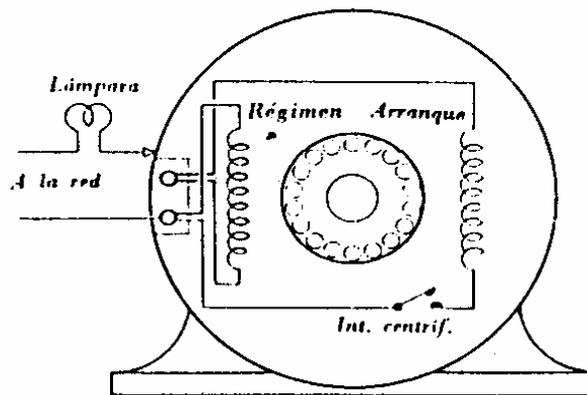
1. Al armar el motor posiblemente los pernos que sujetan las tapas están en contacto con las bobinas, por lo que estas sobresalen excesivamente de las ranuras.
2. Algunas espiras hacen contacto con las ranuras por un posible desplazamiento de los aislantes.
3. El interruptor centrífugo hace contacto con el escudo de la tapa.

En cualquiera de los casos anteriores la lámpara brillará o se prenderá o si estamos usando un ohmetro éste indicará continuidad, la manera de detectar se ve en la figura 4.1. Si se está usando una lámpara de prueba, con alimentación de 110 voltios.

En ocasiones moviendo los bobinados a uno u otro lado pronto se interrumpe la continuidad, a veces solamente cambiando la parte afectada queda bien, y habrá que poner un aislante o rebarnizar, en otras ocasiones en cambio habrá que rebobinar nuevamente. Por eso la operación de ajuste requiere de mucho cuidado.



(A)



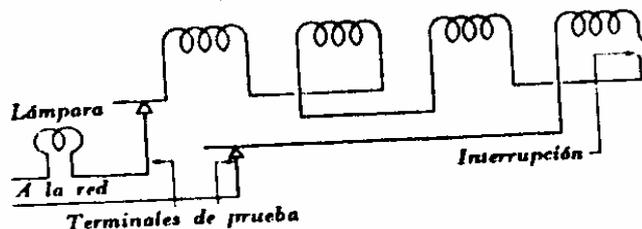
(B)

- Para detectar un posible contacto a masa en un arrollamiento, se pone un terminal de la lámpara de prueba en contacto con un extremo del arrollamiento, y el otro con la carcasa o el núcleo del estator. Si la lámpara se enciende, hay contacto a masa.

fig. 4.1

## INTERRUPCIONES EN LOS ARROLLAMIENTOS

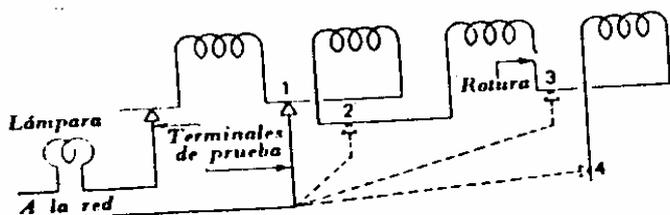
La causa más común de una avería de esta índole en un motor de fase partida es el mal estado de los empalmes, o empalmes mal ejecutados, con suciedad o sulfatados, o también la rotura de uno de los conductores sea en el arrollamiento de arranque o en el de trabajo, o también cuando el interruptor centrífugo ha sufrido algún daño. La figura 4.2 indica la forma de probar una interrupción en los arrollamientos.



A causa de una interrupción en un polo, el circuito queda abierto y la lámpara de prueba no se enciende.

fig. 4.2

Si la lámpara no se enciende quiere decir que no existe continuidad, la figura 4.3 ilustra la manera de localizar cuál de los polos está interrumpido.

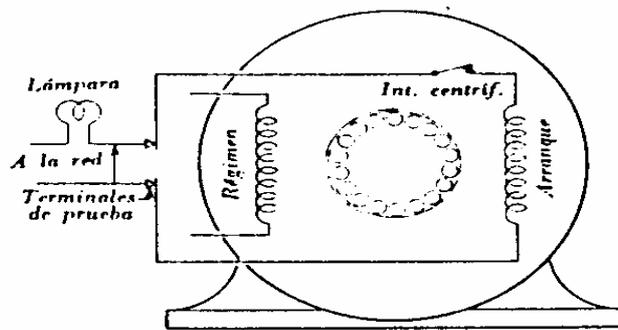


Manera de localizar cuál de los polos está interrumpido.

fig. 4.3

En un terminal de prueba se conectará al terminal del arrollamiento sea éste de trabajo o de arranque y luego con el otro terminal se irá recorriendo en cada unión de los polos en áquel en que no se prenda la lámpara o no de continuidad el ohmetro es señal evidente que aquel polo tiene interrupción en cuyo caso habrá que remediar inmediatamente.

En el caso del bobinado de arranque es un tanto más difícil, ya que recordemos que en serie con el arrollamiento está el interruptor centrífugo. Este dispositivo es sin duda el más frecuente responsable de averías de este tipo ya que sus platinos se van desgastando y ensuciando, además el resorte autagónico se va debilitando y no ejerce la presión que es debida, en primer lugar debe verificarse este elemento y luego comprobar el resto del arrollamiento, según se ve en la figura 4.4.



- Manera de detectar una interrupción en un circuito de arranque montado en su estator.

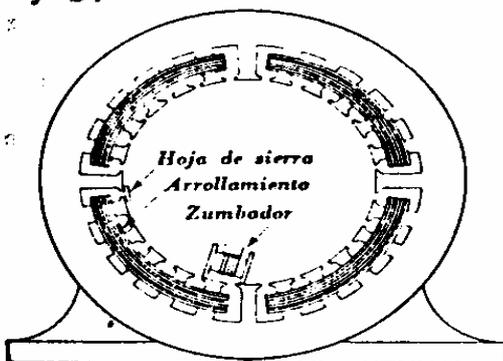
fig. 4.4

### CORTOCIRCUITOS EN LOS ARROLLAMIENTOS

Se produce un cortocircuito cuando dos o más espiras están en contacto eléctrico directo por deterioro en el aislamiento del alambre de bobina que puede haber sido causado por una sobrecarga, excesivo voltaje o temperatura de funcionamiento demasiado elevada. En arrollamientos nuevos puede provocarse por que al rebobinar el alambre fue sometido a esfuerzos demasiado rígidos, o por el rozamiento con el núcleo de hierro mientras se rebobinaba.

Cuando se tiene un cortocircuito y se conecta el motor a la red el motor toma una excesiva corriente en vacío, o también cuando el motor humea mientras se mantiene conectado a la red, en cuyo caso solo queda por desconectar inmediatamente el motor de la red y proceder al rebobinado.

Cuando se dispone de un zumbador para probar bobinas de estatores se puede detectar bobinas con cortocircuito con la ayuda de una hoja de sierra, según se ve en la figura 4.5 a y b.



Localización de bobinas con espiras en cortocircuito por medio de una bobina inductora o de prueba.



- Aspecto exterior de una bobina de prueba

fig. 4.5 a y b.

Cuando la hoja de sierra vibra es señal evidente que hay cortocircuito.

### INVERSIONES DE POLARIDAD

Son consecuencia de una mala conexión entre polos, ya que recordemos que los polos deben estar conectados de manera que den polaridades alternadas, teniendo en consideración que "cualquiera sea la conexión, sea en serie, o paralelo, o serie-paralelo siempre deben darnos los polos polaridades alternadas, a menos que el fabricante haya mandado de fábrica con POLOS CONSECUTENTES en cuyo caso al observar los polos físicos (los polos que se ven en la carcasa) deben ser la mitad de lo que nos indica la placa de características, esto es por ejemplo: si en la placa aparece 1750 R.P.M., 60 ciclos, quiere decir que en el interior deben haber 4 polos físicos, pero si encontramos únicamente 2 polos físicos quiere decir que la conexión de los polos es con POLARIDAD CONSECUTENTE y por lo mismo tendremos cuatro polos en funcionamiento y la velocidad al conectar el motor será entonces de 1750 R.P.M.

Para saber la velocidad según el número de polos se aplica la siguiente fórmula:

$$S = \frac{120 \times f}{\text{No. polos}}$$

S = velocidad del motor en r.p.m.

120 = constante para el cálculo de la velocidad

f = frecuencia de la red (en nuestro país es de 60 Hz).

No. polos = No. de polos

Por ejemplo si se tiene un motor de dos polos la velocidad será:

$$S = \frac{120 \times 60}{2} = 3.600 \text{ r.p.m.}$$

Si se tiene uno de 4 polos, la velocidad será:

$$S = \frac{120 \times 60}{4} = 1.800 \text{ r.p.m.}$$

Para uno de 6 polos, será:

$$S = \frac{120 \times 60}{6} = 1.200 \text{ r.p.m.}$$

Cuando se tiene duda en la conexión de los polos, lo mejor es comprobar si en realidad están cumpliendo la función correcta para lo cual se dispone el estator sin el rotor, seguidamente se alimenta al bobinado con corriente continua de baja tensión, ejemplo una batería y con la ayuda de una brújula se pasa frente a cada centro de polo y si la conexión es correcta la aguja de la brújula irá cambiando de polaridad alternativamente según se ve en el gráfico 4.6.

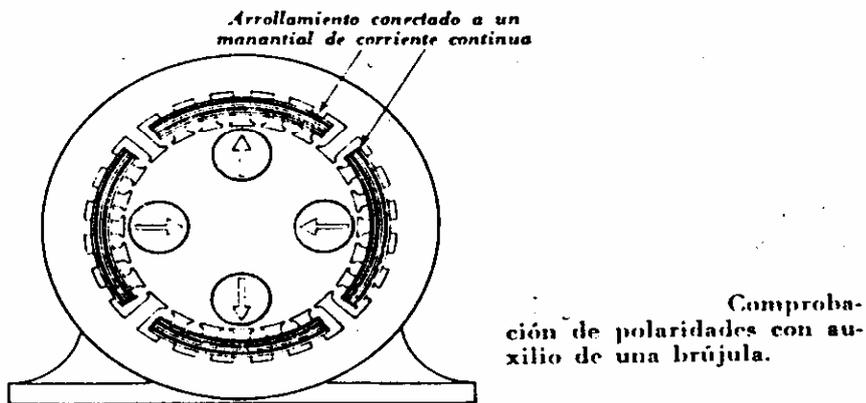


fig. 4.6

Si no se dispone de una brújula se puede usar un clavo; se conectará así mismo el estator a una fuente de corriente continua y si el clavo se pega en dos polos consecutivos la conexión es correcta, en caso contrario se tendrá que revisar la conexión, la figura 4.7 ilustra la verificación de la polaridad mediante el clavo.

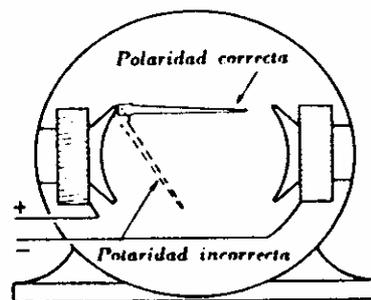


fig. 4.7 Verificación de polaridad con ayuda de un clavo.

## 4.2 REPARACION DE AVERIAS

A continuación se describirán diversas averías que pueden presentarse en los motores de fase partida, se ha clasificado en 4 grupos que son:

1. EL MOTOR NO SE PONE EN MARCHA
2. EL MOTOR GIRA A UNA VELOCIDAD INFERIOR A LA NORMAL
3. EL MOTOR FUNCIONA PERO SE CALIENTA EN EXCESO
4. EL MOTOR FUNCIONA CON RUIDO.

1. EL MOTOR NO SE PONE EN MARCHA

Quando se conecta a la red eléctrica un motor y este no gira las causas pueden ser las siguientes:

AVERIAS	REPARACION
a. fusibles quemados	a. reemplazar fusibles
b. voltaje más bajo que el nominal.	b. chequear con el voltímetro si el voltaje que llega a los terminales del motor es correcto.
c. arrollamientos de trabajo o arranque interrumpido.	c. chequear según el procedimiento 4.1.b de esta unidad.
d. un arrollamiento con contacto a masa.	d. chequear según el procedimiento 4.1.c de esta unidad.
e. un arrollamiento quemado.	e. Se identifica porque al conectar el motor a la red los fusibles saltan, y también por el olor a barniz quemado, lo mejor es rebobinar el arrollamiento quemado o los dos arrollamientos.

f. Dispositivo de protección térmica con los contactos abiertos.	f. Algunos motores están provistos con el guardamotor o dispositivo de protección térmica, se debe revisar si existe continuidad en los bornes de conexión.
g. sobrecarga excesiva.	g. cuando el motor está sobrecargado al conectar a la red este zumbará y no girará, para comprobar esto se debe desconectar la carga del motor y hacerlo trabajar en vacío.
h. Cojinetes desgastados o agarrotados.	h. Se debe chequear que el rotor gire libremente, sin que exista rozamiento entre rotor y estator.
i. escudos o tapas montados en forma incorrecta	i. Con ayuda de una maceta de caucho o plástico se golpea las tapas, si está bien montado el sonido será "limpio", caso contrario sonará "hueco". Se debe reajustar y en todo momento ir golpeando hasta que de un sonido "limpio" y el eje gire libremente.

## 2. EL MOTOR GIRA CON VELOCIDAD INFERIOR A LA NORMAL

Cuando el motor no alcanza la velocidad normal de funcionamiento es probable que tenga algunos de los defectos que se describen a continuación:

AVERIA	REPARACION
a. Cortocircuito en el arrollamiento de trabajo	a. Palpar con la mano cada uno de los polos, el polo más caliente es el que tiene cortocircuito en cuyo caso habrá que rebobinar el polo en mención.

<p>b. Permanencia en servicio del arrollamiento de arranque.</p>	<p>b. Pueden estar soldados los contactos o la fuerza del resorte antagónico es insuficiente, revisar cuidadosamente si conecta y desconecta el interruptor centrífugo.</p>
<p>c. Inversiones de polaridad en el arrollamiento de trabajo.</p>	<p>c. Se comprobará mediante la brújula o el clavo.</p>
<p>d. cojinetes desgastados</p>	<p>d. Es causa de sobrecarga el motor funciona con ruido, se deberá reemplazar los cojinetes.</p>
<p>e. barras del rotor flojas o desprendidas de los anillos de la jaula de ardilla.</p>	<p>e. El motor funcionará con ruido y bajará totalmente la potencia, se deberá soldar o remachar firmemente las barras que estén sueltas.</p>

### 3. EL MOTOR FUNCIONA PERO SE CALIENTA EN EXCESO

Las causas de que un motor se calienta en exceso tras un corto periodo de funcionamiento son las mismas que fueron descritas anteriormente (No. 2 motor gira con velocidad inferior a la normal).

### 4. EL MOTOR FUNCIONA CON RUIDO

Se debe diferenciar entre el funcionamiento del motor con ruido y el funcionamiento del motor con zumbido magnético.

Cuando el motor funciona con zumbido magnético se puede deber a:

- a. cortocircuitos en cualquiera de los arrollamientos;
- b. conexiones erróneas entre polos;
- c. barras rotóricas sueltas.

Cuando el motor funciona con ruido se puede deber a:

- a. cojinetes desgastados, en cuyo caso rozará el rotor contra el estator.
- b. interruptor centrifugo deteriorado, en cuyo caso el ruido será como de una pieza suelta en el interior del motor.
- c. juego axial excesivo; en cuyo caso el rotor estará desplazándose de un lado al otro, se deberá poner las arandelas expansoras junto a uno de los rodamientos para solucionar el problema.
- d. presencia de cuerpos extraños en el motor, sucede a veces que ha quedado un pedazo de aislante sobresalido, en cuyo caso el sonido será ritmico, se deberá desmontar el rotor y determinar donde está rozando, procediendo a retirar con sumo cuidado la parte que sobresale del aislante.

#### 4.3 VARIAS CONEXIONES TÍPICAS DE MOTORES DE FASE PARTIDA

##### MOTORES DE DOS POLOS UNA SOLA TENSION

CONEXION SERIE  
DIAGRAMA ESQUEMATICO

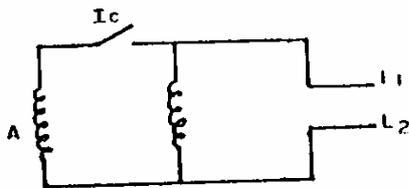
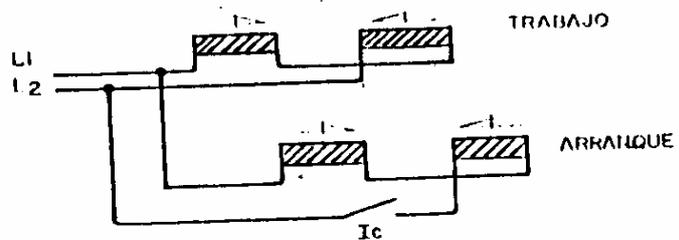


DIAGRAMA DE CUADROS



CONEXION PARALELO DEL BOBINADO DE TRABAJO Y ARRANQUE EN SERIE

DIAGRAMA ESQUEMATICO

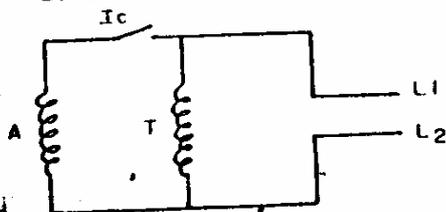
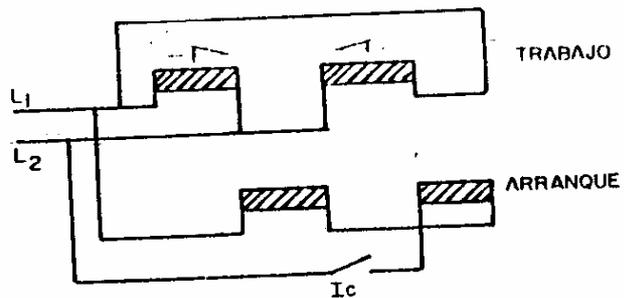
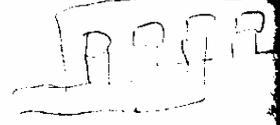
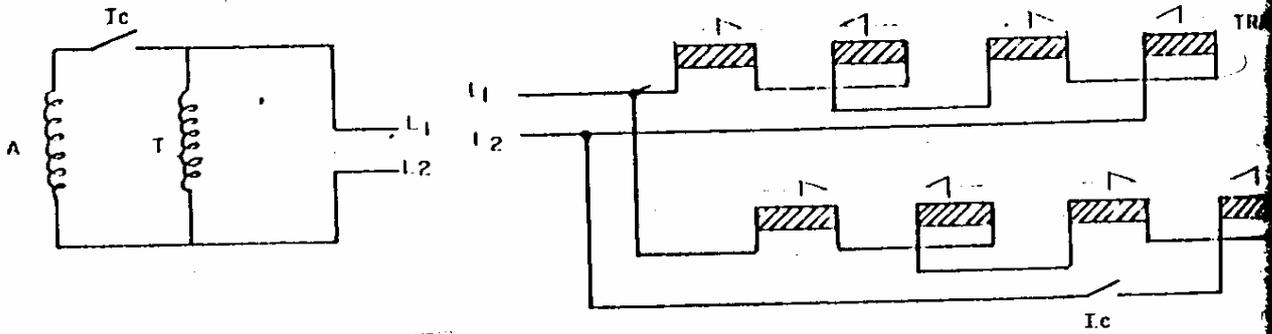


DIAGRAMA DE CUADROS



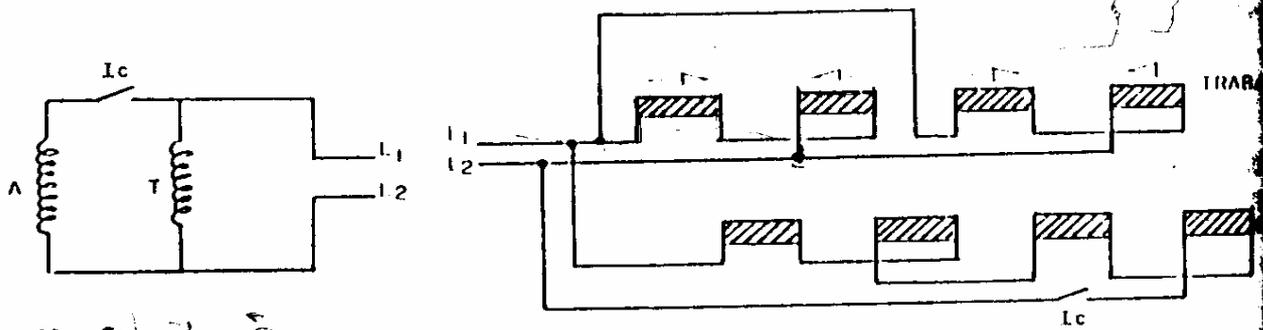
# MOTORES DE 4 POLOS UNA SOLA TENSION

## CONEXION SERIE



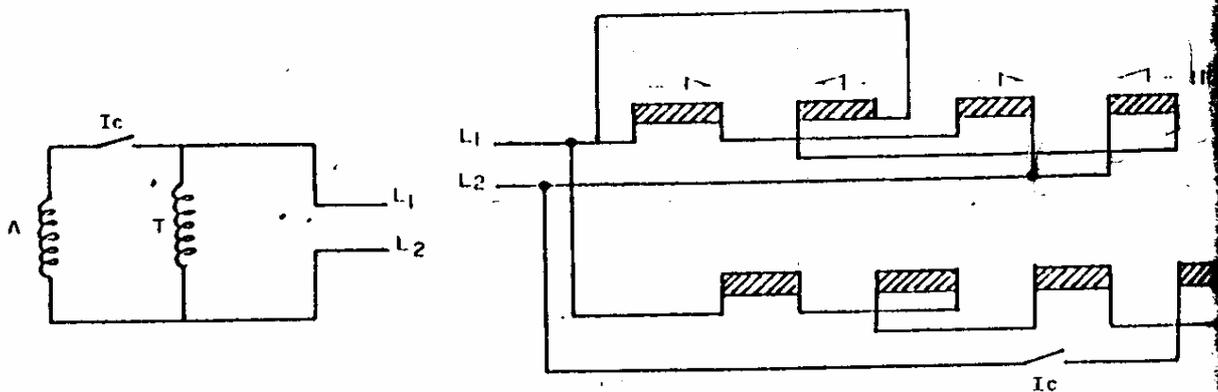
## MOTOR DE CUATRO POLOS

### CONEXION SERIE - PARALELO DEL ARROLLAMIENTO DE TRABAJO CASO 1 CON PUENTES CORTOS



## MOTOR DE CUATRO POLOS

### CASO 2 CON PUENTES LARGOS



## MOTORES DE DOS POLOS DOS TENSIONES

Si un motor ha sido proyectado para que trabaje con dos tensiones diferentes por ejemplo 110 o 220, el bobinado de trabajo estará dividido en dos secciones exactamente iguales, el bobinado de arranque estará proyectado para funcionar con la tensión menor. Los diagramas que vemos a continuación son los diagramas típicos que se pueden presentar.

### MOTOR DE DOS POLOS

DIAGRAMA ESQUEMATICO

DIAGRAMA DE CUADROS

DIAGRAMA ESQUEMATICO

DIAGRAMA DE CUADROS

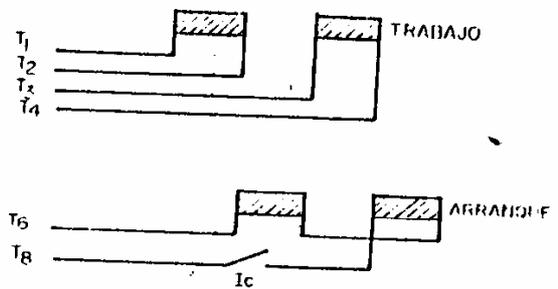
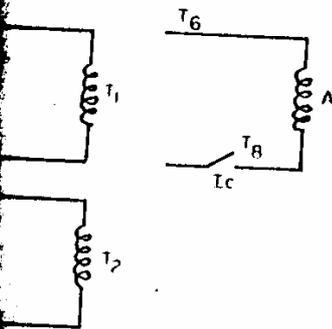
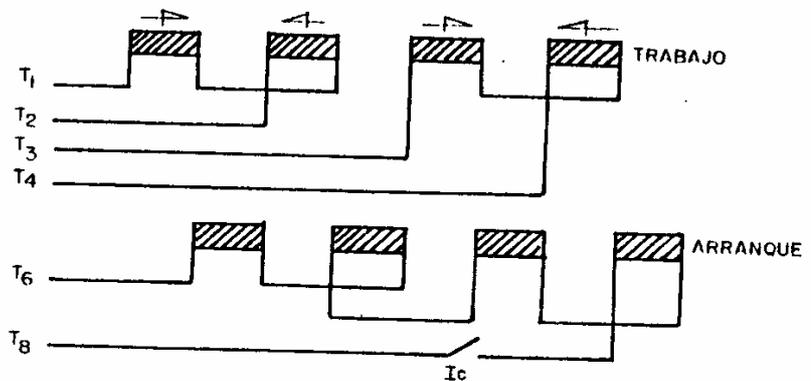
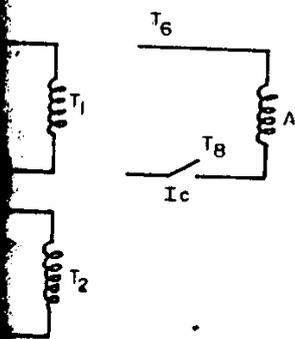


DIAGRAMA DE CUADROS

### MOTOR DE CUATRO POLOS

DIAGRAMA ESQUEMATICO

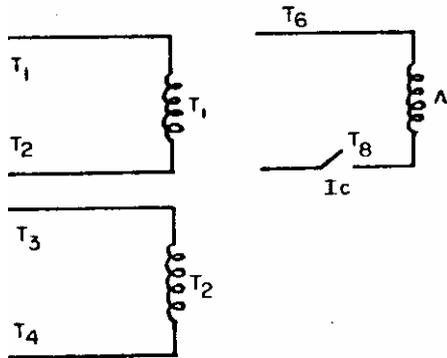
DIAGRAMA DE CUADROS



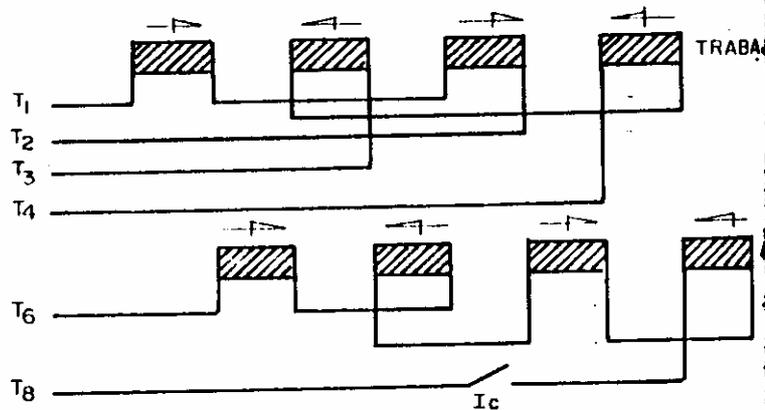
## MOTOR DE CUATRO POLOS

### CASO 2 PUENTES LARGOS

#### DIAGRAMA ESQUEMATICO



#### DIAGRAMA DE CUADROS



#### 4.4 REPASO DE LA UNIDAD

Lo primero que debemos ejecutar cuando el motor llega al taller es la serie de pruebas mecánicas, luego las eléctricas en las que se destacan las siguientes:

- contactos a masa, o contactos a tierra,
- interrupciones en los arrollamientos,
- cortocircuitos en los arrollamientos, e
- inversiones de polaridad.

No debemos olvidar que al conectar los polos de los motores estos deben conectarse de tal manera que nos den polaridad alternada excepto cuando el fabricante haya diseñado motores para que trabajen con POLOS CONSECUTIVOS. Para la reparación de averías se ha clasificado en cuatro grupos que son:

- el motor no se pone en marcha,
- el motor gira a una velocidad inferior a la normal,
- el motor funciona pero se calienta en exceso, y
- el motor funciona con ruido.

Debemos reparar detenidamente las conexiones típicas y comunes de los motores de fase partida.

## CUESTIONARIO

1. Qué pruebas eléctricas se realizan en los motores eléctricos?
2. Cómo prueba cortocircuitos en los arrollamientos?
3. Cuáles son las causas probables y su remedio cuando el motor funciona pero se calienta en exceso?
4. Cuáles son las causas posibles para que el motor funcione con velocidad inferior a la normal?
5. Dibuje el diagrama unifilar y el de cuadros de un motor de 4 polos y puentes largos.