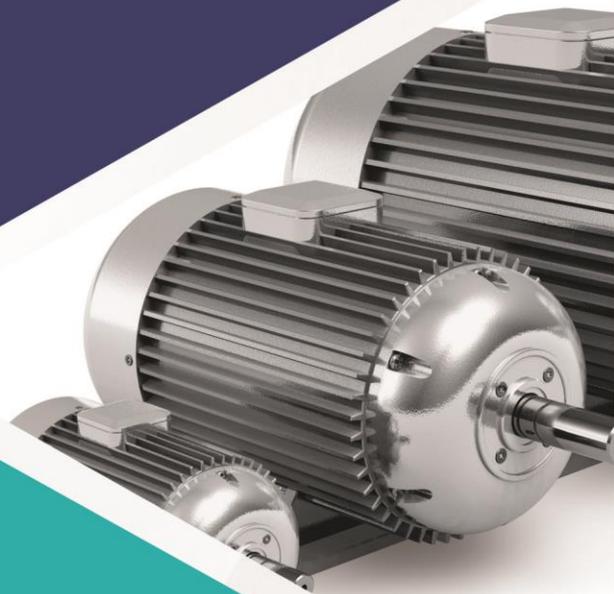




Bobinado de Motores



Electricidad



ÍNDICE.

UNIDAD 1 EL MOTOR ELÉCTRICO.

- 1.1 Motor Eléctrico.
- 1.2 Clasificación de Motores Eléctricos.
- 1.3 Principio de funcionamiento.
- 1.4 Motor de Corriente Continua.
 - 1.4.1 Motor en serie.
 - 1.4.2 Motor en Paralelo.
 - 1.4.3 Motor Compuesto.
- 1.5 Motor de Corriente Alterna.
 - 1.5.1 Motor síncrono.
 - 1.5.2 Motor trifásicos.
 - 1.5.3 Motor Monofásicos.
- 1.6 Motor Universal.

UNIDAD 2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN MOTOR ELÉCTRICO.

- 2.1 Componentes básicos de un motor Jaula de Ardilla.
- 2.2 Carcaza.
- 2.3 Núcleo del estator.
- 2.4 Devanados.
- 2.5 Aislamiento.
- 2.6 Núcleo del rotor.
- 2.7 Rodamientos.

UNIDAD 3 MOTORES MONOFÁSICOS.

- 3.1 Consideraciones teóricas.
- 3.2 Motor monofásico de inducción (jaula de ardilla).
- 3.3 Motor fase partida.
- 3.4 Arranque con capacitores.
- 3.5 Motor con capacitor de arranque.
- 3.6 Motor con capacitor permanente.
- 3.7 Motor con dos capacitores.
- 3.8 Motor Universal.
- 3.9 Motor de polos sombreados.
- 3.10 Velocidad.

UNIDAD 4 LOCALIZACIÓN DE FALLAS DE MÁQUINAS DE C.A. MONOFÁSICAS CON ROTOR JAULA DE ARDILLA.

- 4.1 Consideraciones teóricas.
- 4.2 Fallas en accesorios de control.
- 4.3 Detección de fallas en los devanados.
- 4.4 Platinos abiertos.
- 4.5 Detección de fallas en el condensador de arranque.
- 4.6 Detección de fallas en baleros.
- 4.7 Detección de fallas en chumaceras.

UNIDAD 5 REBOBINADO DE MOTORES MONOFÁSICOS CON ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA

- 5.1 Consideraciones teóricas.
- 5.2 Toma de datos.
- 5.3 Extracción de bobinas.
- 5.4 Aislamiento de ranuras.
- 5.5 Rebobinado del estator.
- 5.6 Formas de fabricar los devanados, devanados a mano.
- 5.7 Conexión del nuevo devanado.
- 5.8 Detecciones de inversiones de polaridad.

UNIDAD 6 PRUEBAS EFECTUADAS A MOTORES ELÉCTRICOS.

- 6.1 Consideraciones teóricas.
- 6.2 Prueba dieléctrica de resistencia de aislamiento.
- 6.3 Prueba dieléctrica de alto potencial.
- 6.4 Prueba de marcha con carga.
- 6.5 Prueba de rotor bloqueado.

UNIDAD 7 MOTOR TRIFÁSICO CON ROTOR JAULA DE ARDILLA

- 7.1 Motores trifásicos.
- 7.2 Características generales en motores trifásicos.
- 7.3 Conexiones en motores trifásicos.
- 7.4 Como realizar una conexión Estrella.
- 7.5 Conexión Delta.
- 7.6 Conexión para doble tensión de servicio.

UNIDAD 8 REBOBINADO DE MOTORES TRIFÁSICOS.

- 8.1 Introducción.
- 8.2 Rebobinado de un motor trifásico.
- 8.3 Toma de datos.
- 8.4 Extracción del Arrollamiento Antiguo.
- 8.5 Confección de las bobinas.
- 8.6 Colocación de las bobinas en las ranuras.

UNIDAD 9 IDENTIFICACIÓN DE LAS TERMINALES DE MOTORES TRIFÁSICOS.

- 9.1 Forma de identificación de terminales.
- 9.2 Conexión estrella.
- 9.3 Conexión delta.

UNIDAD UNO EL MOTOR ELÉCTRICO

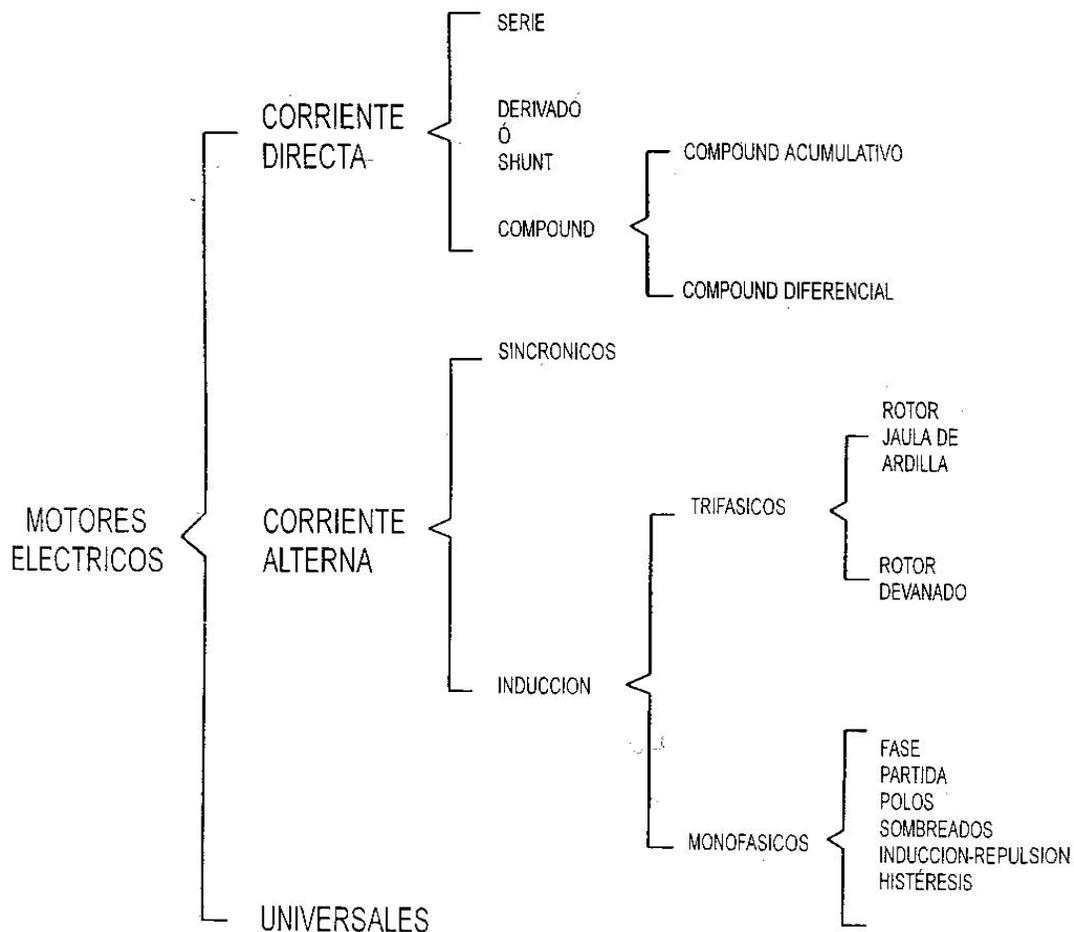
1.1 MOTOR ELÉCTRICO.

Definiremos a un motor eléctrico como una máquina que tomando energía eléctrica (watts), suministrada por una fuente externa a través de sus terminales, la transforma a energía mecánica (caballos de potencia), transmitida a través de una flecha.

1.2 CLASIFICACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Los motores eléctricos son muy usados en la industria, el comercio y en el hogar. Se utilizan prácticamente en todos lados. Así pues si analizamos por ejemplo, en el hogar ¿Cuántos motores eléctricos tenemos? Nos daremos cuenta que mínimo existirán 5 o 6 motores que se encuentran instalados en el refrigerador, licuadora, batidora, lavadora, secadora de pelo, bomba para agua, etc.

Dependiendo del diseño, características y tipo de motor, este nos puede proporcionar una potencia tal que pueda ser capaz de ser aprovechada para ciertos trabajos. Así por ejemplo existen motores que están contruidos para soportar trabajos pesados y consumir corrientes elevadas como otros que solamente serán utilizados para aprovechar su alta velocidad pero sin realizar gran esfuerzo mecánico. Debido a las múltiples tareas, trabajos y funciones que desempeñan los motores eléctricos, se pueden clasificar en:



1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR.

El funcionamiento de un motor depende de la interacción de campos magnéticos. Si revisamos las leyes del magnetismo, encontraremos que:

LOS POLOS IGUALES SE REPELEN ENTRE SI.

LOS POLOS DESIGUALES SE ATRAEN ENTRE SI

O

UN POLO NORTE REPELE OTRO POLO NORTE

UN POLO SUR REPELE SU OTRO POLO SUR.

pero

UN POLO NORTE ATRAE A UN POLO SUR.

Para comprender la teoría de un motor sencillo de C.D. obsérvese 1a. serie de las figuras siguientes:

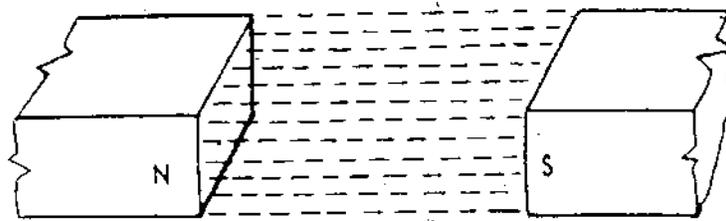


Figura 1- Entre los polos norte y sur de un imán existe un campo magnético.

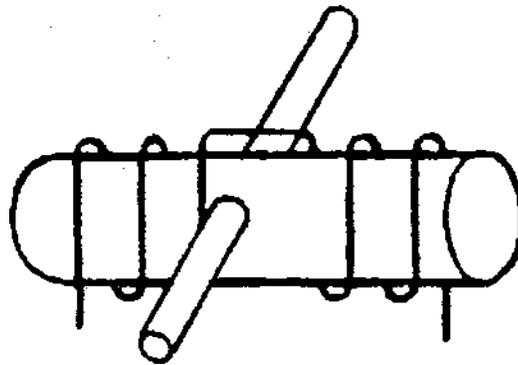


Figura 2.- Se devana un electro imán en un núcleo de hierro, que se coloca sobre un eje, para que pueda girar. Esta combinación se denomina armadura.

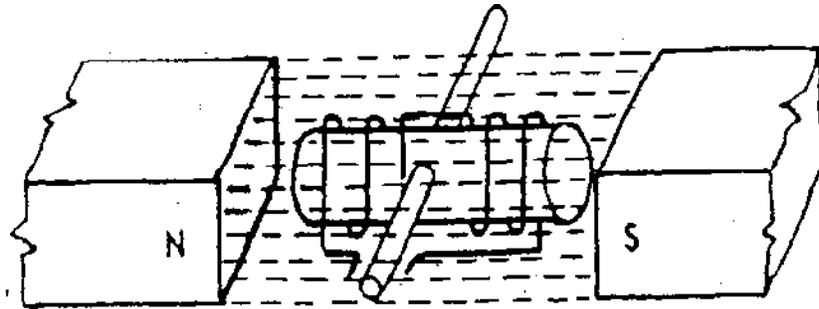


Figura 3.- La armadura se coloca en un campo magnético permanente.

Con el fin de que el motor tenga más potencia, el campo permanente de los imanes puede substituirse por electroimanes que se denominan **DEVANADOS DE CAMPO**. Estos devanados de campo pueden tener una fuente independiente de voltaje, conectada a ellos, o pueden conectarse en serie o en paralelo con los devanados de la armadura, para tener una sola fuente de voltaje. En la figura 4 se representa el diagrama de estos tres tipos.

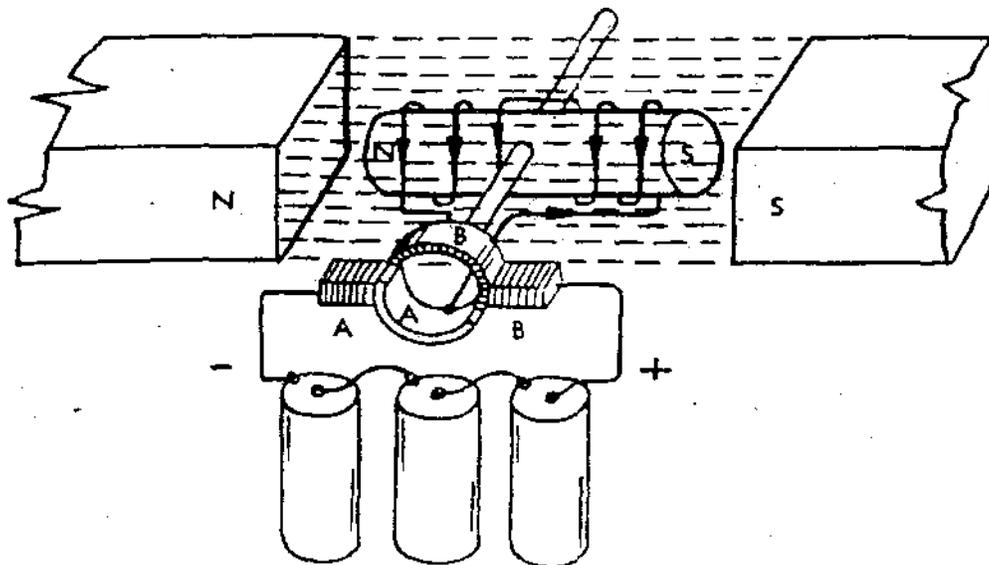


Figura 4 - Los extremos de la bobina de la armadura se conectan a unas secciones semicirculares de metal, llamadas conmutador.

Las escobillas hacen contacto con las secciones giratorias del conmutador y constituyen un medio para activar las bobinas de la armadura, mediante una fuente externa de energía. **NOTA:** La polaridad de los electroimanes de la armadura depende de la dirección del flujo de la corriente a través de la bobina.

Se conecta una batería a las escobillas y se pasa la corriente por la escobilla **A** hacia la sección **A** del conmutador, luego a través de la bobina a la sección **B** y nuevamente a la batería a través de la escobilla **B**, con lo que se completa el circuito. La bobina de la armadura está imantada, como se indica en el dibujo.

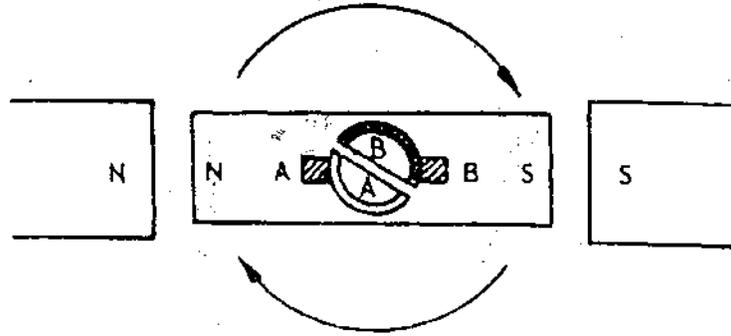


Figura 5.- El polo norte del campo magnético repele al polo norte de la armadura y el polo sur del campo magnético repele al polo sur de la armadura. La armadura gira un cuarto de revolución, o sea 90° grados.

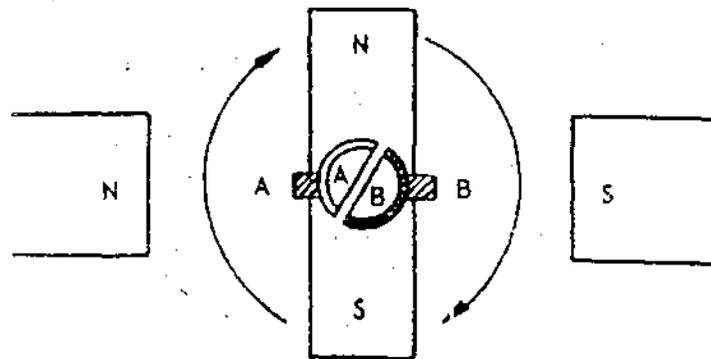


Figura 6.- El polo norte de la armadura es atraído por el polo sur del campo magnético, y el polo sur de la armadura es atraído por el polo norte del campo. La armadura gira otro cuarto de vuelta; ahora a recorrido una mitad de revolución.

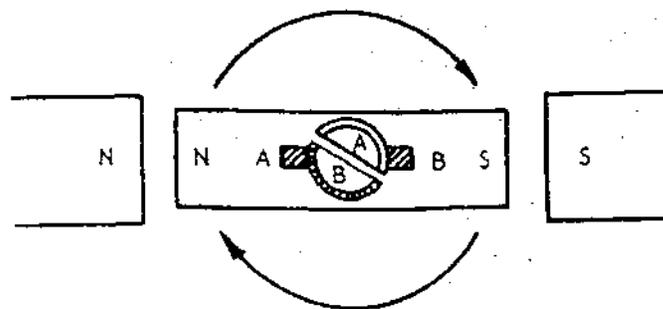


Figura 7.- Puesto que las secciones del conmutador han girado con la armadura, la sección B entra ahora en contacto con la escobilla A, y la sección A con la escobilla B. Ahora, la corriente sale de la sección A y entra en la B; así pues, la corriente se ha invertido en la armadura, debido a la acción de cambio de conmutador. Esta inversión de corriente cambia la polaridad de la armadura, de tal manera que los polos están más próximos entre sí.

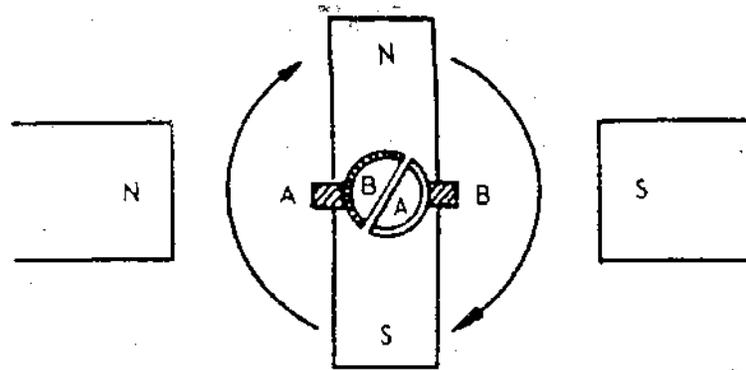


Figura 8.- Como los polos iguales se repelen entre sí, la armadura recorre otro cuarto de vuelta.

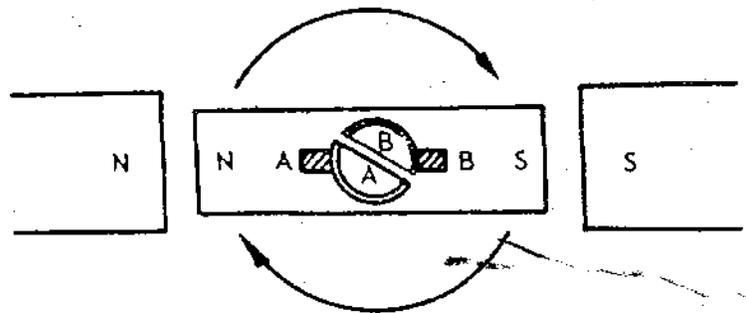
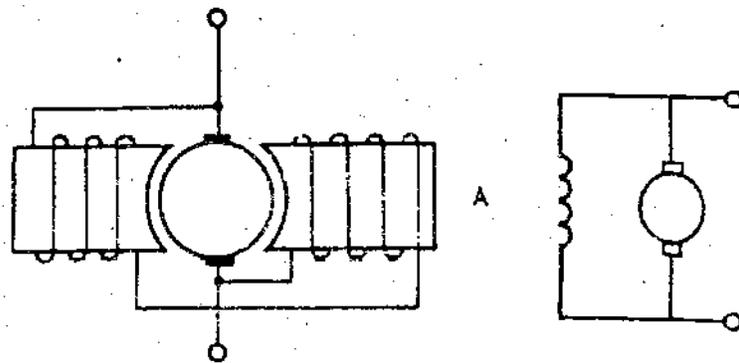


Figura 9.- Los polos contrarios se atraen entre sí, y la armadura recorre el último cuarto de vuelta, con lo cual completa una revolución. El conmutador y las escobillas están ahora alineados en su forma original, lo cual hace que la corriente se invierta nuevamente en la armadura. Esta sigue girando, gracias a la acción de atracción y repulsión, y el conmutador invierte la corriente cada media revolución.



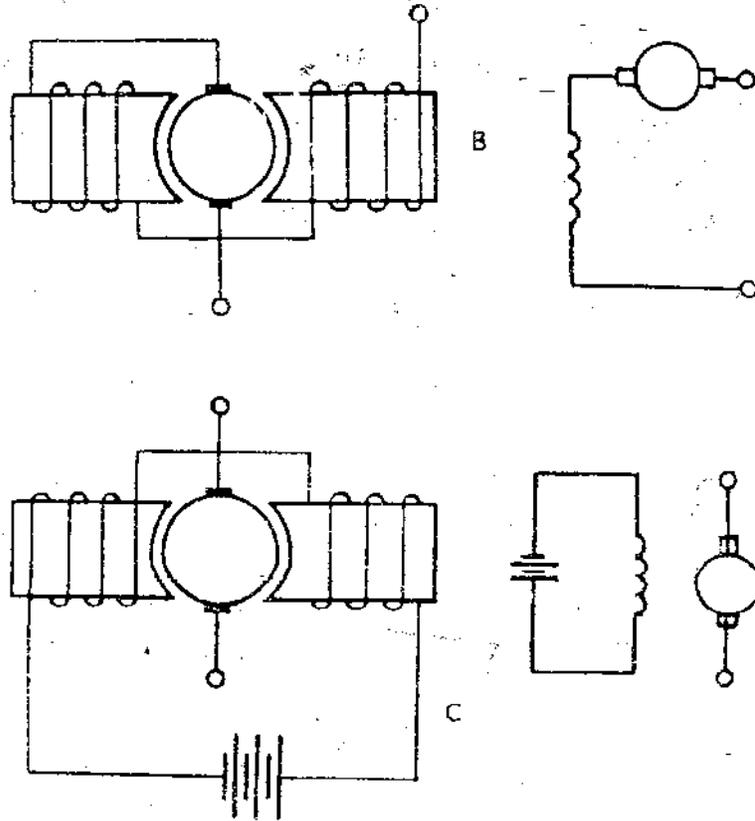


Figura 10.- Dibujos y diagramas esquemáticos de: A) Motor con devanado en paralelo; B) motor con devanado en serie; C) motor con campo, con excitación independiente.

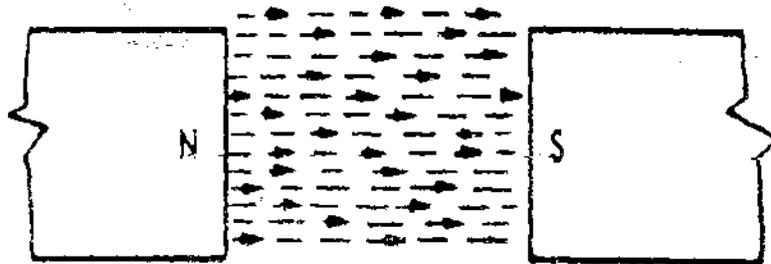


Figura 11.- Entre los polos de un imán existe un campo magnético, las flechas indican la dirección del campo.



Figura 12.- Un conductor que porta corriente tiene un campo magnético, y su dirección depende de la dirección de la corriente. **SIGA LA LEY DE LA MANO IZQUIERDA.**

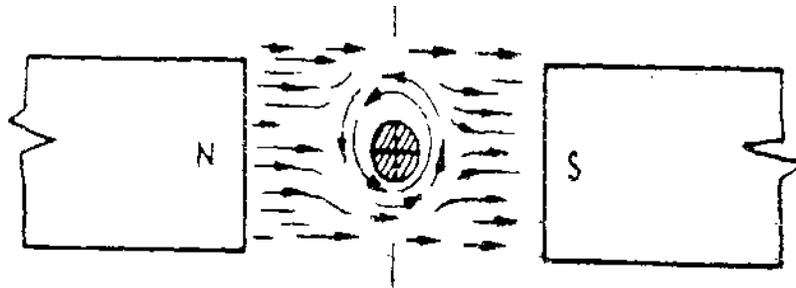


Figura 13.- La corriente del conductor se ha invertido, lo cual hace que el campo de dicho conductor se invierta también. Ahora el campo que queda debajo del conductor se refuerza y el que queda por encima se debilita. El conductor se desplazará hacia arriba, como lo indica en la flecha.

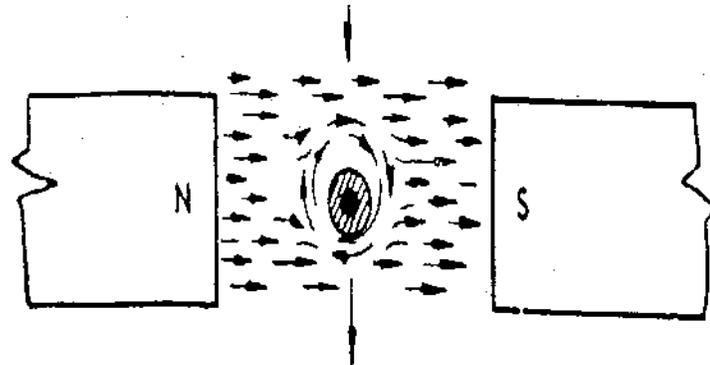


Figura 14a - En esta ilustración, el campo que rodea al conductor refuerza al campo permanente que está arriba; pero se opone al campo permanente de abajo. El conductor se desplazará hacia el campo debilitado, como lo indica en las flechas.

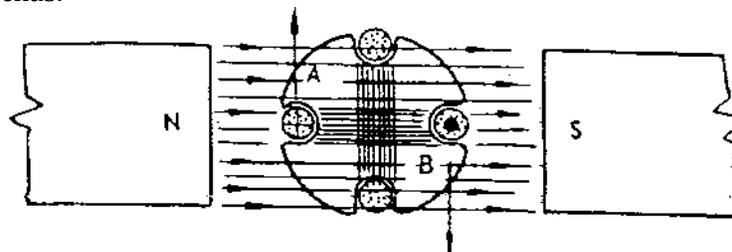


Figura 14b - El conductor simple se sustituye con una bobina de conductores arrollados en las hendiduras de un núcleo de armadura. Observe la forma en que la interacción de los dos campos producirá la rotación. El lado A de la bobina se moverá hacia arriba y el lado B hacia abajo. La rotación se efectúa en el mismo sentido de las manecillas del reloj.

1.4 MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.

El motor de corriente continua (denominado también motor de corriente directa, motor cc o motor dc) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, gracias a la acción del campo magnético.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes. El estator da soporte mecánico al aparato y contiene los devanados principales de la máquina, conocidos también con el nombre de polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, alimentado con corriente directa mediante escobillas fijas (conocidas también como carbones).

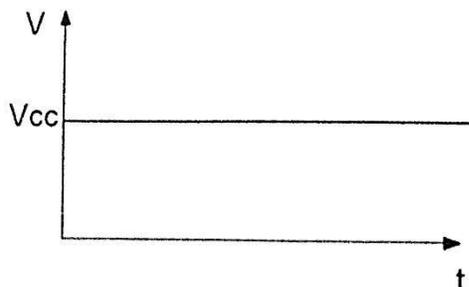
El principal inconveniente de estas máquinas es el mantenimiento, muy caro y laborioso, debido principalmente al desgaste que sufren las escobillas al entrar en contacto con las delgas.

Algunas aplicaciones especiales de estos motores son los motores lineales, cuando ejercen tracción sobre un riel, o bien los motores de imanes permanentes. Los motores de corriente continua (CC) también se utilizan en la construcción de servomotores y motores paso a paso. Además existen motores de CD sin escobillas.

Es posible controlar la velocidad y el par de estos motores utilizando técnicas de control de motores CD

Funcionamiento.

Según la ley de Fuerza simplificada, cuando un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha. Es importante recordar que para un generador se usará la regla de la mano derecha mientras que para un motor se usará la regla de la mano izquierda para calcular el sentido de la fuerza.



Conexión y gráfica de par de arranque en continua.

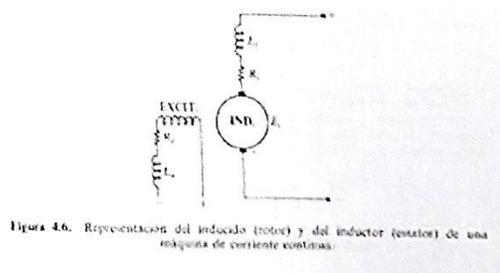


Figura 4.6. Representación del inducido (rotor) y del inductor (estator) de una máquina de corriente continua.

1.4.1 MOTOR EN SERIE.

El motor serie o motor de excitación en serie, es un tipo de motor eléctrico de voltaje aplicado es constante, mientras que el campo de excitación aumenta con la carga, puesto que la corriente es la misma corriente de excitación. El flujo aumenta en proporción a la corriente en el cual el inducido y el devanado inductor o de excitación van conectados en serie. El en la armadura, como el flujo crece con la carga, la velocidad cae a medida que aumenta esa carga.

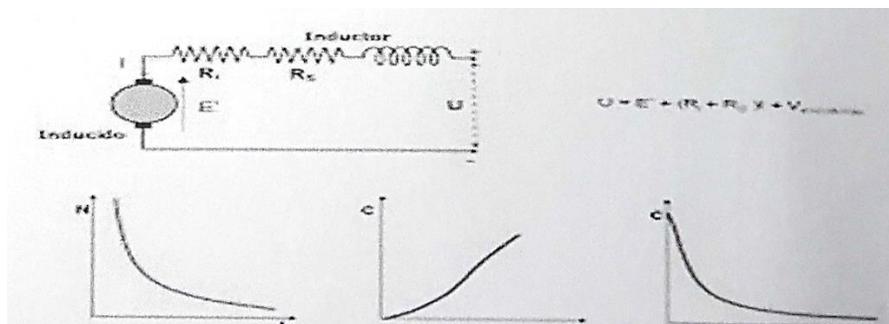
Las principales características.

- Se embala cuando funciona en vacío, debido a que la velocidad de un motor de corriente continua aumenta al disminuir el flujo inductor y, en el motor serie, este disminuye al aumentar la velocidad, puesto que la intensidad en el inductor es la misma que en el inducido.
- La potencia es casi constante a cualquier velocidad.
- Le afectan poco las variaciones bruscas de la tensión de alimentación, ya que un aumento de esta provoca un aumento de la intensidad y, por lo tanto, del flujo y de la fuerza contra electromotriz, estabilizándose la intensidad absorbida.

Funcionamiento.

Un motor serie es un tipo de motor eléctrico de corriente continua en el cual el devanado de campo (campo magnético principal) se conecta en serie con la armadura. Este devanado está hecho por un alambre grueso, ya que tendrá que soportar la corriente total de la armadura. Debido a esto se produce un flujo magnético proporcional a la corriente de armadura (carga del motor).

Cuando el motor tiene mucha carga, el campo serie produce un campo magnético mucho mayor, lo cual permite un esfuerzo de torsión ó par mucho mayor, y este tipo de motores desarrolla un torque muy elevado en el arranque.



Conexión y graficas de par de arranque en serie.

1.4.2 MOTOR EN PARALELO.

El motor shunt o motor de excitación en paralelo es un motor eléctrico de corriente continua cuyo Bobinado inductor principal está conectado en derivación o paralelo con el circuito formado por los bobinados inducido e Inductor auxiliar.

Al igual que en las dinamos shunt, las bobinas principales están constituidas por muchas espiras y con hilo de poca sección, por lo que la resistencia del bobinado inductor principal es muy grande.

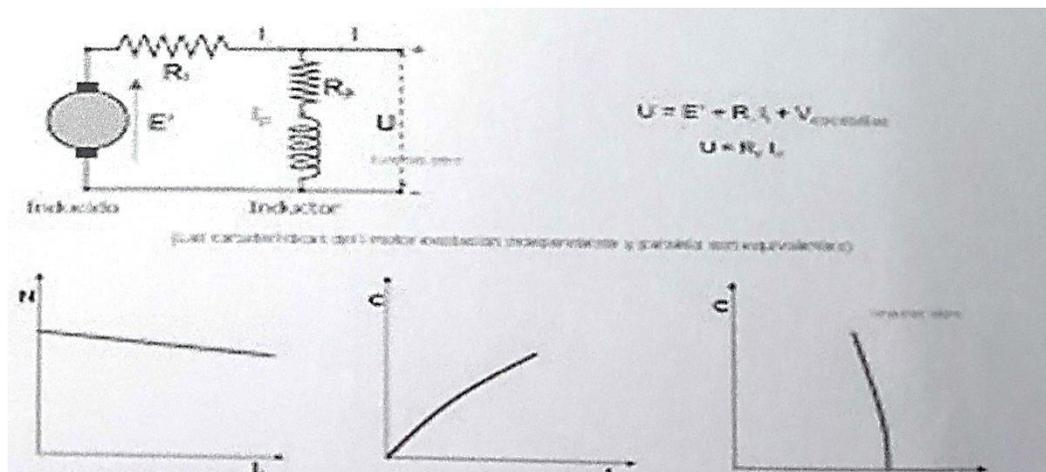
En el instante del arranque, el par motor que se desarrolla es menor que en el motor serie (también uno de los componentes del motor de corriente continua). Al disminuir la intensidad absorbida, el régimen de giro apenas sufre variación.

Es el tipo de motor de corriente continua cuya velocidad no disminuye más que ligeramente cuando el par aumenta. Los motores de corriente continua en derivación son adecuados para aplicaciones en donde se necesita velocidad constante a cualquier ajuste del control o en los casos en que es necesario un rango apreciable de velocidades (por medio del control del campo).

El motor en derivación se utiliza en aplicaciones de velocidad constante, como en los accionamientos para los generadores de corriente continua en los grupos moto generadores de corriente continua.

Funcionamiento.

El esquema de un motor autoexcitación shunt o derivación es como el de la figura, donde se observa que el devanado inductor está conectado en paralelo con el devanado del inducido, por lo que en este caso la tensión de la red alimenta a las dos ramas del circuito y la intensidad absorbida de la red se reparte entre la intensidad del inducido, por donde se derivará la mayor parte de la corriente y la intensidad de excitación derivación que será de un valor muy reducido, por lo que la resistencia de esta rama debe ser muy elevada, lo que provoca que el devanado de excitación shunt esté construido con muchas espiras de hilo fino.



Conexión y grafica de par de arranque en paralelo.

1.4.3 MOTOR COMPUESTO.

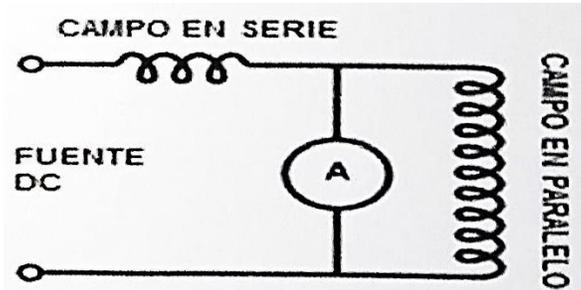
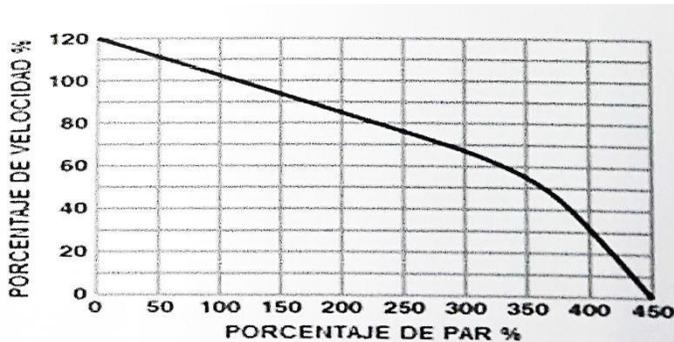
Un **motor compound** (o **motor de excitación compuesta**) es un Motor eléctrico de corriente continua cuya excitación es originada por dos bobinados inductores independientes; uno dispuesto en serie con el bobinado inducido y otro conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados: inducido, inductor serie e inductor auxiliar.

Los motores compuestos tienen un campo serie sobre el tope del bobinado del campo shunt. Este campo serie, el cual consiste de pocas vueltas de un alambre grueso, es conectado en serie con la armadura y lleva la corriente de armadura.

El flujo del campo serie varía directamente a medida que la corriente de armadura varía, y es directamente proporcional a la carga. El campo serie se conecta de manera tal que su flujo se añade al flujo del campo principal shunt. Los motores compound se conectan normalmente de esta manera y se denominan como compound acumulativo.

Esto provee una característica de velocidad que no es tan “dura” o plana como la del motor shunt, ni tan “suave” como la de un motor serie. Un motor compound tiene un limitado rango de debilitamiento de campo; la debilitación del campo puede resultar en exceder la máxima velocidad segura del motor sin carga. Los motores de corriente continua compound son algunas veces utilizados donde se requiera una respuesta estable de par constante para un rango de velocidades amplio.

El motor compound es un motor de excitación o campo independiente con propiedades de motor serie. El motor da un par constante por medio del campo independiente al que se suma el campo serie con un valor de carga igual que el del inducido. Cuantos más amperios pasan por el inducido más campo serie se origina, claro está, siempre sin pasar del consumo nominal.



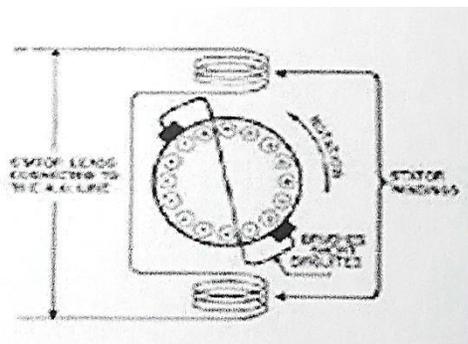
1.5 MOTOR DE CORRENTE ALTERNA.

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con este tipo de alimentación eléctrica. Un motor es una máquina motriz, esto es, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

Un generador eléctrico, por otra parte, transforma energía mecánica de rotación en energía eléctrica y se le puede llamar una máquina generatriz de fem (fuerza eléctrica motriz). Las dos formas básicas son el generador de corriente continua y el generador de corriente alterna, este último más correctamente llamado alternador.

Todos los generadores necesitan una máquina motriz (motor) de algún tipo para producir la fuerza de rotación, por medio de la cual un conductor puede cortar las líneas de fuerza magnéticas y producir una fem. La máquina más simple de los motores y generadores es el alternador.

En algunos casos, tales como barcos, donde la fuente principal de energía es de corriente continua, o donde se desea un gran margen de velocidades de giro, pueden emplearse motores de C.C. Sin embargo, la mayoría de los motores modernos trabajan con fuentes de corriente alterna. Existe una gran variedad de motores de C.A. Entre ellos tres tipos básicos: el universal, el síncrono y el de jaula de ardilla.



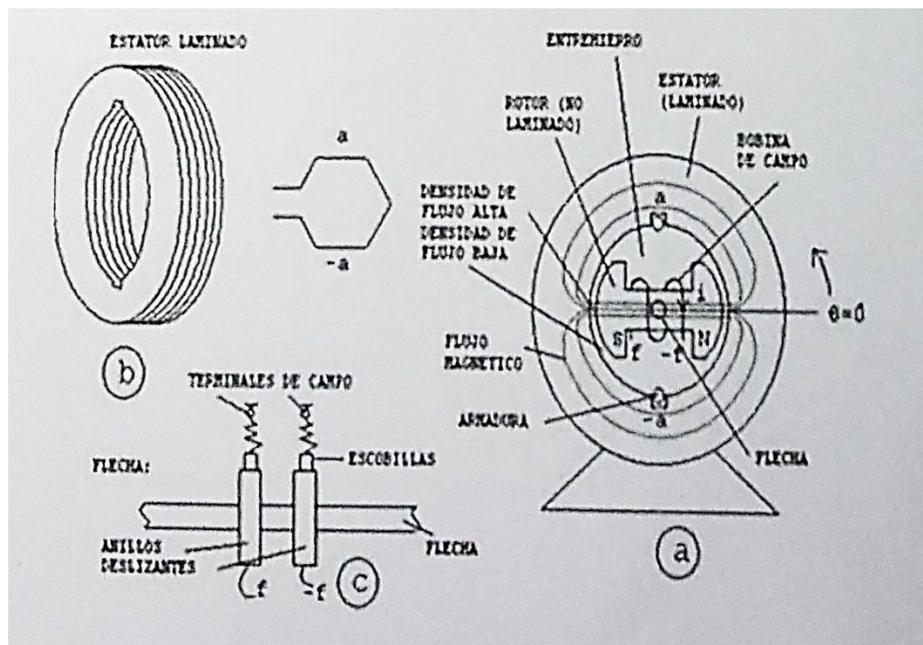
1.5.1 MOTOR SÍNCRONO.

De acuerdo con estos principios, se puede utilizar un alternador como motor en determinadas circunstancias, aunque si se excita el campo con c-c y se alimenta por los anillos colectores a la bobina del rotor con c-a, la máquina no arrancará. El campo alrededor de la bobina del rotor es alterno en polaridad magnética pero durante un semiperiodo del ciclo completo, intentará moverse en una dirección y durante el siguiente semiperiodo en la dirección opuesta. El resultado es que la máquina permanece parada. La máquina solamente se calentará y posiblemente se quemará.

Para generar el campo magnético del rotor, se suministra una C.C. al devanado del campo; esto se realiza frecuentemente por medio de una excitatriz, la cual consta de un pequeño generador de C.C. impulsado por el motor, conectado mecánicamente a él. Se mencionó anteriormente que para obtener un par constante en un motor eléctrico, es necesario mantener los campos magnéticos del rotor y del estator constante el uno con relación al otro. Esto significa que el campo que rota electromagnéticamente en el estator y el campo que rota mecánicamente en el rotor se deben alinear todo el tiempo. La única condición para que esto ocurra consiste en que ambos campos roten a la velocidad sincrónica:

El rotor de un alternador de dos polos debe hacer una vuelta completa para producir un ciclo de c-a. Debe girar 60 veces por segundo (si la frecuencia fuera de 60 Hz), o 3.600 revoluciones por minuto (rpm), para producir una C.A. de 60 Hz. Si se puede girar a 3.600 rpm tal alternador por medio de algún aparato mecánico, como por ejemplo, un motor de C.C., y luego se excita el inducido con una C.A. de 60 Hz, continuará girando como un motor síncrono.

Su velocidad de sincronismo es 3.600 rpm. Si funciona con una c-a de 50 Hz, su velocidad de sincronismo será de 3.000 rpm. Mientras la carga no sea demasiado pesada, un motor síncrono gira a su velocidad de sincronismo y sólo a esta velocidad. Si la carga llega a ser demasiado grande, el motor va disminuyendo de velocidad, pierde su sincronismo y se detiene. Los motores síncronos de este tipo requieren toda una excitación de c-c para el campo (o rotor), así como una excitación de c-a para el estator.



1.5.2 MOTOR TRIFÁSICO.

Supongamos tres grupos de bobinas conectadas en triángulo, formando entre sí ángulos iguales. Cada grupo de bobinas se conecta a una fase de la Corriente Alterna.

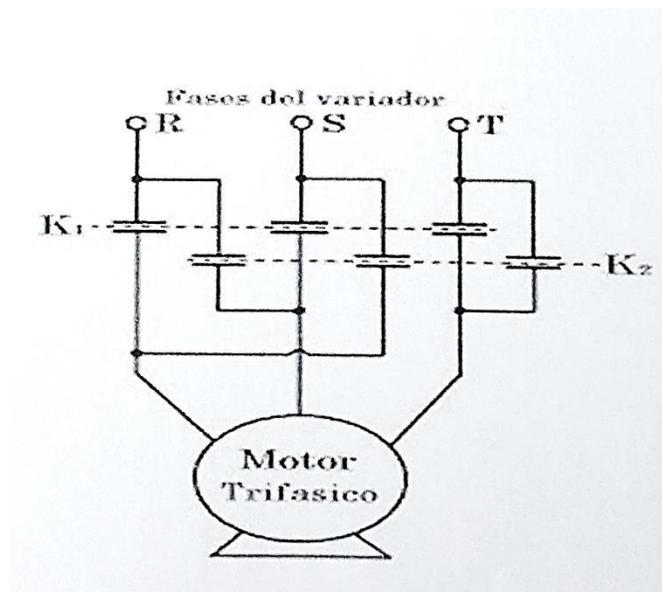
Como sabemos las corrientes trifásicas tienen distinta intensidad en cada fase y en cada momento que las consideramos, luego el valor del campo magnético generado por una fase dependerá de la intensidad en esta fase en el instante dado. De otra parte, al estar las intensidades desfasadas entre sí **120** grados eléctricos en los tres devanados, los valores de los campos magnéticos generados también estarán desfasadas **120** grados.

Estos tres campos magnéticos existentes en cualquier instante, se combinarán para producir un campo magnético resultante, que va girando a medida que varía la intensidad de la corriente de las tres fases.

El siguiente dibujo representa las tres intensidades alternas de un sistema trifásico, cuyos devanados se ordenan en el estator de manera que, entre ellos haya un desfase de **120** grados entre sí, así como que estas tres formas de onda pueden representar, a su vez, los valores de los campos magnéticos alternos generados por las tres fases.

Obsérvese que en el instante **1** el valor de la fase **R** es positiva y el de la fase **T** es negativa, lo que significa que por ellas circulan corrientes de sentido contrario, y por lo tanto crean polaridades distintas en los polos afectados por estas fases. La polaridad de estos campos se indica en el esquema del estator correspondiente indicado encima de la posición número **1**. Puede verse la ausencia de polaridad en las bobinas conectadas a la fase **S** mientras las bobinas afectadas por las fases **R** y **T** crean un campo magnético resultante de posición intermedia entre los polos formados y de sentido norte a sur como puede verse en la figura.

En el instante **2** la fase **R** tiene un valor nulo y las fases **S** y **T** valores iguales y de signo contrario. De ello se deduce que el campo magnético resultante habrá girado **60** grados. Siguiendo el mismo razonamiento para las distintas posiciones sucesivas, se obtendría un campo magnético giratorio en el estator trifásico, que daría una vuelta por cada ciclo de la Corriente Alterna.



1.5.3 MOTOR MONOFÁSICO.

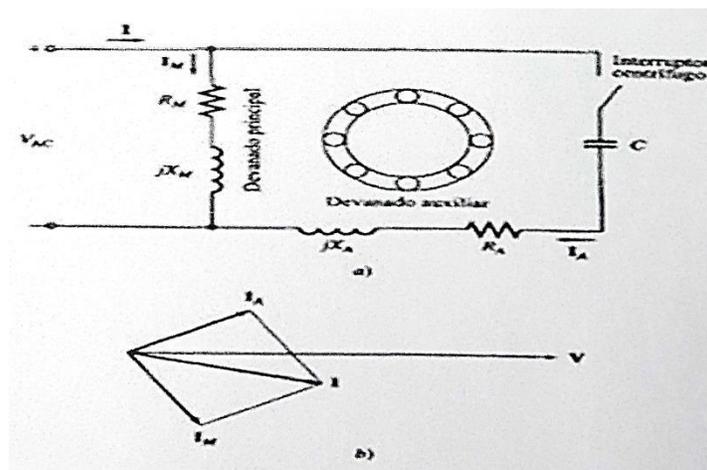
Motor monofásico. Este tipo de motor es muy utilizado en electrodomésticos porque pueden funcionar con redes monofásicas algo que ocurre con nuestras viviendas. En los motores monofásicos no resulta sencillo iniciar el campo giratorio, por lo cual, se tiene que usar algún elemento auxiliar. Dependiendo del método empleado en el arranque, podemos distinguir dos grandes grupos de motores monofásicos: **Motor monofásico de inducción.** Su *funcionamiento* es el mismo que el de los motores asíncronos de inducción. Dentro de este primer grupo disponemos de los siguientes motores:

1. De polos auxiliares o también llamados de fase partida.
2. Con condensador.
3. Con espira en cortocircuito o también llamados de polos partidos.

Motor monofásico de colector. Son similares a los motores de corriente continua respecto a su funcionamiento. Existen dos clases de estos motores:

1. Universales.
2. De repulsión.

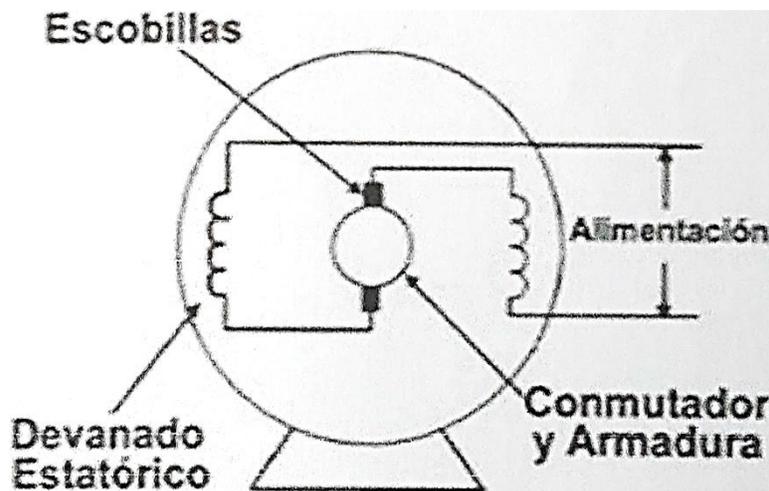
Motor monofásico de fase partida. Este tipo de motor tiene dos devanados bien diferenciados, un devanado principal y otro devanado auxiliar. El devanado auxiliar es el que provoca el arranque del motor, gracias a que desfasa un flujo magnético respecto al flujo del devanado principal, de esta manera, logra tener dos fases en el momento del arranque. Al tener el devanado auxiliar la corriente desfasada respecto a la corriente principal, se genera un campo magnético que facilita el giro del rotor. Cuando la velocidad del giro del rotor acelera el par de motor aumenta. Cuando dicha velocidad está próxima al sincronismo, se logran alcanzar un par de motor tan elevado como en un motor trifásico, o casi. Cuando la velocidad alcanza un 75 % de sincronismo, el devanado auxiliar se desconecta gracias a un interruptor centrífugo que llevan incorporados estos motores de serie, lo cual hace que el motor solo funcione con el devanado principal. Este tipo de motor dispone de un rotor de jaula de ardilla como los utilizados en los motores trifásicos. El par de motor de éstos motores oscila entre **1500 y 3000 r.p.m.**, dependiendo si el motor es de **2 ó 4 polos**, teniendo unas tensiones de **125 y 220 V**. La velocidad es prácticamente constante. Para invertir el giro del motor se intercambian los cables de uno solo de los devanados (principal o auxiliar), algo que se puede realizar fácilmente en la caja de conexiones o bornes que viene de serie con el motor.



1.6 MOTOR UNIVERSAL.

Los motores universales trabajan con voltajes de corriente continua o corriente alterna. Tal motor, llamado universal, se utiliza en sierras eléctricas, taladros, utensilios de cocina, ventiladores, sopladores, batidoras y otras aplicaciones donde se requiere gran velocidad de giro con cargas débiles o fuerzas resistentes pequeñas. Estos motores para corriente alterna y directa, incluyendo los universales, se distinguen por su conmutador devanado y las escobillas. Los componentes de este motor son: Los campos (estator), la masa (rotor), las escobillas (los excitadores) y las tapas (las cubiertas laterales del motor). El circuito eléctrico es muy simple, tiene solamente una vía para el paso de la corriente, porque el circuito está conectado en serie. Su potencial es mayor por tener mayor flexibilidad en vencer la inercia cuando está en reposo, o sea, tiene un par de arranque excelente, pero tiene una dificultad, y es que no está construido para su uso continuo o permanente (durante largos períodos de tiempo).

Otra dificultad de los motores universales son las emisiones electromagnéticas. Las chispas del colector ("chisporroteos") junto con su propio campo magnético generan interferencias o ruido en el espacio radioeléctrico. Esto se puede reducir por medio de los condensadores de paso, de **0,001 pf a 0,01 pf**, conectados de las escobillas a la carcasa del motor y conectando ésta a masa. Estos motores tienen la ventaja de que alcanzan grandes velocidades de giro, pero con poca fuerza. Existen también motores de corriente alterna trifásica que funcionan a **380 V** ya otras tensiones.



Armadura: la armadura consiste en un número de bobinas de alambre devanadas y alojadas en las ranuras de un núcleo circular laminado.

El núcleo: está hecho de un material ferroso que no soporta única vez las bobinas sino que incrementa su inductancia, en la medida que circula corriente eléctrica a través de estas bobinas se convierten en electroimanes y quedan rodeados de un campo magnético intenso.

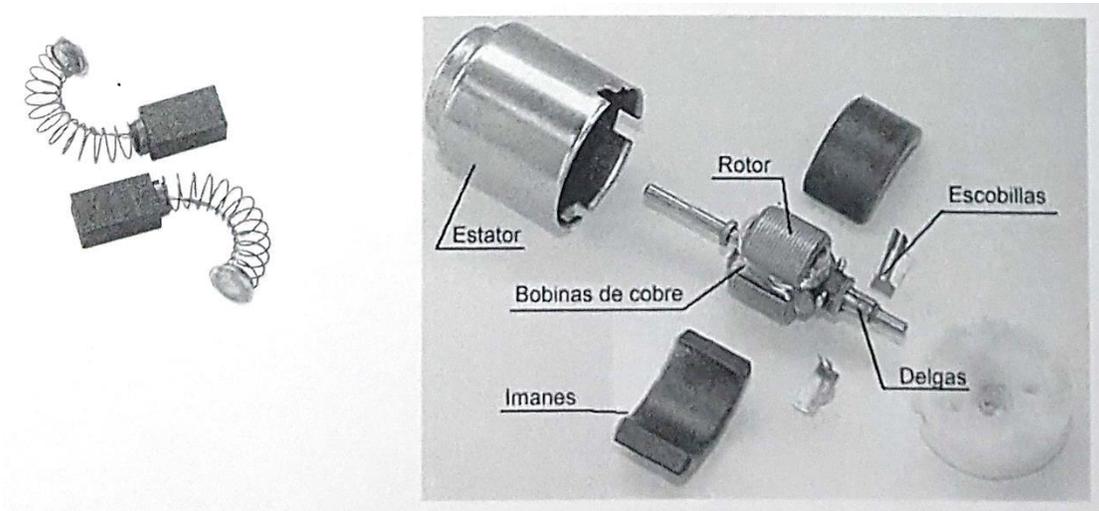
Carcasa: se hace de hierro de tal manera que se use para completar el circuito magnético, hay de 3 tipos; abierta, semicerrada y cerrada.

Eje: soporta al conector y la armadura de sus extremos puede llevar valeros, chumaceras o bujes.

Los polos: construidos de hierro sólido o laminado, soportan a los devanados del campo y completan el circuito magnético.

Conmutador: consiste en barras de cobre duro, rectangulares y aisladas unas de otras formando un círculo alrededor del eje, cada bobina hace conexión con cada par de barras llamadas delgas.

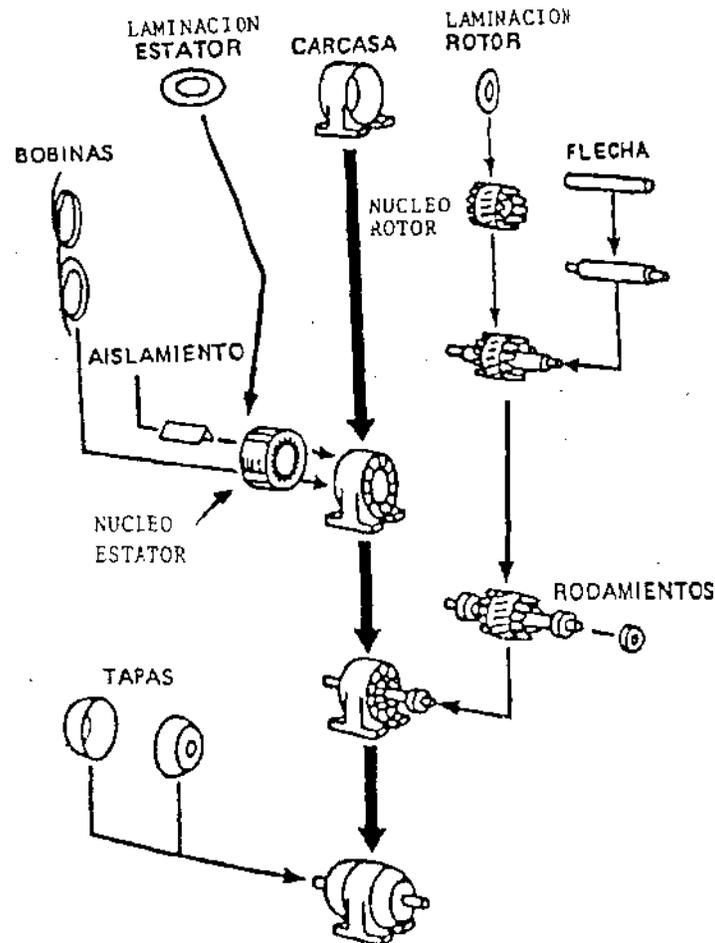
Escobillas o carbones: se montan en los porta escobillas, la cara de las escobillas descansa sobre el conmutador con una corriente eléctrica circulando a través de las escobillas hacia las barras del conmutador.



UNIDAD DOS COMPONENTES BÁSICOS DE UN MOTOR ELÉCTRICO.

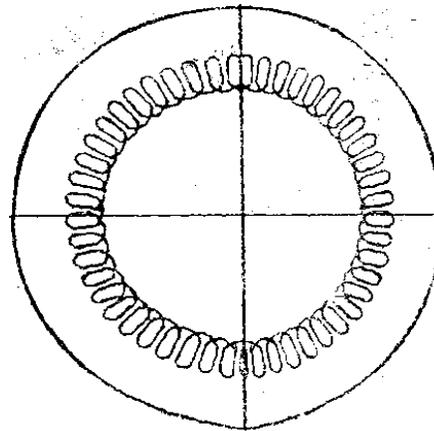
2.1 COMPONENTES BÁSICOS DE UN MOTOR TIPO JAULA DE ARDILLA

Existe un amplio rango de tipos y tamaños de motores, naturalmente no todos los motores están hechos en la misma forma, pero la mayoría tiene las siguientes partes:

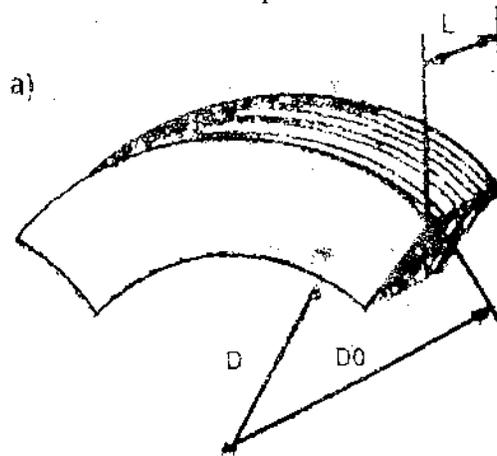


2.2 CARCASA.- Es la parte que le da forma al motor, en si podemos citar que es el cuerpo de! motor. En la carcasa es ensamblado el estator, puede ser fabricado de lámina de acero rolada y soldada o de fundición de fierro gris; esta última se usa para motores cerrados con ventilación exterior y debido a ello lleva en toda su superficie aletas, que permite una mejor disipación de calor del motor. La carcasa debe de ser maquinada con tolerancias muy precisas.

2.3 NÚCLEO DEL ESTATOR.- Está formado por laminaciones troqueladas de un rollo de acero eléctrico, el cual puede ser al silicio o de bajo contenido de carbón con pérdidas controladas. Con estas laminaciones se forma un paquete de ciertas dimensiones dependiendo del tamaño del núcleo, este paquete puede ser remachado o soldado, ya sea individualmente o la carcasa, dependiendo del tamaño y tipo de motor.

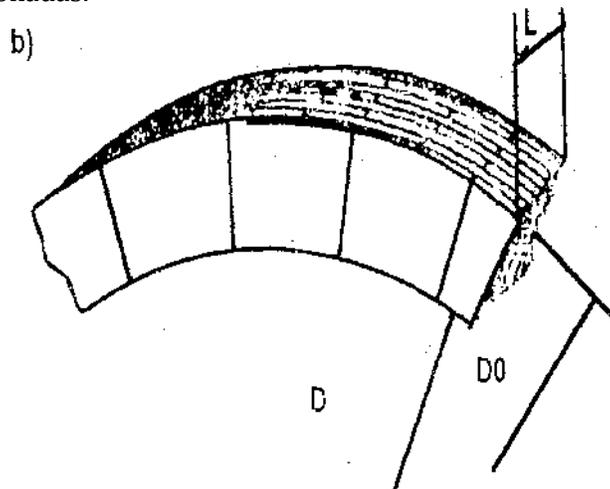


Laminaciones para estatores

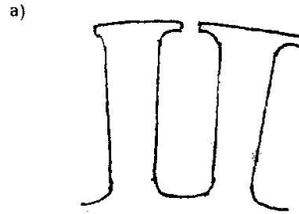


En los estatores se pueden formar en diferentes tipos de laminación las cuales son:

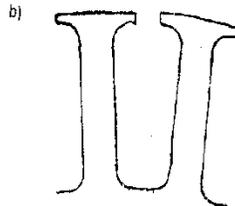
- a) Discos completos.
- b) Con laminaciones seccionadas.



Los estatores tienen diferente tipo de ranuras que dependen del diseño del estator como son:

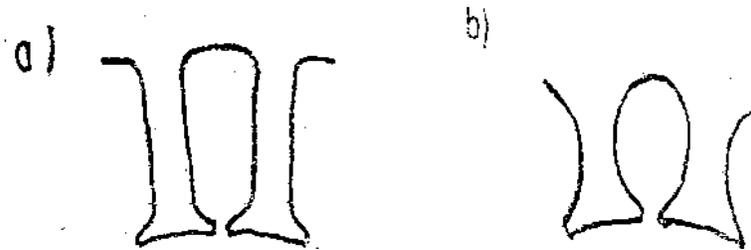


a) Ranura para rotor devanado con conductor rectangular.

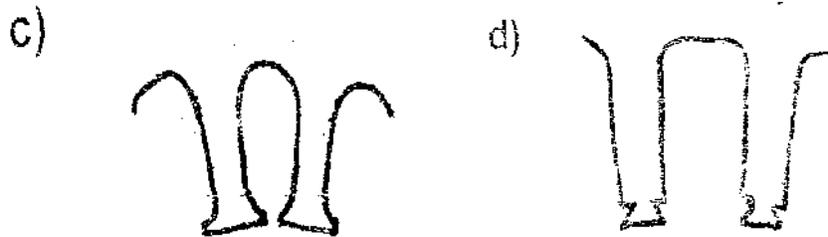


b) Ranura para rotor devanado con conductor redondo

ALGUNOS TIPOS DE RANURAS PARA ROTORES DE MOTORES DE INDUCCIÓN.

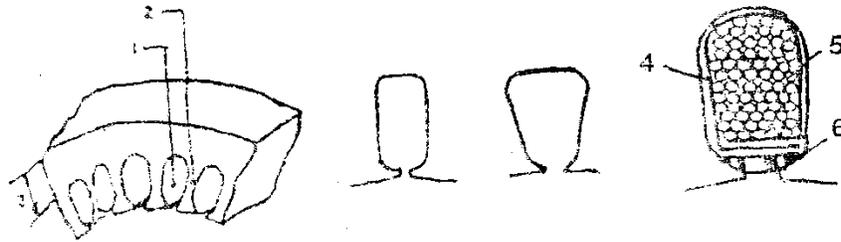


a,b,c, RANURAS SEMICERRADAS
d RANURAS ABIERTAS



ALGUNAS FORMAS DE RANURAS PARA ESTADORES.

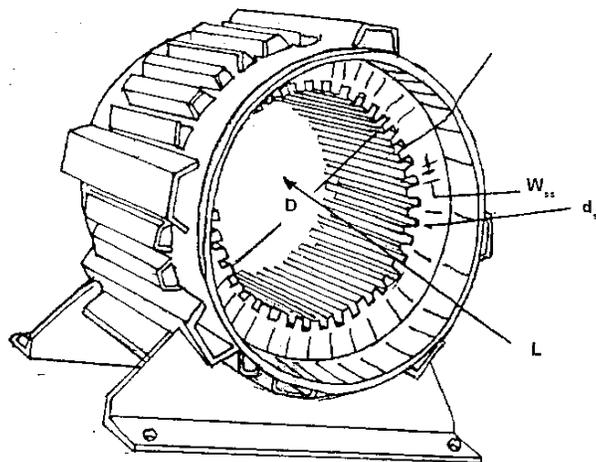
En las ranuras del estator van alojadas las bobinas de devanados del motor y el diente son las laminaciones que dan forma a la ranura. Además en la ranura son alojados los aislamientos necesarios que protegen a las bobinas con respecto al estator.



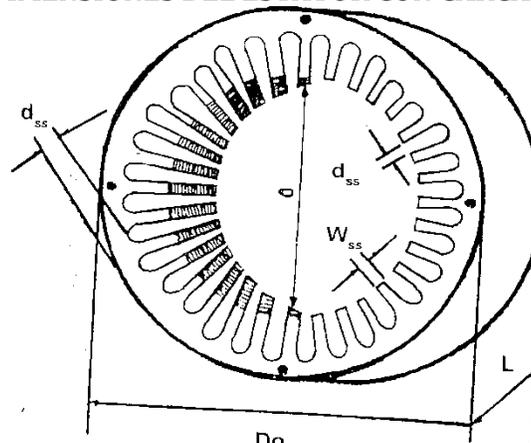
FORMAS DE RANURAS EN LOS ESTADORES.

1. RANURA.
2. DIENTE.
3. CORONA (dos) o YUGO.
4. PAPEL AISLANTE.
5. CONDUCTORES.
6. CUÑA PARA IMPEDIR QUE SALGAN LOS CONDUCTORES DE LA RANURA.

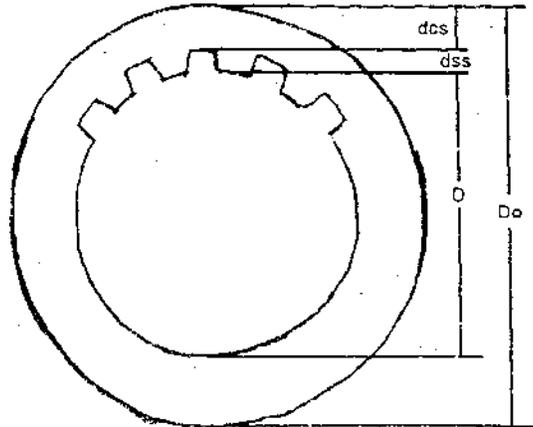
Los estadores cuentan con diferentes dimensiones que a su vez son utilizadas en el cálculo del bobinado de motor:



DIMENSIONES DEL ESTATOR CON CARCASA.



DIMENSIONES DEL ESTATOR SIN CARCASA.



DIMENSIONES GENERALES DE LAS LAMINACIONES DEL ESTATOR.

DONDE:

- L=** Longitud del estator o núcleo.
- D=** Diámetro interno del estator.
- dcs=** Profundidad del estator.
- dss=** Profundidad de la ranura del estator.
- Do=** Diámetro exterior del estator.
- ó $D_o = D + 2 dss + dcs$.
- Wss=** Ancho de ranura.

2.4 DEVANADOS.- Es la parte más importante del motor y se compone de bobinas formadas por uno o más conductores de cobre aislado, actualmente se está usando amidanel y doble amidanel dependiendo del tipo de motor. En el devanado se origina el campo magnético necesario para el funcionamiento del motor.

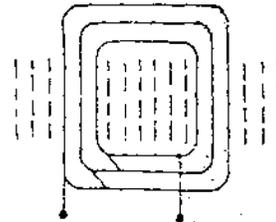
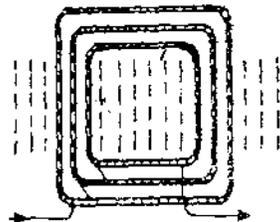
Podemos citar varios tipos de devanados usados en el rebobinado de los motores y entre los más usuales tenemos:

A) CONCÉNTRICO.- Las espiras son cerradas, desiguales e internas con una respecto a otra y no se cruzan.

FORMA CONSTRUCTIVA

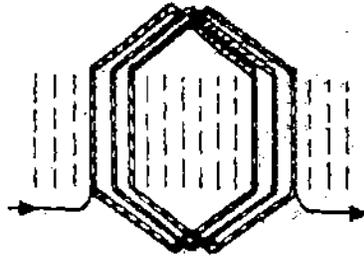
REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA

**DE MADEJA
CONCÉNTRICO**



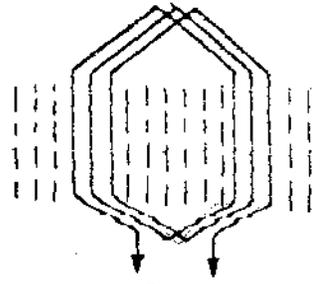
B) **IMBRICADO.**- Las aspiras son cerradas, iguales y se cruzan.

FORMA CONSTRUCTIVA



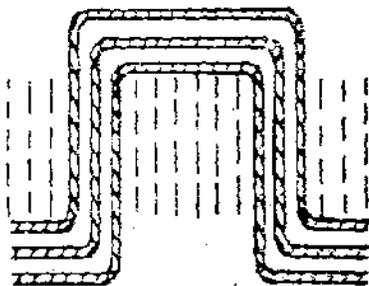
DE MADEJA
CONCÉNTRICO

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA

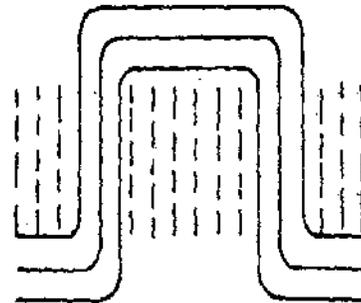


C) **ONDULADO CONCÉNTRICO.**- Las secciones son de espirales abiertas, internas unas con otras y no se cruzan.

FORMA CONSTRUCTIVA

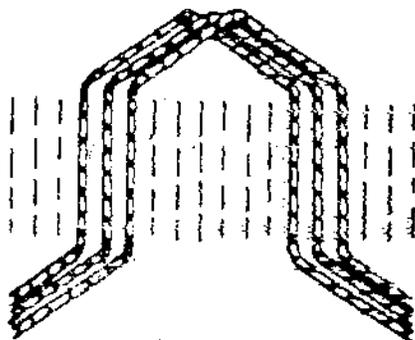


REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA

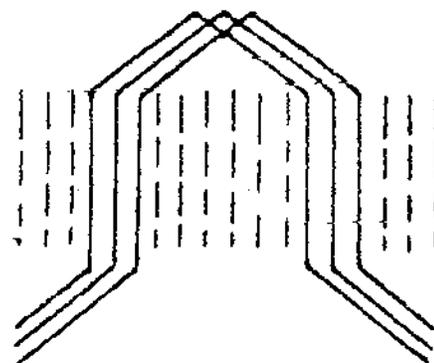


D) **ONDULATORIO IMBRICADO.**- Las secciones son de espiral abiertas, pero no se cruzan.

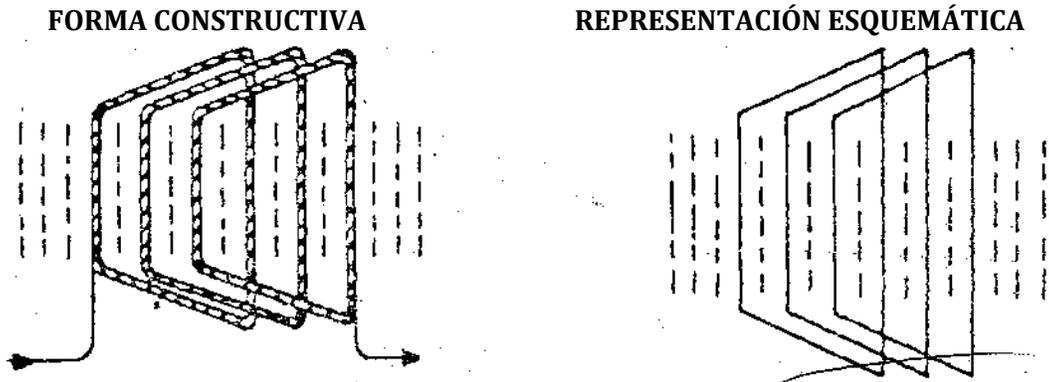
FORMA CONSTRUCTIVA



REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA



E) **CORONA.**- Las secciones son todas iguales, ya sea como dimensiones o como forma de remate en los cabezales.



NOTA: Los devanados ondulados se usan cuando los conductores son rectangulares y por lo tanto para máquinas de gran potencia.

2.5.- AISLAMIENTO.- Los aislamientos son complemento importante de los devanados. Su función principal es la de evitar cortos circuitos entre las bobinas o de las bobinas con el núcleo, y asegurar, que el motor funcione a cierta temperatura sin modificar su temperatura, sin modificar sus características. Existen varias clases de aislamientos y de acuerdo a la temperatura de operación y límite capaz de soportar.

Los aislamientos se clasifican:

CLASE DE AISLAMIENTO	LÍMITE DE TEMPERATURA (°C)	MATERIALES COMPONENTES
Y	90°	Algodón, seda papel, etc.
A	105°	Algodón, seda, papel, impregnados.
E	120°	Resinas sintéticas y productos derivados de la industria petroquímica.
B	130°	Mica, fibra de vidrio, amianto.
F	155°	Mica, fibra de vidrio, fibra roja, etc.
H	180°	Siliconas, resinas.

Las ranuras de los estatores, se deben de aislar para recibir a las bobinas siendo este un factor muy importante para lograr un buen bobinado. Cualquier aislamiento que se use debe satisfacer los requerimientos de voltaje, temperaturas y tensiones mecánicas. Específicamente algunos materiales para motores eléctricos son:

- a) **PAPELES** - En éste tipo de aislamiento comúnmente se encuentra el papel pescado y el papel coreco que soporta temperaturas de **60° C** y con recubrimientos de barniz hasta **90° C**. También se utiliza el papel **ISOPLEX** que soporta temperaturas de hasta **180° C**.
- b) **TELAS.**- Las telas usadas en los motores generalmente se colocan entre las bobinas para separarlas. Este tipo de tela se le conoce como **CAMBRIDGE**. También es utilizada tela de algodón para sujetar las bobinas o hilo del mismo.

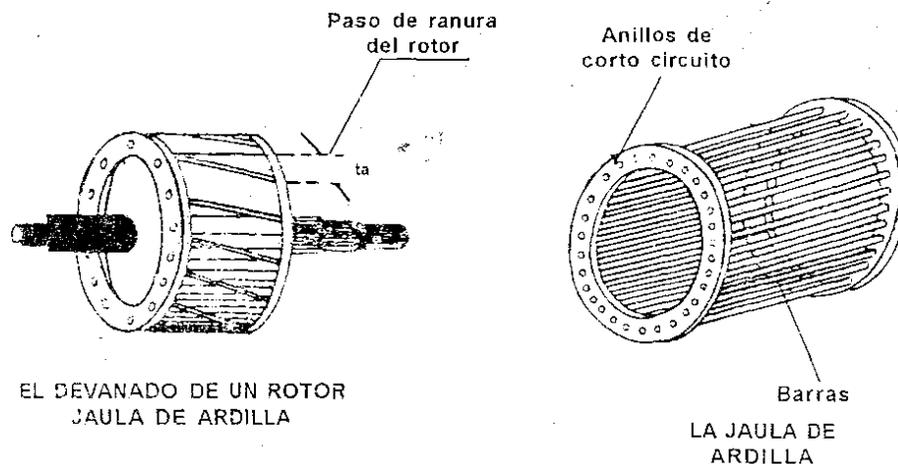
- c) **BARNICES.**- Son usados generalmente para impregnación u existen dos tipos: el llamado **BARNIZ CLARO HORNEADO Y EL BARNIZ SECADO AL AIRE**, en color claro y rojo.

El barniz es usado para impregnar los devanados, aumentar su rigidez dieléctrica y compactar o solidificar las bobinas.

- d) **FIBRAS ESPECIALES.**- Son productos derivados de la industria petroquímica con distintos nombres comerciales como por ejemplo, el papel **Maylard** cuya propiedad principal es la soportar temperaturas elevadas. La fibra roja empleada en los acabados de las bobinas o como cuñas que se usan para cerrar ranuras en donde están alojadas las bobinas. **EL CELORON** que es una pasta que se expande.

- e) **TUBO DE ESPAGUETI.**- Hechos de plástico, fibra de vidrio, algodón, seda, etc. que son usados para aislar las conexiones y terminales de las bobinas.

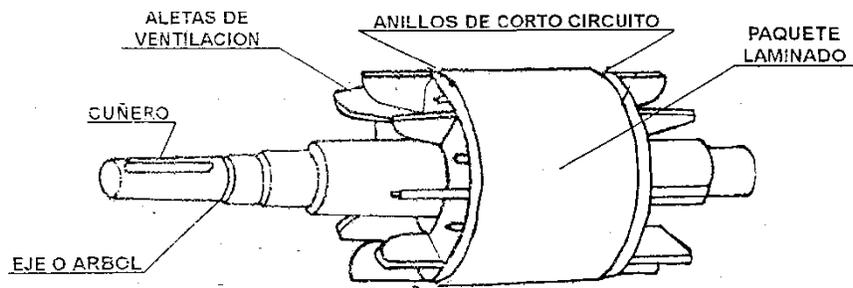
2 6.- NÚCLEO DEL ROTOR.- El núcleo del rotor se forma igual que el del estator, pero con la diferencia que el paquete de laminaciones es prensado en unos moldes, que al inyectarles aluminio fundido a presión, forma dentro del paquete lo que es la jaula de ardilla con sus anillos en corto circuito ya integrado, este proceso se elabora manualmente cuando la jaula es de cobre.



Para ensamblar la flecha, el núcleo es flameado con objeto de eliminar rebabas y a la vez dilatarlo. Los anillos de corto circuito llevan unas aletas en la parte exterior o aspas las cuales al girar el rotor sirven para mejorar su enfriamiento ya que remueven aire de su alrededor.

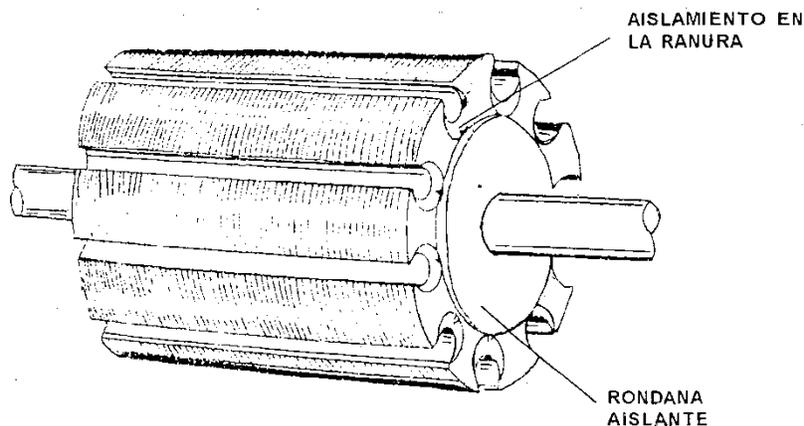
La flecha a su vez es la parte más resistente del motor por que transmite la energía mecánica obtenida , hacia la carga aplicada al motor, se fabrica de acero con ligero contenido de fósforo y azufre para darle alta resistencia al esfuerzo torcional que se presenta al estar operando el motor.

El conjunto núcleo rotor y flecha es balanceado dinámicamente, colocándose pesos compensadores en unas tetillas del anillo de corto circuito o en otros casos sobre aletas.



Partes principales del rotor jaula de ardilla.

Existe otro tipo de rotor el cual se le conoce como rotor devanado. En este tipo, el núcleo rotor tiene ranuras en el cual se alojan las bobinas que producirán un campo magnético giratorio. Este no se funde en aluminio pero forma un paquete compacto de laminaciones el cual da la forma al tambor o núcleo.



Aislamiento de ranuras del rotor.

Estos rotores además tienen instalados, un conmutador o colector que consta de segmentos de cobre y aislados entre sí con láminas delgadas de mica. Aquí en el conmutador se conecta las puntas terminales de las bobinas que están alojadas en las ranuras del rotor.

2.7 RODAMIENTOS.

Generalmente son las únicas partes del motor que por su funcionamiento sufren desgaste, ya que son los que resisten el mayor trabajo en el motor y bajo condiciones normales de operación serían las únicas piezas reemplazables.

En motores de baja potencia se usan rodamientos de bolas prelubricadas, teniendo una reserva de grasa para trabajar aproximadamente **10,000** horas; pero en los motores más potentes se utilizan rodamientos de rodillos en el lado de la carga del motor, además de que se provee de un engrasador por cojinete y se incluye una válvula de drene para evacuar la grasa vieja o excedente.

El montaje de los rodamientos debe tener en cuenta la dilatación longitudinal que la flecha sufre a consecuencia del calentamiento del rotor.

OBJETIVO.- Al término de la práctica el alumno:

Desarmará y rearmará motores eléctricos con el fin de conocer cada una de sus partes.

Tomará dimensiones del estator.

Conocerá el rotor jaula de ardilla y el rotor devanado.

Identificará los diferentes tipos de devanados usados para el bobinado de motores.

Conocerá y clasificará los aislantes usados en motores eléctricos.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO.

1. Motor eléctrico.
2. Estatores sin devanados de diferente tamaño y ranuras distintas.
3. Estatores con diferentes devanados.
4. Rotores de diferente tipo.
Materiales aislantes diversos.
Desarmadores, llaves y pinzas según necesidades.

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

1. Cada uno de los integrantes del equipo procederá a desarmar la máquina que les corresponde, esto con la finalidad de que distingan las partes que componen a ésta y efectuará en el espacio siguiente el diagrama secuencial de desarmado a mano alzada.

2. Terminado el primer punto, se armará nuevamente la máquina.
3. Se intercambian los equipos de mesa con la finalidad de conocer otra máquina.
4. Este ciclo se hará tantas veces como tipos diferentes de motores haya.
5. Cada integrante del equipo medirá por lo menos 3 estatores de diferentes dimensiones, y con diferentes tipos de ranuras, y llenará los siguientes datos:

MOTOR 1

Tipo de ranura	_____
Longitud de estator	_____
∅ Interno	_____
∅ Externo	_____
Profundidad del estator	_____
Profundidad de ranura	_____
Ancho de ranura	_____
Corona	_____

MOTOR 2

Tipo de ranura	_____
Longitud de estator	_____
∅ Interno	_____
∅ Externo	_____
Profundidad del estator	_____
Profundidad de ranura	_____
Ancho de ranura	_____
Corona	_____

MOTOR 3

Tipo de ranura _____

Longitud de estator _____

∅ Interno _____

∅ Externo _____

Profundidad del estator _____

Profundidad de ranura _____

Ancho de ranura _____

Corona _____

6. Con tres estatores de diferente tipo de bobinado, observe y llene la siguiente tabla:

MOTOR	No. DE RANURAS	MARCA	POTENCIA	TIPO DE BOBINAS	TIPO DE AISLAMIENTO
1					
2					
3					

7. Realice un muestrario de por lo menos 15 aislamientos usados en el bobinado de motores y que indique:

- Nombre comercial.
- Clasificación a la que pertenece.
- Temperatura máxima de operación.
- Rigidez dieléctrica.
- Uso.
- Características físicas. (color, espesor, textura, etc.)



CUESTIONARIO

¿Qué importancia tiene el tipo de material en la fabricación del estator?

Los devanados tipo madeja ¿En qué motores son más usados?

Por qué es importante que un material aislante tenga una elevada rigidez dieléctrica?

¿A qué se le llama rigidez dieléctrica?

¿El entre hierro en los motores tiene que ser muy grande o lo más reducido posible?

¿Por qué?

CONCLUSIONES

UNIDAD TRES

MOTORES MONOFÁSICOS

3.1 CONSIDERACIONES TEÓRICAS.

Muchas aplicaciones de los motores monofásicos tienen lugar en el hogar, el campo y en la industria. Estos motores accionan lavadoras, refrigeradores, equipo de aire acondicionado, compresores ect., por lo que cada año se fabrican millones de motores.

El problema con la alimentación de tipo monofásico es que puede crear un campo magnético giratorio; por lo que se han desarrollado varias técnicas para vencer esta dificultad.

3.2 MOTOR MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN (JAULA DE ARDILLA).

Su funcionamiento se basa en el principio de la inducción electromagnética. En el motor de inducción la corriente alterna circula por los devanados del estator.

Este tipo de motores tienen un rotor del tipo jaula de ardilla.

El campo magnético giratorio creado en el estator, induce corrientes alternas en el circuito del rotor. Al reaccionar dichas corrientes tiende a producir un giro del rotor en el mismo sentido que el campo magnético giratorio, esto debido a que dichas corrientes crean un campo magnético en el rotor que trata de alinearse con el del estator.

Como el campo magnético del estator gira continuamente, el rotor no puede alinearse con él, si no que siempre debe seguirlo, ya que toda la corriente inducida trata de oponerse al campo variable que la induce.

El rotor nunca alcanzará a la velocidad síncrona ya que de hacerlo no existiría una diferencia relativa entre su velocidad y la del campo, deteniéndose al no inducirse corriente en su devanado.

La diferencia de velocidades entre el campo y el rotor recibe el nombre de deslizamiento.

$$\text{Deslizamiento} = \frac{V_S - V_R}{V_S} \times 100$$

Donde:

VS = Velocidad síncrona o de campo.

VR = Velocidad de rotor.

A su vez la velocidad síncrona se define por:

$$V_S = \frac{120 \times F}{P}$$

Donde:

F = Frecuencia (Hz)

P = No. de polos.

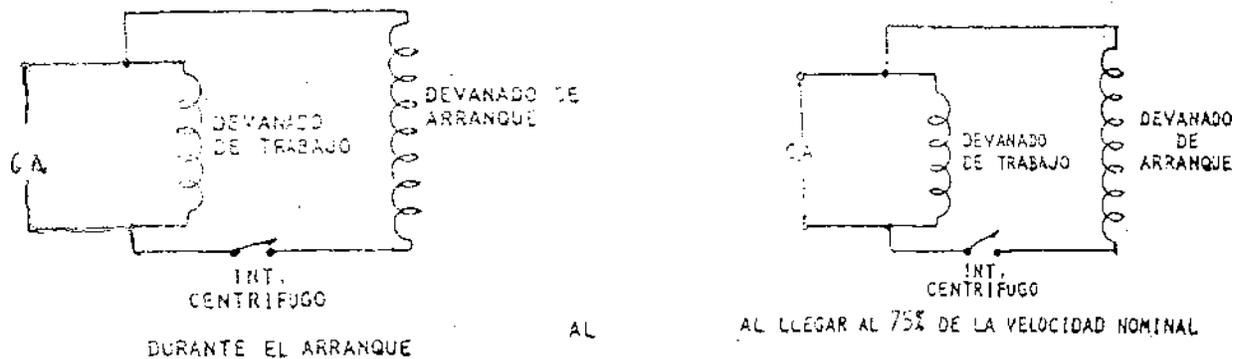
3.3 MOTOR DE FASE PARTIDA.

Este tipo de motor funciona bajo el principio del campo giratorio, pero se alimenta con sistema monofásico. Para lograr el campo giratorio se emplean **2** bobinas, una de las cuales tiene mayor resistencia y menor inductancia que el otro, lo que ocasiona que la corriente se defase entre los devanados, creándose un campo revolvente en cual es necesario. Los devanados se le denomina como:

- **Devanado de trabajo.**- Es el que realiza el trabajo o el que transmite la potencia del motor.
- **Devanado de arranque.**- Es el que se encarga de crear un campo magnético adelantado con respecto al campo magnético en el devanado de trabajo.

Con ello es formado el campo giratorio y el necesario para que el motor arranque. Una vez que el motor arranca, los bobinados estarán trabajando, pero cuando el motor alcanza el **75%** de su velocidad nominal o régimen, el bobinado de arranque es desconectado por medio de un interruptor centrífugo, ya que si permaneciera conectado a la línea se calentaría peligrosamente y hasta podría quemarse.

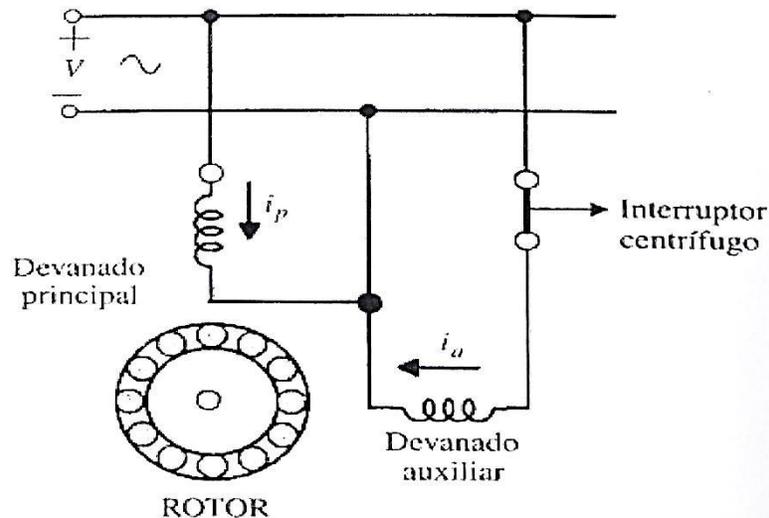
Al efectuarse la desconexión, el motor trabajará normalmente hasta llegar al **100%** de su velocidad nominal.



En esta máquina el **PARK** de arranque es necesario para poner en movimiento el rotor, se obtiene colocando un segundo devanado a **90°** eléctricos del primero.

en la definición “**ASA**” para un motor de fase dividida se le cataloga como un motor de inducción monofásico con un devanado auxiliar desplazado de su eje magnético y conectado en paralelo con el devanado principal, ambos devanados tendrán que diseñarse de tal manera que su resistencia óhmica y su reactancia sean tan diferente como sea posible, la resistencia de un devanado es directamente proporcional al número de espiras y en cambio su resistencia varía con el cuadrado de dicho número si el número de espiras en el devanado auxiliar reduce su reactancia se hace menor que la del devanado de trabajo y se utiliza un conductor más delgado, se incrementa la resistencia con la cual la corriente se desfasa en un ángulo suficiente para tener el **PARK** de arranque necesario.

El **PARK** de arranque es proporcional al producto de las corrientes en cada rama por el seno del ángulo que forman los reactores correspondientes y por la resistencia aparente del motor.



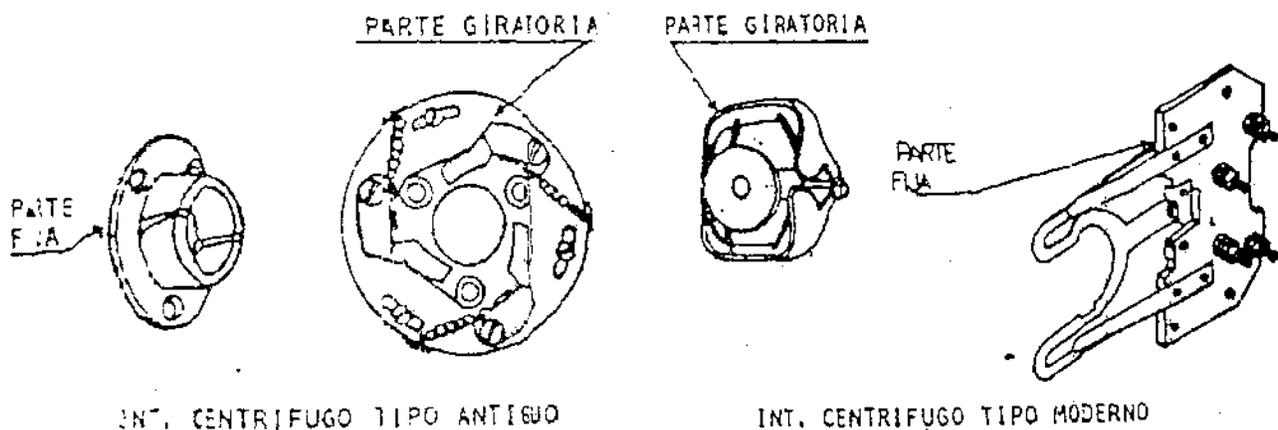
INTERRUPTOR CENTRÍFUGO.

El interruptor centrífugo va montado en el interior del motor, su función es la de desconectar el arrollamiento de arranque, en cuanto el rotor ha alcanzado una velocidad de 75% de la nominal.

El tipo de interruptor centrífugo más común está formado por dos partes, una fija y otra giratoria.

La parte fija generalmente va montada en la cara interior de la tapa frontal y la parte giratoria en la flecha del rotor.

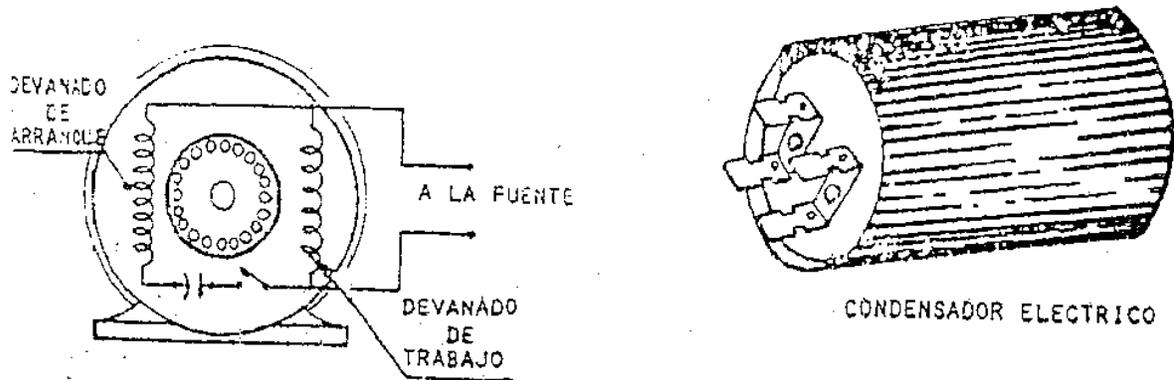
Cuando el motor se encuentra parado la parte giratoria acciona a la fija cerrando unos platinos que a su vez están en serie con la línea de alimentación y el devanado de arranque. Cuando el motor se pone en marcha, el devanado de arranque es desconectado debido a que la fuerza centrífuga tiende a impulsar a la parte giratoria hacia dentro y la parte fija queda libre y con sus platinos abiertos.



3.4 ARRANQUE CON CAPACITORES.

Para el arranque de motores de fase partida en algunas ocasiones el devanado auxiliar o de arranque necesita llevar conectado en serie un condensador o capacitor que permite aumentar el par de arranque del motor.

3.5 MOTOR CON CAPACITOR DE ARRANQUE.- Este tipo de motores únicamente usa el capacitor para el arranque.-Generalmente estos capacitores son de gran capacidad y del tipo electrolítico.

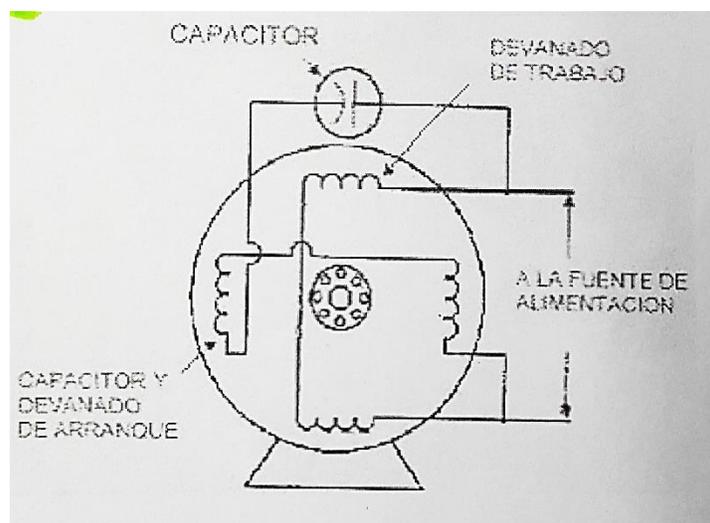


El motor de fase partida con condensador permanente tiene ciertas ventajas para cargas que son relativamente ligeras para arrancar, ya que no se necesita un interruptor centrífugo.

En este tipo de motor es posible incrementar el ángulo de desfase entre el devanado de trabajo y el devanado de arranque hasta casi 90° si se recuerda que el **PARK** de arranque es proporcional al seno de ángulo comprendido entre las dos corrientes y que el $\text{sen } 30^\circ$ es de **0.5** y el de 90° es **1**.

Un motor con capacitor de arranque tiene el más alto **PARK** inicial de todos los tipos de motor monofásico, el tipo de capacitor normalmente empleado es electrolítico especial para corriente alterna.

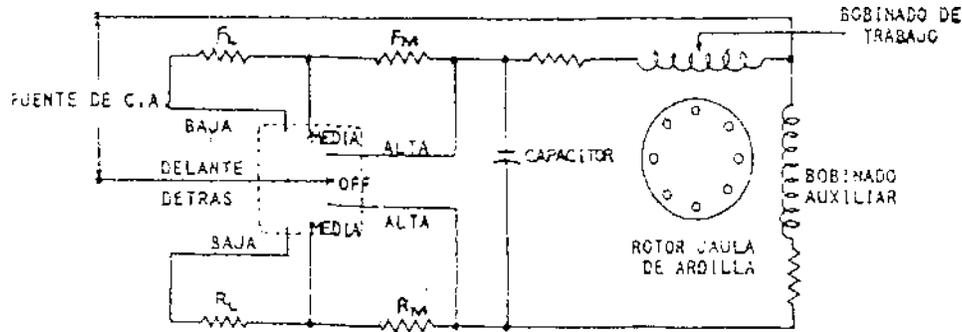
Se fabrica enrollando **2** tiras de lámina de aluminio tratadas electrolíticamente para generar el delgado dieléctrico en forma de película de óxido de aluminio las cuales están separadas por dos películas de material aislante y se impregna con un electrolítico a lo largo de su vida.



3.6 MOTOR CON CAPACITOR PERMANENTE.- En este tipo de motor el condensador queda conectado el tiempo que el motor esté funcionando. La capacidad de estos condensadores no es muy alta y son del tipo papel impregnado.

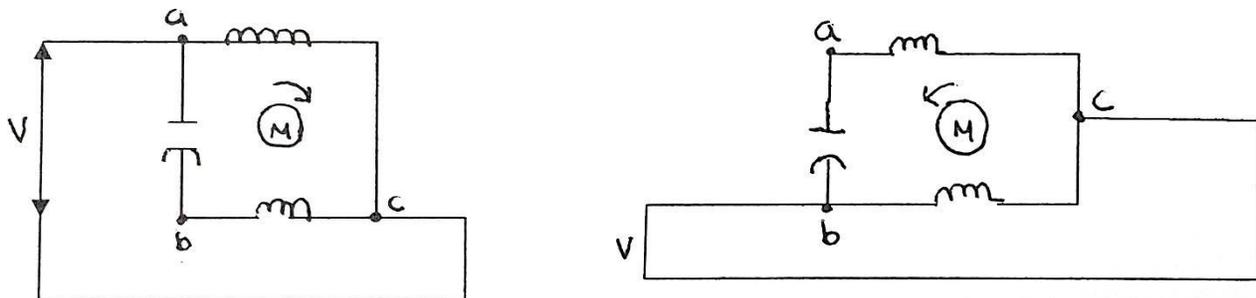
Este tipo de motores son utilizados donde la carga es pequeña y presentan ciertas ventajas para el arranque ya que no se necesita usar el interruptor centrífugo.

Este tipo de motor es silencioso, no interfiere con señales de radio o de T.V. y se usa específicamente en : Ventiladores, extractores, lavadoras, máquinas de coser etc.

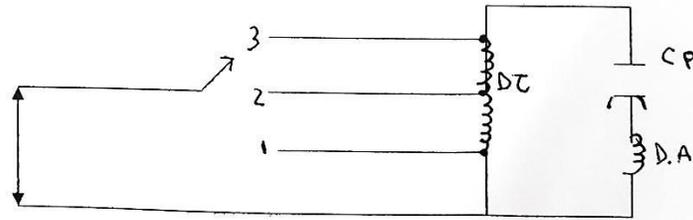


NÓTESE QUE LAS RESISTENCIAS R_L , R_M , F_L Y F_M SON PARA LIMITAR EL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN.

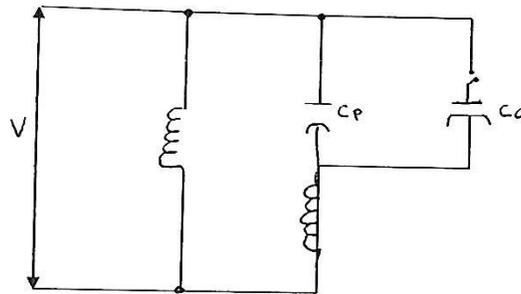
La principal ventaja de este tipo de motor consiste en que no interfiere un interruptor extra para desconectar el devanado auxiliar. Sin embargo como el motor permanece conectado en el circuito en todo momento, el capacitor ya no puede ser del tipo electrolítico, sino que debe emplearse un capacitor de aceite, cuyo costo y volumen en microfaradios, es más elevado. una vez que el motor arranca a la capacidad requerida en el circuito auxiliar es mucho menor, por esta razón la capacitancia en microfaradios, para un motor de este tipo es mucho menor que uno con capacitor de arranque, lo cual da una indicación que el par de arranque que puede esperarse, no es muy grande. El bajo par de arranque de estos motores limita su uso a aplicaciones, como ventiladores, aspas tipo turbina. En los motores de capacitor permanente los dos devanados pueden ser iguales con lo cual el motor puede hacerse girar en uno u otro sentido con un sencillo cambio de conexiones. Esto permite hacer invertir la marcha del motor sin necesidad de detenerlo, lo cual constituye una ventaja sobre los dos tipos de motor monofásicos. la corriente de arranque que toma un motor con capacitor permanente es baja por lo que no afecta a las demás cargas conectadas al mismo circuito.



Otra ventaja del motor con capacitor permanente es que permite cierto control de la velocidad mediante la variación del voltaje. Este tipo es útil sobre todo en ventiladores, al ajustar el voltaje aplicado se modifica la intensidad del campo magnético y en consecuencia el par motor.

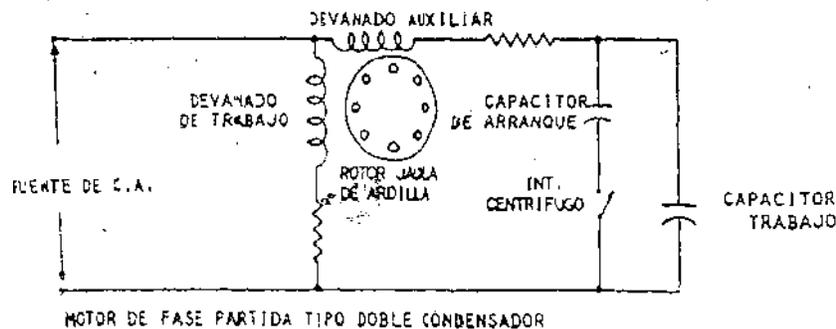


Una forma muy simple consiste en disparar derivaciones en el devanado de trabajo del motor, sin modificar el voltaje de alimentación, un inconveniente de este tipo de control de velocidad depende de la carga. Es también posible combinar las características del motor de capacitor permanente con las de Motor con capacitor de arranque, utilizando un capacitor electrolítico de capacidad adecuada para el arranque, el cual se desconecta del circuito en el momento oportuno. De esta manera se deja solo un capacitor de baja capacitancia en serie con el D.A.



3.7 MOTOR CON DOBLE CAPACITOR.- Este tipo de motor la capacitancia insertada varía en el periodo de arranque como en el de servicio o trabajo.

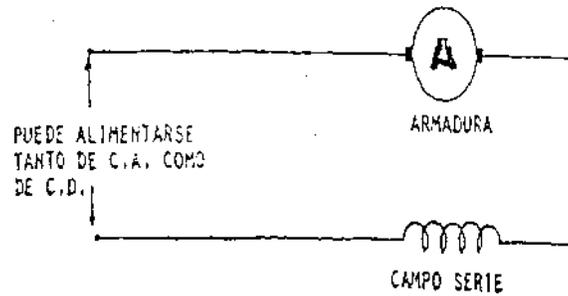
Su arranque lo hace a través de 2 condensadores en serie con el devanado de arranque por lo que su par de arranque es muy alto. Por esta razón, son ideales para mover compresores, cargadores para alimentar hornos, etc. Cuando alcanza la velocidad nominal, el interruptor centrífugo desconecta uno de los condensadores quedando conectado uno de ellos al devanado de trabajo.



3.8 MOTOR UNIVERSAL.

El motor universal es denominado así debido a que trabaja tanto con corriente alterna como con corriente directa, sin que su velocidad sufra una variación apreciable. Estos motores son de potencia fraccionaria hasta un H.P. y se utilizan en aparatos como aspiradoras, máquinas de coser, licuadoras, herramientas manuales, etc.

Este motor está construido de tal forma que cuando los devanados inducido (estator) e inductor (rotor devanado) están conectados en serie y circula corriente por ellos, se forman dos flujos magnéticos que al reaccionar provocan el giro del motor, tanto si la corriente aplicada es continua o alterna.

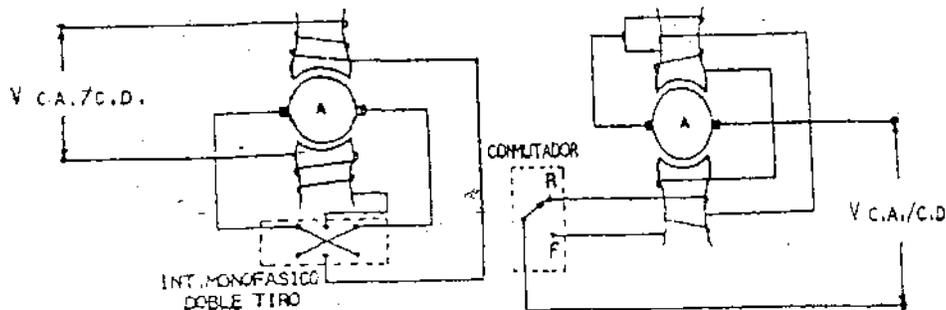


INVERSIÓN DE ROTACIÓN EN MOTORES UNIVERSALES

El cambio de sentido de giro en motores universales se logra de la siguiente manera:

Por intercambio de las terminales del campo, con respecto a las de la armadura.

Por el uso de dos bobinados de campo, conectados en sentido opuesto. El flujo producido con cada uno de ellos corresponde a un sentido de rotación.



3.9 MOTOR DE POLOS SOMBREADOS.

El estator es por lo regular igual al motor universal de arrollamiento inductor concentrado y está formado por un paquete de láminas.

Los polos son del tipo de polos salientes y como se muestran en la figura siguiente:



Alrededor de los polos van arrolladas las bobinas inductoras. Los polos llevan cerca de una extremo una ranura longitudinal en el cual se aloja un anillo o espira de cobre en corto circuito, conocida como bobina de sombra.

El rotor es de tipo jaula de ardilla, como en los motores de fase partida y en algunos motores sólo puede ser desmontada una tapa, por estar la otra fundida conjuntamente a la carcasa.

Las chumaceras o cojines suelen ser de bolas o cilíndricas. Durante el arranque los polos principales inducen en los anillos de cobre una corriente, que a su vez engendra un campo magnético defasado con respecto a de los polos principales. Los dos campos crean, al cambiarse un par giratorio que hace arrancar el rotor. Una vez acelerado el motor suficientemente, el efecto de las espiras auxiliares es despreciable.

El arrollamiento principal produce un flujo alterno: no obstante no estará en fase sobre el área completa de los polos. En la parte del polo que está situado dentro de la bobina de sombra, el flujo se atrasará con respecto al flujo de la parte del polo situado fuera de la bobina de sombra.

Esto se debe a la corriente inducida en la bobina de sombra que atrasa el cambio de! flujo, entrelazando en esta bobina : Esto significa que el flujo máximo en la porción sombreada del polo no sombreado a la porción del polo sombreado. El efecto de este desplazamiento progresivo es suficiente para arrastrar el rotor en el mismo sentido.

El empleo de estos motores se limita a las aplicaciones donde se aprecia un par de arranque muy reducido como por ejemplo: En ventiladores pequeños, en tocadiscos, etc.

Este tipo de motores se fabrican en potencias de **1/ 100, 1/ 20 y 1/4 de H. P.**

3.10 VELOCIDAD.

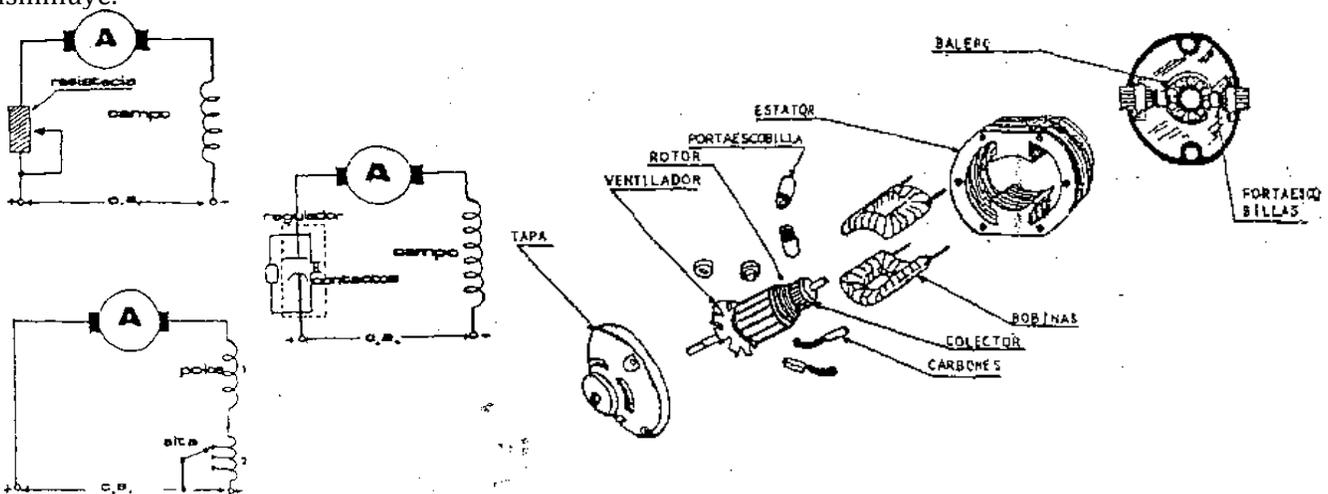
La velocidad de un motor universal puede variar por medio de las siguientes formas:

- a) Conectando resistencias en serie en el circuito del motor.
- b) Aumentando o disminuyendo el número de espiras en las bobinas que forman el devanado del estator.
- c) Usando un regulador de velocidad constante.

Cuando se disminuye el número de espiras el rotor gira más rápido creando una **F.C.E.M.** que estabiliza su velocidad.

Si aumentamos el número de vueltas, tendría un campo mayor y el rotor irá más lento, pues no necesita girar tan rápido para dar la **F.C.E.M.** Algunos aparatos domésticos como las licuadoras pueden variarse su velocidad cambiando su cantidad de espiras en los campos.

En el caso de usar resistencias, se provoca una disminución de la corriente y por consiguiente la velocidad disminuye.





OBJETIVO.:

Al término de la práctica el alumno:

- Identificará los tipos diferentes de motores monofásicos.
- Conocerá las partes que constituyen a los diferentes tipos de motores monofásicos.
- Describirá con sus propias palabras sus principios básicos de funcionamiento.
- Conocerá y realizará diagramas eléctricos para motores monofásicos de **C, A**.

MATERIAL Y EQUIPO EMPLEADO:

- 1 Motor fase partida con capacitor de arranque.
- 1 Motor tipo polos sombreados.
- 1 Motor tipo universal

DESARROLLO EXPERIMENTAL.

- Desarme los tres tipos de motores descritos anteriormente y dibuje cada una de sus partes.
 - ¿Qué diferencia existe en La forma física de estos motores? _____

 - En el motor de fase partida desconecte el capacitor y observe que sucede. _____

 - Desconecte ahora una terminal del platino del interruptor centrífugo y arranque el motor. ¿Qué sucede?

 - En el motor universal cambie la posición de los carbones e indique que sucede. _____

- Explique por qué. _____

- En el motor de polos sombreados ¿cuál es la forma del estator? _____
Por qué tiene esa forma. _____



7. En los motores mostrados realice las conexiones siguientes: y efectúe los diagramas eléctricos y físicos correspondientes:

- a) Conexión en serie.
- b) Conexión en paralelo.
- c) Conexión serie - paralelo (en motor de 4 polos).

Identifique las terminales de las bobinas.

8. Obtenga el diagrama eléctrico de un motor universal de velocidades y dibújelo. .

9. Rebobine su motor universal y mida su corriente. El motor deberá de consumir la misma corriente antes de ser desembobinado.

UNIDAD CUATRO

LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN MÁQUINAS DE C.A. MONOFÁSICAS CON ROTOR JAULA DE ARDILLA.

4.1 CONSIDERACIONES TEÓRICAS.

Todas las reparaciones a realizar en máquinas monofásicas de **C.A.**, así como en sus equipos de control y protección, se requiere que inicialmente haya una previa investigación, localización y detección de la falla, esto se logra utilizando para este propósito los instrumentos y procedimientos adecuados.

Para detectar una falla en una máquina de **C.A.** monofásica, en algunos casos no será necesario desmontar o desacoplar la máquina del lugar donde esté trabajando; por ejemplo una falla de aislamiento del devanado, ya que para detectar este tipo de falla bastará con desconectar las terminales de la red de alimentación y probar con un **Megohmetro** la resistencia de aislamiento de los devanados, pero si existe dicha falla, para su localización y reparación será necesario desacoplar y desarmar la máquina, ya que la falla puede presentarse en una bobina correspondiente a un polo del devanado de trabajo o al de arranque.

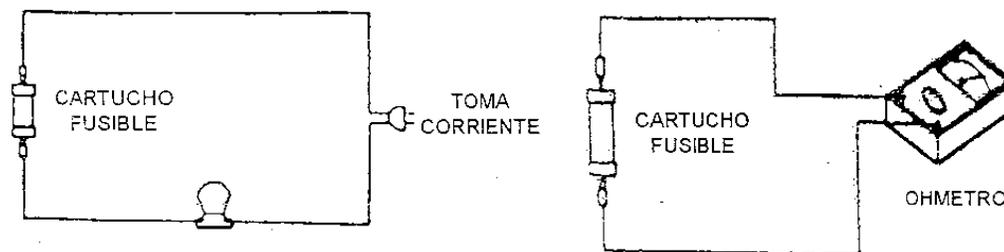
Las fallas en los motores monofásicos se presentan en los accesorios de control, devanados, interruptores centrífugos, condensadores para arranque, baleros o chumaceras. Dependiendo el tipo de motor monofásico que sea. **A** continuación se describen las formas y métodos para la detección y localización de averías y fallas en máquinas de **C.A.** monofásicas.

4.2 FALLAS EN ACCESORIOS DE CONTROL.

a) Detección de fusibles quemados.-Cuando se pone en operación un motor monofásico y no arranca o lo hace, pero en forma momentánea, la causa más común y probable, es de fusibles en mal estado, ya sea que estos estén abiertos o tengan algún falso contacto en el portafusibles.

Las causas que ocasionan que el elemento fusible se funda, puede deberse a una sobre carga momentánea provocada por fallas mecánicas, o bien por un corto circuito entre devanados o contactos a tierra.

El estado de un fusible se puede verificar dentro o afuera del interruptor. La prueba a se hará con el multímetro o una lámpara serie. Los dibujos de las figuras siguientes muestran lo descrito anteriormente.

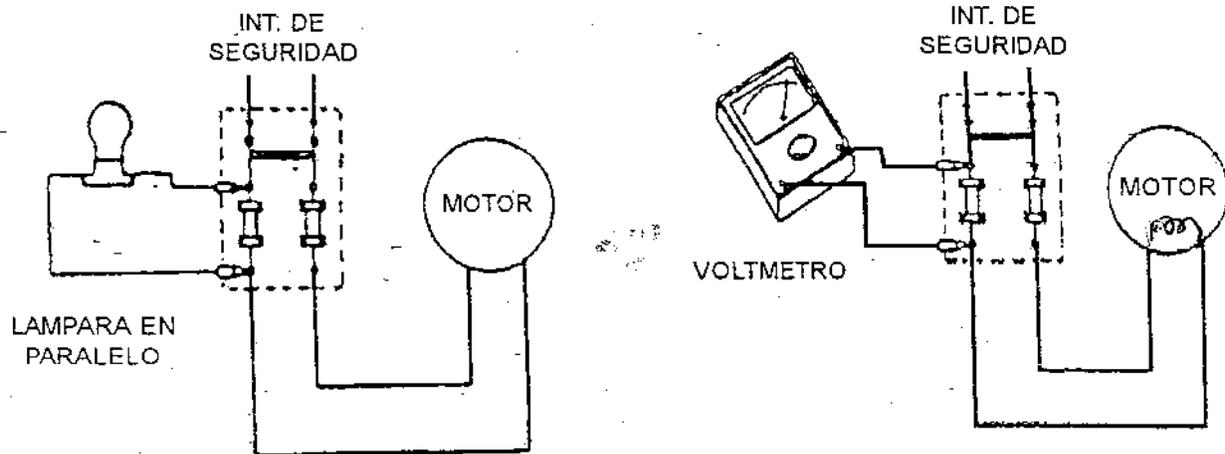


LÁMPARA EN SERIE

Cuando se prueba un fusible, en caso de encender la lámpara, será señal de que el fusible se encuentra en buenas condiciones, si la lámpara no enciende, dicho fusible está dañado.

Cuando se utilice un óhmetro para probar el fusible, en caso de que el elemento este bien, la aguja indicará un valor de resistencia y si la aguja no deflexiona, el fusible estará defectuoso.

Cuando se desea comprobar el fusible dentro del interruptor de seguridad, la prueba se realizará ya sea con la lámpara de prueba en paralelo o con un voltímetro, en la forma en que se demuestra en las figuras siguientes.



Al comprobar con la lámpara o con el voltímetro el estado de los fusibles, el interruptor de seguridad deberá cerrarse.

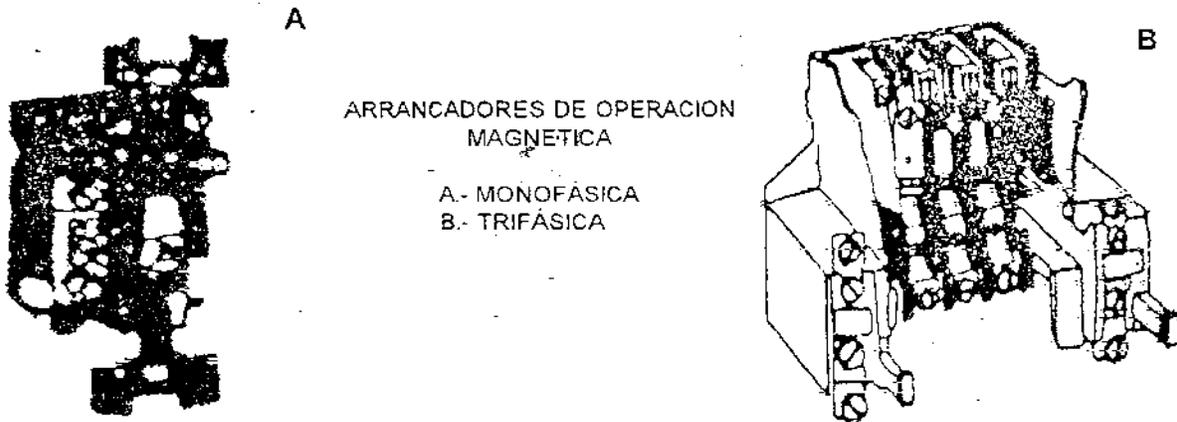
Cuando se pruebe con la lámpara, ésta encenderá cuando el fusible este dañado y no encenderá cuando el fusible este en buen estado.

Al emplear el voltímetro, éste indicará el valor de tensión de la red, cuando el fusible este abierto y en caso, contrario el voltímetro, no indicará valor alguno.

b) DETECCIÓN DE ELEMENTOS TÉRMICOS DISPARADOS.

Los elementos térmicos son partes o componentes de arrancadores de operación manual o de operación magnética. Dichos elementos son uno de los mejores medios de protección para motores monofásicos, por la característica que tienen de permitir un retardo de operación en sobrecargas ligeras y única acción rápida en grandes sobrecargas.

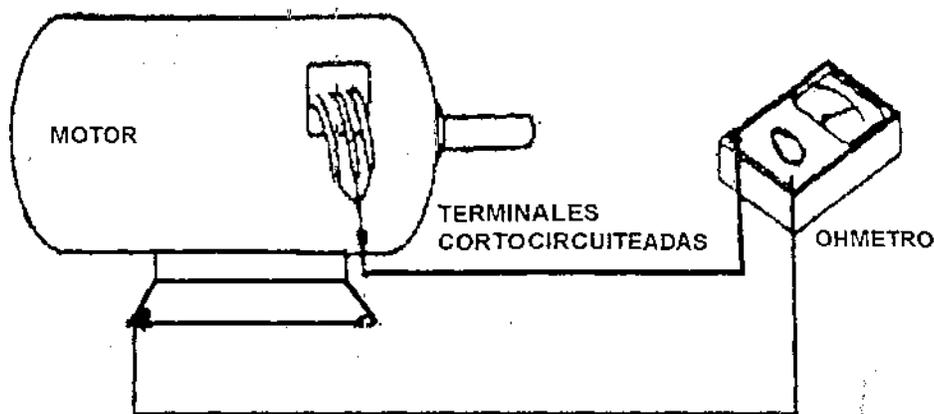
Los elementos térmicos disparados, de arrancadores de operación manual o de operación magnética se detectan con la ayuda de un multímetro. Con el multímetro se verifica dentro del arrancador la continuidad de la línea que protege dicho elemento. En los arrancadores de operación manual, para restablecer el elemento térmico, se deberá poner la palanca de operación en la posición de abierto y después se pasará a la posición de cerrado, hecho esto, se restablecerá la continuidad en la línea.



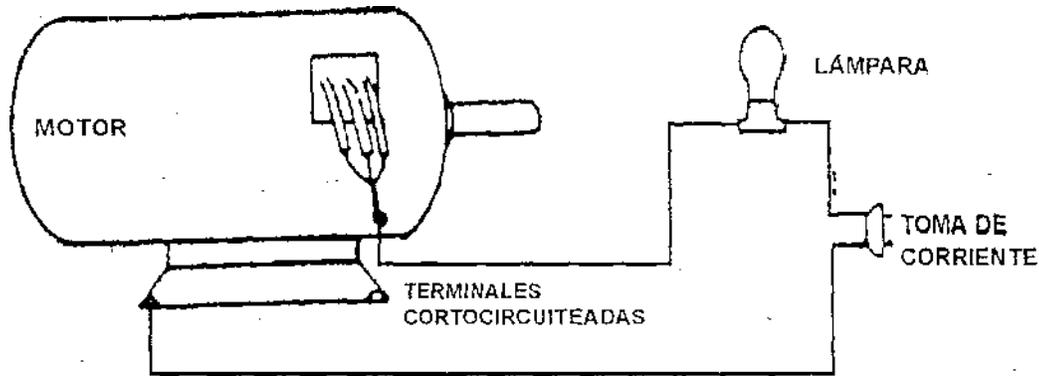
4.3 DETECCIÓN DE FALLAS EN LOS DEVANADOS.

Las fallas más comunes que se pueden presentar en los devanados son: bobinas a tierra, interrupciones entre grupos de bobinas o entre polos, así como inversiones de polaridad.

a) DETECCIÓN DE BOBINAS ATIERRA.-Para detección de bobinas a tierra, generalmente no se requiere de desmontar el motor de su lugar de trabajo, ya que para su detección, basta desconectar las terminales de la red de alimentación, y probar con una lámpara de prueba o con un óhmetro. Si la prueba se realiza con un óhmetro, una de las terminales de prueba del óhmetro se conecta a las terminales del devanado y la otra se pone en contacto con el armazón de la máquina. En el caso de que exista una bobina a tierra, el óhmetro indicará la continuidad que existe entre el devanado y la armazón de la máquina. La siguiente figura muestra la forma de conectar el óhmetro para realizar la prueba.



Para efectuar la detección con una lámpara de prueba, se harán las conexiones indicadas en la siguiente figura:



De acuerdo con el dibujo anterior, si existe una bobina a tierra, habrá continuidad entre el devanado y la armazón de la máquina, ésta falla se manifestará con el encendido de la lámpara.

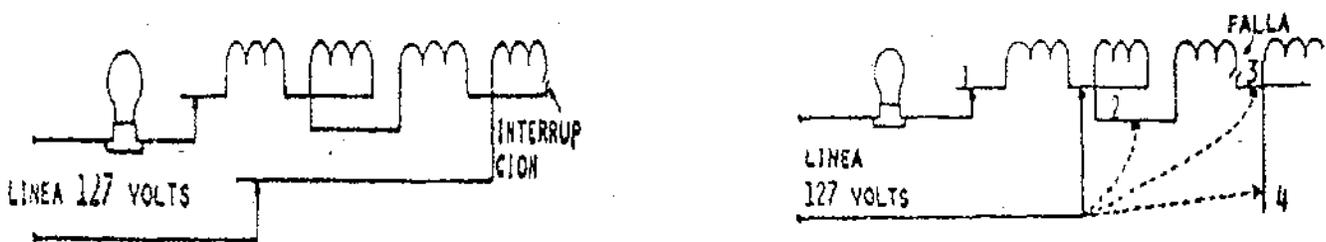
Las fallas a tierra se producen, cuando los devanados se ponen en contacto directo con las partes metálicas, ya sea con la laminación del núcleo, pernos de sujeción y que por lo general se debe a defectos en los aislamientos.

Una vez detectada la existencia de bobinas a tierra, se desmontará y desarmará la máquina para localizar visualmente el punto donde ocurrió la falla. Se inspeccionará devanado detalladamente para ver si alguna espira toca el núcleo o la armazón. Si no se observará nada anormal, conéctese la lámpara de prueba en forma permanente entre la armazón y el devanado; enseguida inténtese mover las espiras del devanado hacia uno y otro lado, observando al mismo tiempo si la luz de la lámpara se extingue bruscamente y vuelve a reaparecer. Una oscilación de este tipo indica evidentemente que el contacto a tierra ha sido interrumpido momentáneamente por el movimiento en las espiras del bobinado.

Si la prueba anterior tampoco permite localizar la avería, será preciso desarrollar los empalmes de las terminales de los polos y comprobar cada polo por separado, hasta localizar e identificar el que tiene el defecto.

b) Detección de interrupciones en bobinas y polos, se pueden hacer con una lámpara de prueba o un óhmetro.

Para dicha detección sí se hace con la lámpara, ésta se puede conectar como se indica en las siguientes figuras:

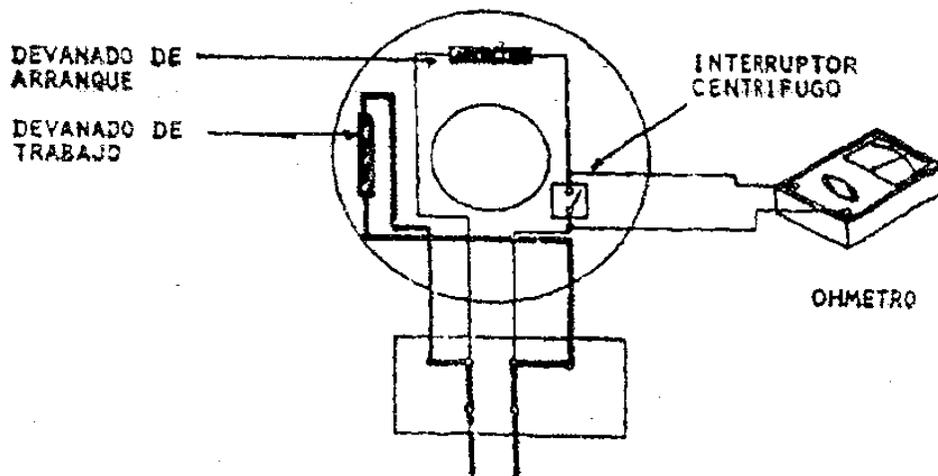


Al conectar las terminales de la lámpara de prueba a las terminales del devanado, la lámpara señalará el estado en que se encuentra el devanado. Si la lámpara enciende nos indicará que el devanado está en buenas condiciones, y si por el contrario, no enciende, existirá una interrupción en el devanado.

Después se buscará el polo o los polos defectuosos, conectando una de las terminales de la lámpara en un extremo del devanado y conectando la otra terminal en el extremo del polo mismo, tal y como se muestra en las figuras anteriores. Estas pruebas son aplicables al devanado de trabajo como también al de arranque.

4.4 PLATINOS ABIERTOS.

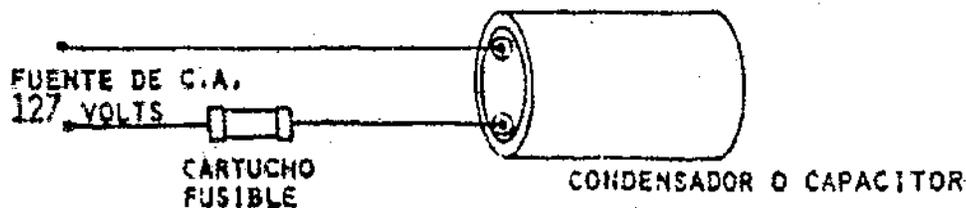
En los motores monofásicos de fase partida presentan en su construcción un elemento más, que es el interruptor centrífugo, el cual provoca fallas porque sus componentes se van desgastando con el uso, por lo que a la larga, el cierre "entre contactos es deficiente, también puede presentar una presión insuficiente entre las partes fija y giratoria que puede provocar que los contactos queden muy abiertos, ocasionando que en el momento en que se pare el motor estos queden abiertos y al tratar de poner el motor en marcha, no se logre. Una interrupción en la continuidad del interruptor centrífugo se puede detectar con un óhmetro, sin que sea necesario desarmar la máquina. Si la interrupción se localiza con el óhmetro, las terminales de prueba del instrumento se conectan a los borbonces correspondientes del contacto del interruptor. La figura siguiente ilustra lo anterior.



4.5 DETECCIÓN DE FALLAS EN EL CAPACITOR DE ARRANQUE.

Las fallas más comunes que se presentan en un condensador son: interrupciones y cortos circuitos.

a) Para verificar el estado de un condensador se procederá a desconectar éste de las terminales del motor, y se conectará nuevamente a un circuito con una fuente de C.A. de 127 volts; es recomendable intercalar un fusible de 10 amperes en el circuito. La siguiente figura muestra el circuito.



Al efectuar la prueba anterior y si el fusible se funde, esto nos indica que existe un corto circuito en el condensador. Si el fusible no se daña, es señal de que el condensador se ha cargado. Es recomendable que una vez que el condensador se desconecte del circuito, se tenga la precaución de no tocar los bornes de este, ya que se corre el riesgo de sufrir una descarga eléctrica. Para descargar un condensador basta con unir sus bornes con el auxilio de un destornillador provisto con mango de material aislante, teniendo cuidado de no hacer contacto en la parte metálica, al momento de unir los bornes.

Si observamos que al poner en contacto del desarmador con los bornes del condensador no hay chispa alguna, lo más probable es que la capacidad del condensador haya disminuido o tenga una interrupción.

En muchos casos el hecho de haberse producido chispas en las terminales del condensador al descargarlo, no requiere decir que éste esté en buen estado; ya que aunque el condensador haya sufrido una disminución de capacidad, será capaz todavía de seguir produciendo una débil descarga visible.

Si el resultado de esta prueba no es satisfactorio y se desea saber con precisión la clase de avería que sufre el condensador, será necesario someterlo a las pruebas siguientes :

b) Medición de la capacidad.- En esta prueba se utiliza un voltímetro y un amperímetro de C.A. Esto con la finalidad de conocer la capacidad del condensador.

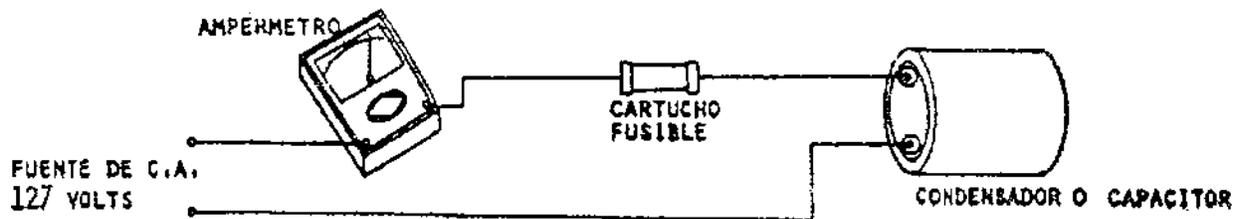
Para realizar la prueba se utilizará una fuente de C.A. de 127 volts; se conectará en serie el condensador, el amperímetro y un fusible, conectándose el voltímetro a los bornes del condensador. Se tomarán las lecturas del voltaje y corriente y se anotarán.

NOTA: Todos los aparatos de medición son conectados del rango mayor al menor, esto es con la finalidad de prevención en caso de que el rango seleccionado no haya sido el adecuado, siendo mayor la corriente, ocasionando un daño al aparato.

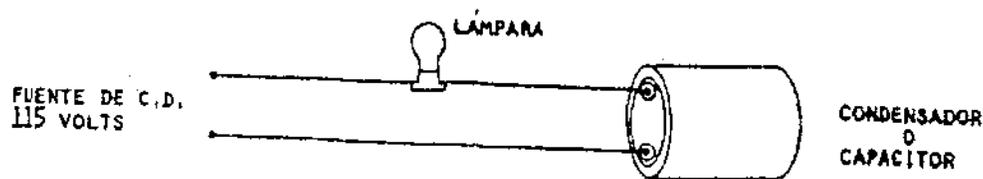
Con los valores de voltaje y corriente se determina la capacidad del condensador utilizando la expresión siguiente:

$$\text{CAPACIDAD } (\mu\text{f}) = 2665X \frac{\text{AMPERES}}{\text{VOLTS}}$$

Si la capacidad calculada no es la que se estipula en el condensador, éste se tendrá que cambiar. La siguiente figura muestra el diagrama para la prueba de conexión para la prueba anterior.



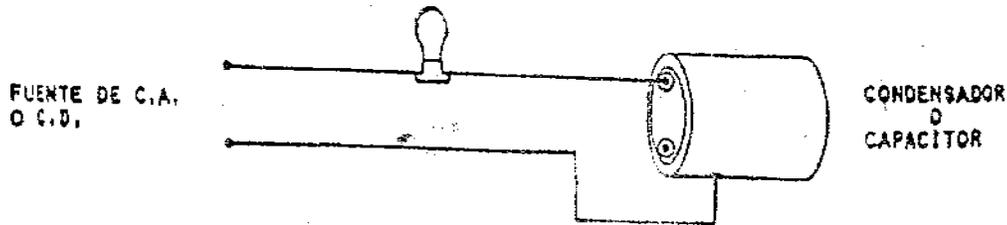
- Prueba de corto circuito.- Para determinar la existencia de un corto circuito en el condensador, es necesario aplicar una tensión de 115 volts de corriente continua al circuito, Este circuito estará formado por una lámpara incandescente conectada en serie con el condensador, como se muestra en la figura siguiente:



En esta prueba, si la lámpara enciende esto indicará que el condensador tiene un corto circuito en su interior. Aquí en esta prueba no se utiliza C.A. por que la lámpara encendería aunque el condensador estuviera en buen estado.

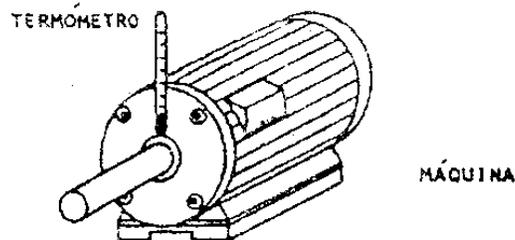
d) Prueba de contacto a tierra.

Para esta prueba puede utilizarse indistintamente C.A. o C.C., con una lámpara incandescente, se conectará en la forma siguiente: Una de las terminales del circuito se conecta a uno de los bornes del condensador y al otra a la cubierta de aluminio de éste mismo, en la forma en que se observa en la figura siguiente:



4.6 DETECCIÓN DE FALLAS EN BALEROS.

La falla en un balero se presenta cuando por un mal mantenimiento se llegara a secar o a terminar la grasa que lo lubrica. Si a un balero se le acaba la grasa, este producirá mucho ruido cuando esté en operación la máquina; creándose entre los balines o rodillos y pista una fricción. Esta fricción se manifiesta en el calentamiento excesivo, dicho calentamiento se puede medir, colocando un termómetro en la tapa de la máquina. De tal forma de que el bulbo del termómetro quede próximo al balero. La figura siguiente indica la forma de cómo se debe colocar el termómetro.



En condiciones normales de operación, la temperatura en las partes más próximas al balero, no deberán exceder a 75° C. Para medir el nivel del ruido en el balero, se utiliza un instrumento fabricado por la firma S.K.F., pero su costo es muy elevado, de tal forma que su utilidad es indispensable, justifica su valor en las fábricas productoras de máquinas eléctricas.

Otra de las formas para poder medir el nivel del ruido, es en una forma estimativa con un instrumento similar aun estetoscopio, el cual lo produce la firma SNAP - ON. En la figura siguiente se muestra la forma de utilizar dicho instrumento.



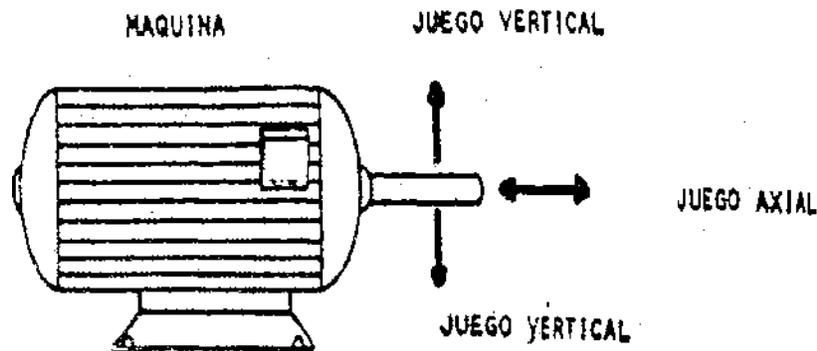
Efectuando la medición con el instrumento indicado anteriormente, en caso de que el balero este dañado, se apreciará un zumbido muy intenso.

4.7 DETECCIÓN DE FALLAS EN CHUMACERAS.

En el caso de motores eléctricos monofásicos que son utilizados para accionar bombas hidráulicas, estos están provistos con un balero en la tapa del lado motriz y con buje o chumacera en el lado contrario. En este tipo de motor, las fallas son más frecuentes en el lado del lado motriz, por el hecho de que en ocasiones, los empaques

se dañan y escapando el líquido, llega hasta el balero. El buje o chumacera llegan a sufrir desgastes, cuando no se lubrican periódicamente; cuando tales desgastes son excesivos se detectan y localizan visualmente, desarmando el motor.

Un desgaste en el cojinete puede provocar que el rotor llegue a rozar con la laminación del estator; cuando esto ocurre poniendo a funcionar el motor, se producen fuertes ruidos así como calentamientos excesivos que afectan los aislamientos del devanado. Otra forma de detectar falla en una chumacera es tomar la flecha del motor, y tratar de moverla en sentido vertical. Si se logra mover la flecha y se nota cierta holgura anormal, es señal de que las chumaceras están desgastadas, así como en el caso en que se presente excesivo juego axial.



Los procedimientos así como el material y equipo requerido, es el mismo que para las pruebas de los motores monofásicos de inducción.

OBJETIVO:

Al término de la práctica, el alumno estará capacitado para:

- Detectar fallas eléctricas y mecánicas en motores de C.A.
- Operar y manejar equipo e instrumentos de medición para la detección de fallas.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO.

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| -Motor monofásico de inducción | -Motor monofásico de repulsión. |
| -Arrancador termomagnético | -Condensador Electrolítico |
| -Amperímetro de gancho | -Lámpara de Prueba |
| -Voltímetro de C. A. | -Desarmador plano |
| -Terminales de conexión | -Multímetro |
| -Pinzas de electricista | -Juego de llaves de astrias |
| -Interruptor 2 P. 1T con fusible | -Extensión monofásica de prueba |
| -Fuente variable de C. D. | |

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA:

Durante el desarrollo de la práctica, se detectarán algunas de las fallas descritas anteriormente.

1.- Detecte las fallas en los accesorios de control, haciendo las pruebas correspondientes, las fallas a detectar serán la de fusibles quemados y elementos térmicos disparados.

a) Las pruebas para los fusibles se harán dentro y fuera del interruptor, diciendo en qué estado se encuentran.

b) Haga la prueba de continuidad correspondiente con el multímetro al arrancador h de operación manual, y restablezca el circuito.

2.- LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN DEVANADOS.

a) Según el diagrama físico, haga la prueba de bobinas a tierra, utilizando tanto el óhmetro como la lámpara incandescente. Si se detectará un contacto a tierra, se deberá tratar de localizarlo, llevando una secuencia como la descrita en la teoría.

b) DETECCIÓN DE INTERRUPCIONES EN BOBINAS Y POLOS.

Cuando se ha efectuado la prueba en donde se ha tratado de localizar la falla a simple vista no lográndose esto, tendrá que desarrollar los empalmes de las terminales de los polos y hará las pruebas correspondientes. Diga en qué condiciones **5** se encuentran tanto el devanado de trabajo como también el de arranque.

3.- Según lo descrito en la teoría haga la prueba de continuidad al interruptor centrífugo. Describa en qué condiciones de operación se encuentra.

4.- Detección de fallas de condensador.

a) Desconecte el condensador del motor y conecte a este en un circuito alineado con una fuente de **C.A.**, intercale un fusible de **10** amperes. Diga que sucede con el fusible.

b) Mida la capacidad del condensador, utilizando un voltímetro y un amperímetro de **C A**

c) Utilizando una fuente de **115** volts **C.D.** y una lámpara incandescente conectada en serie, haga la prueba de corto circuito. Diga que es lo que sucede y porque

d) Efectúe la prueba del condensador con contacto a tierra; si la lámpara enciende es porqué.

5.- DETECCIÓN DE FALLAS EN BALEROS Y CHUMACERAS.

Verifique que en la flecha no haya movimientos y ruidos excesivos, provocados por el balero defectuoso o chumaceras y mida la temperatura del balero,. Diga si la temperatura que midió esta dentro del límite permitido.



CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN:

1.- Mencione las causas que originan el que se fundan los fusibles o el disparo de los elementos térmicos en circuitos de alimentación y control de motores monofásicos. _____

2.- En las siguientes preguntas se dan algunas respuestas de las cuales, una es la correcta, Se deberá subrayar la correcta:

a).- para la determinación de la polaridad en el devanado de un motor monofásico, que se debe utilizar un instrumento conocido con el nombre de:

Megóhmetro

Voltímetro

Brújula

b).- Para la determinación de la polaridad en un motor monofásico el devanado se conecta a una:

Fuente de tensión alterna

Fuente de tensión de bajo voltaje de C.A.

Fuente de tensión voltaje de C.D.

c).- Cuando un motor monofásico de C.A. tiene una interrupción en el circuito de arranque y se conecta a la línea, se observa lo siguiente:

Zumbido ligero y no arranca

Alto calentamiento

Arranque Rápido

3.- Mencione las formas con las cuales se comprueba que un condensador está en malas condiciones:

UNIDAD CINCO

REBOBINADO DE MOTORES MONOFÁSICOS CON ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA.

OBJETIVO.

- Al término de la práctica el alumno conocerá las técnicas de bobinado de motores monofásicos.
- Aprenderá a sacar datos en los devanados quemados.
- Aprenderá el método y técnica de aislamiento en estatores.

5.1 CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Cuando las bobinas de un motor se queman o existe corto circuito entre espiras, será necesario reemplazarlas con bobinas nuevas. Para ello se tendrá que rebobinar el motor.

Al inicio de esta operación, tendremos que marcar las tapas y la carcasa a fin de rearmar la máquina correctamente.

Para bobinar un motor se tienen que seguir los pasos siguientes:

1. Toma de datos.
2. Extracción del devanado (s) defectuoso (s).
3. Aislamiento de las ranuras.
4. Rebobinado.
5. Conexiones de los nuevos devanados.
6. Pruebas eléctricas de los nuevos devanados.
7. Secado e impregnación de barniz aislante.

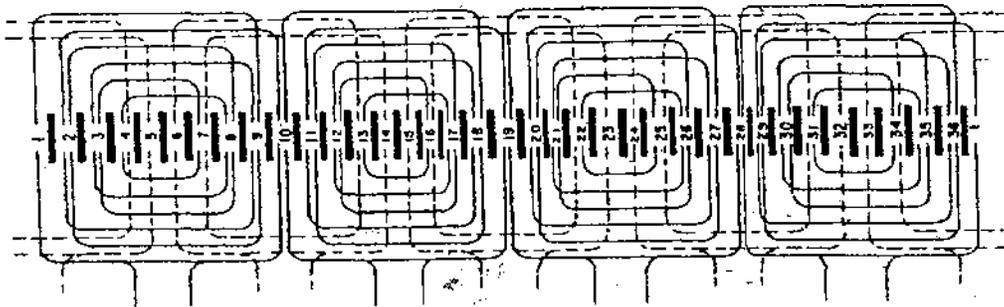
5.2 TOMA DE DATOS.

Consiste en anotar cuidadosamente, los datos más importantes de los devanados de trabajo y de arranque para no tener dificultades al rebobinarlo.

Esto se efectúa al extraer la bobina. Entre los datos que se obtienen figuran:

- a) Datos de placa (característica del motor).
- b) Número de polos.
- c) Paso de la bobina (ranuras abarcadas por cada bobina).
- d) Número de espiras por bobina.
- e) Conexión entre bobinas (serie o paralelo).
- f) Calibre de conductor por devanado (trabajo y arranque).
- g) Tipo de bobinado, (a mano, molde, madejas).
- h) Características y dimensiones del aislamiento de las ranuras.
- i) Número de ranuras.
- j) Distancias que sobresalen de las bobinas por ambos lados (para evitar que las tapas rocen las coronas de las bobinas).

Para la posición de los devanados se realiza un diagrama, como el mostrado en la figura No. 1 donde se representan los devanados y la totalidad de las ranuras.



DEVANADO PRINCIPAL Y AUXILIAR TIPO MADEJA

RANURA Nº	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		
DEVANADO PRINCIPAL	2	2	2	1																																		
DEVANADO DE ARRANQUE																																						

RANURA Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DEVANADO PRINCIPAL																								
DEVANADO DE ARRANQUE																								

Primero efectúe las anotaciones del devanado de arranque y luego las del devanado de trabajo, ya que esta última está por debajo del devanado de arranque.

Para determinar el paso de la bobina, primero levante un poco los extremos del devanado de arranque y con ello encontrará el paso de bobina del devanado de trabajo. Se puede realizar un formato en el cual se anotaran los datos de los motores a reparar.

Marca _____	Tipo _____
HP _____	Hz _____
Amp _____	Estator _____
Polos _____	Ranuras _____
Volts _____	

DEVANADO ARRANQUE

Pasos _____

Espiras _____

Conexión _____

Conductor _____

DEVANADO TRABAJO

También anotaremos la posición de los polos del devanado de trabajo respecto a la carcasa así como el tipo de conexión entre las bobinas polares.

Para contar el número de espiras por bobina, abra las bobinas y cuente las espiras o bien corte la bobina y cuente las terminales. El calibre del conductor se obtendrá por medio de un calibrador de alambres o con micrómetro.

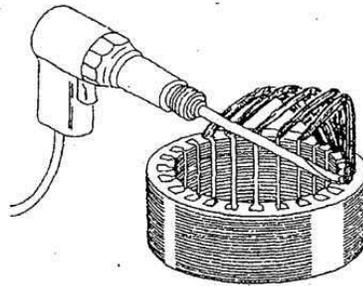
5.3 EXTRACCIÓN DE BOBINAS.

En la extracción de las bobinas primero se retiran las bobinas cortando con un cincel, pulceta o soplete la corona de uno de sus extremos. Cuando se ha cortado la corona, por el lado opuesto se jalan las bobinas hasta que salen de la ranura.

En muchas ocasiones es necesario ablandar los arrollamientos del núcleo, por lo que se puede aplicar calor a fuego directo.

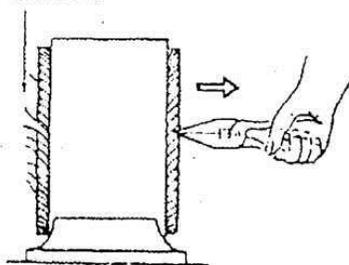
Después de que las bobinas son extraídas suelen permanecer adheridas a las ranuras residuos de espiras o de material aislante, esto se elimina con una cuchilla y luego con aire a presión eliminamos polvo y partículas que llegasen a existir.

Cuando el estator a sido limpiado completamente se cubre en su corona con barniz dieléctrico en color rojo.

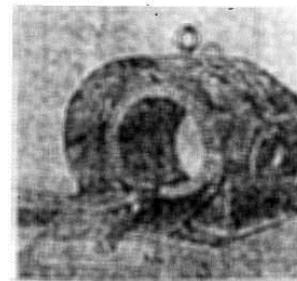


Escoplo neumático para cortar cabezas de bobina.

Hilos cortados



Extracción de un arrollamiento estatórico cortando cada bobina por un lado del estator y tirando desde el otro con auxilio de unos alicates.



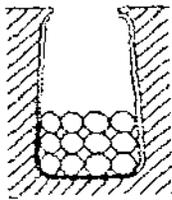
Estator con las ranuras provistas de aislamiento con los bordes doblados

5.4 AISLAMIENTO DE RANURAS.

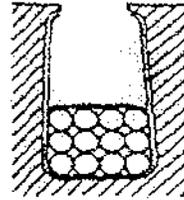
Antes de bobinar se coloca en las ranuras el aislamiento que evita contactos en conductores y núcleo. Siempre utilice el mismo material aislante y con iguales dimensiones que el núcleo llevaba originalmente.

El material aislante más utilizado es el papel copaco, maylard, pescado, dacrom - Maylard, etc.

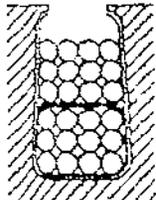
El aislamiento de las ranuras se corta 6 mm más largo que la ranura y luego la amoldamos a la forma de está para que ajuste perfectamente por medio de unos acentadores.



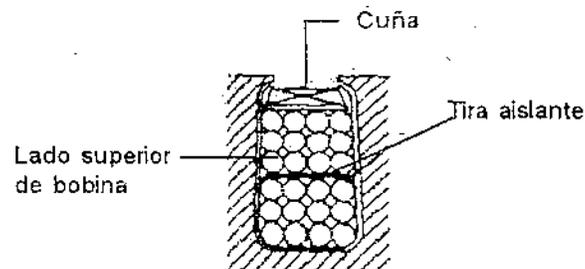
1.- Se aloja un lado de bobina en el fondo de la ranura



2.- Se coloca una tira aislante sobre el lado inferior de bobina



3.- Se introduce el lado superior de bobina.



4.- Se cierra la ranura con una cuña

Manera de alojar en una ranura los lados de dos bobinas, interponiendo el aislamiento necesario entre los mismos.

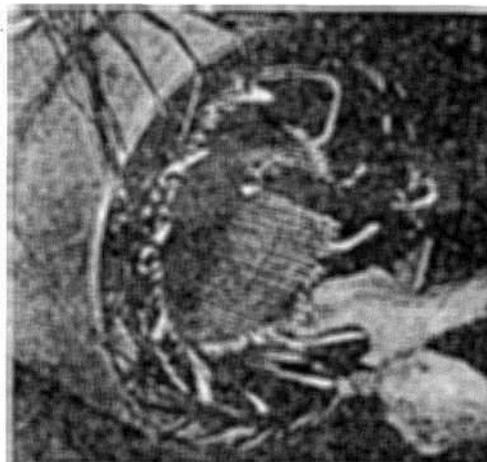
5.5 REBOBINADO DEL ESTATOR.

Puede rebobinarse el estator de un motor de inducción de tres formas:

- a) A mano
- b) Con bobinas moldeadas
- c) Con madejas

No importando la forma de rebobinar recuerde que primero se coloca el devanado de trabajo y después de colocar el respectivo aislamiento se coloca el devanado de arranque).

Una vez colocados los devanados, se colocan las cuñas de sujeción - que evitan el efecto de la vibración colocándolas a la medida de la ranura.



Estator trifásico durante la colocación de las bobinas y del aislamiento entre grupos.

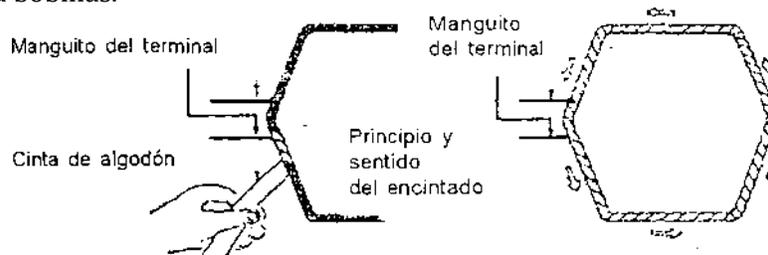
5.6 FORMAS DE FABRICAR LOS DEVANADOS. DEVANADO A MANO.

Al devanar las bobinas a mano se tienen dos ventajas:

- a) Un bobinado compacto.
- b) No usar moldes.

Este tipo de devanado se realiza directamente en la carcasa del motor aunque se debe de tener cuidado de proporcionar a la bobina el tamaño adecuado.

Además, otra de las ventajas que ofrece al realizar este tipo de devanado es de fabricarlo continuamente hasta la terminación del mismo, es decir, que no es necesario realizar corte alguno entre la terminación y el principio de cada polo a bobinas.



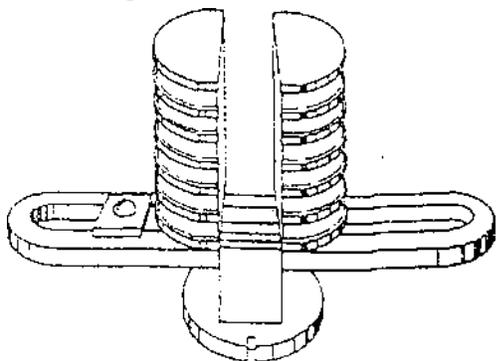
Manera de encintar una bobina prevista para alojar en ranuras abiertas.

b) BOBINADO CON MOLDE.

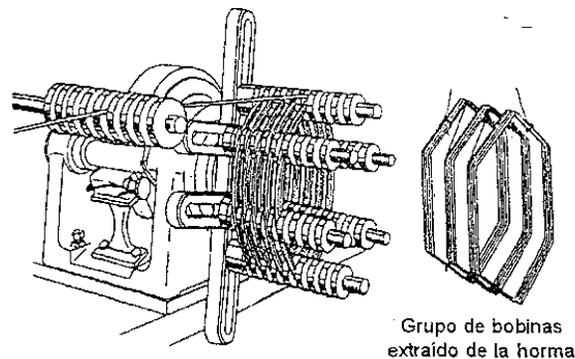
En este caso las bobinas se fabrican en molde de madera o metal suave (aluminio) y se extraen del molde para su colocación en las ranuras del estator.

De las ranuras del estator y de su paso de bobina menor se toma el molde por medio de un conductor grueso dejando aproximadamente 6mm excedentes por cada extremo, para la bobina contigua se dejan 5mm de separación entre las cabezas.

Cuando los moldes utilizados se compran de fábrica, basta con obtener la medida de la bobina más pequeña. Existen moldes para los diferentes tipos de bobinas (concéntricos, ondulados, imbricados, etc), y algunos son de fabricación especial.



Horma ajustable para la confección de bobinas con cabezas redondeadas



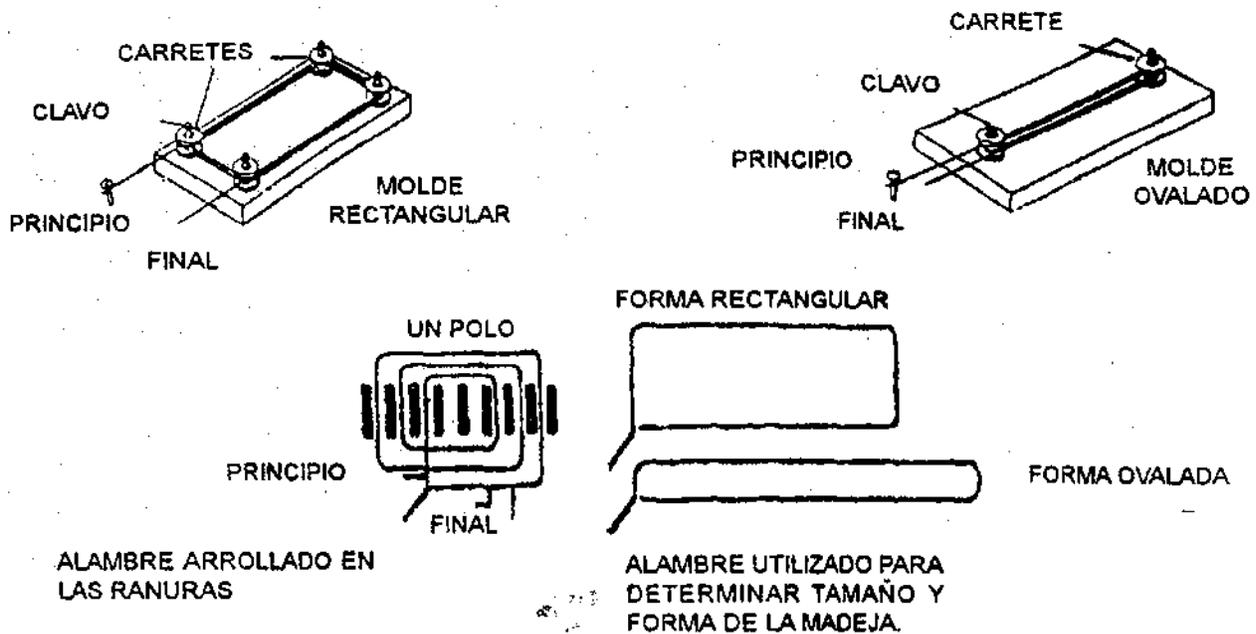
Manera de ejecutar bobinas por grupos.

c) BOBINADO POR MADEJAS.

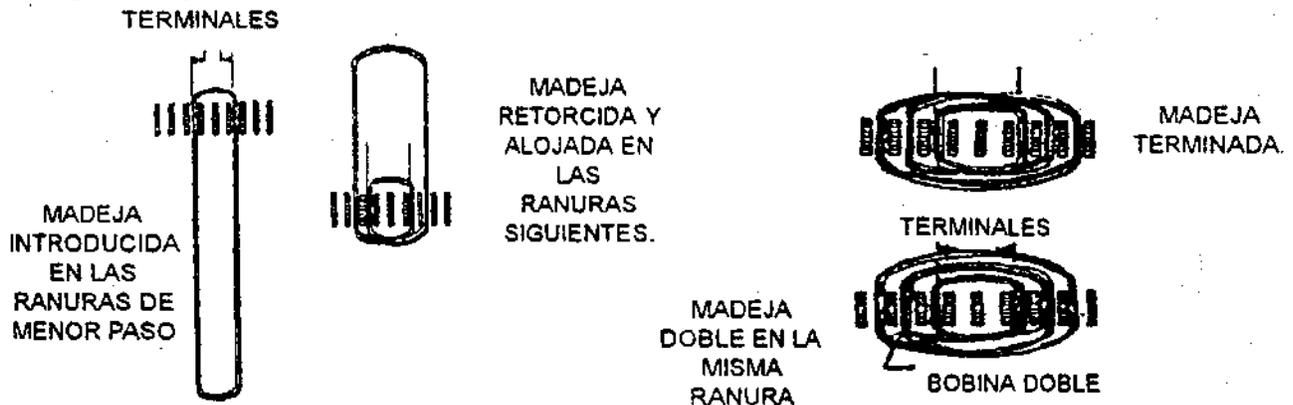
Se usa principalmente para fabricación de los devanados de arranque, consta de una sola bobina por polo (madeja) de tamaño tal que pueda ser alojada en todas las ranuras abarcadas por la totalidad de las bobinas, que integran un polo. Su ventaja es de poder alojar simultáneamente muchos conductores en la misma ranura.

El tamaño y forma de la madeja se obtiene de la madeja dañada del estator ya que puede sacarse un polo entero en forma de una sola bobina. En caso de no averiguar el tamaño de la madeja arrollaremos alambre grueso sobre las ranuras correspondientes, dejaremos espacios laterales suficientes a fin de no abultar el nuevo devanado, después uniremos los extremos del alambre y se retorcerán entre sí para sacarlos de las ranuras. Luego daremos forma (rectangular u ovalada) y ésta será el molde para devanar.

La forma que demos a la bobina debe mantener constante el perímetro de ésta, dejando libres las puntas de estas.



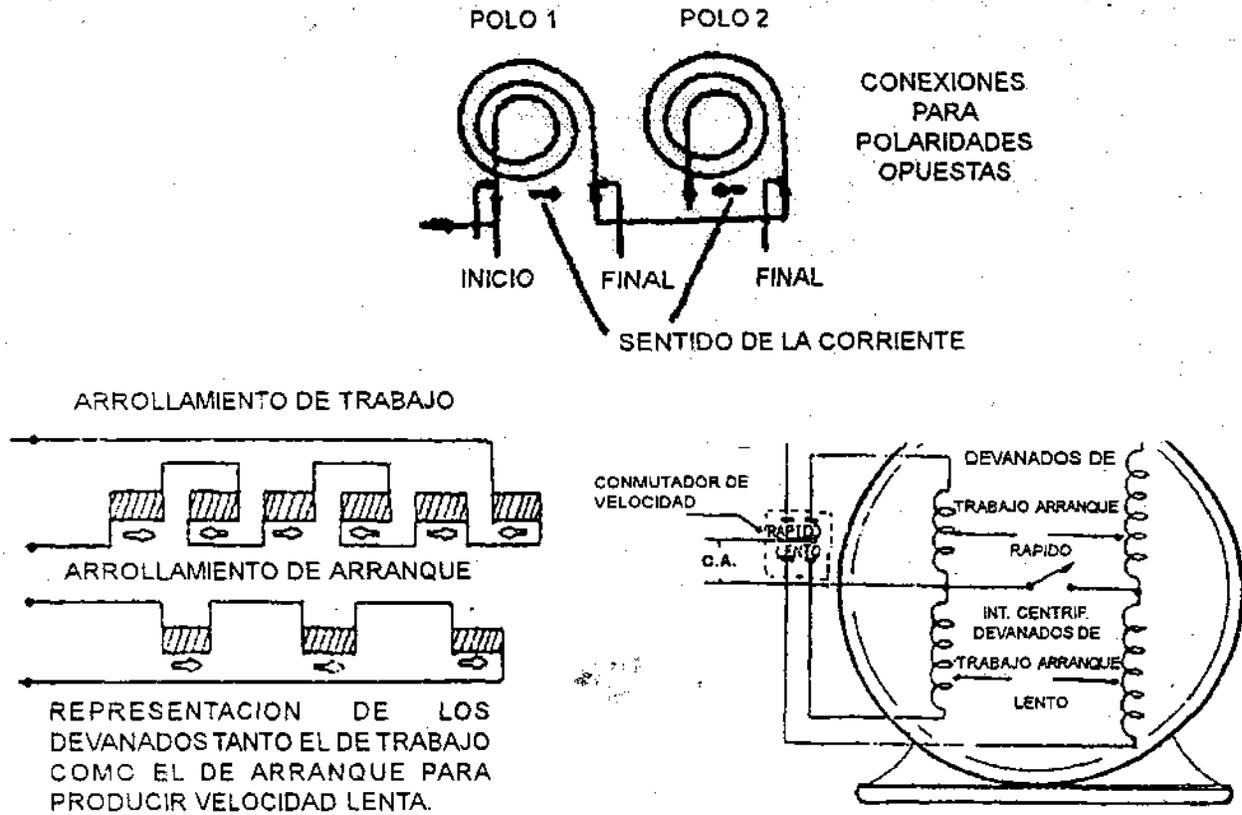
Retiramos la madeja del molde, la alojamos en las ranuras correspondientes al menor paso, luego retorremos la madeja y la doblamos para hacerla entrar en las ranuras del paso inmediato superior y así sucesivamente hasta completar el polo.



5.7 CONEXIONES DEL NUEVO DEVANADO.

Una vez terminada las bobinas es indispensable que los polos consecutivos sean de signo opuesto. Esto se logra conectándolos entre si, de tal manera que la corriente eléctrica que circula por la bobina de un polo sea en el sentido de las manecillas del reloj y en el otro polo circulen en sentido contrario. Alterne analógicamente los polos restantes.

Es usual que los motores de 4 polos se conecten en serie tanto en las bobinas de trabajo y arranque.

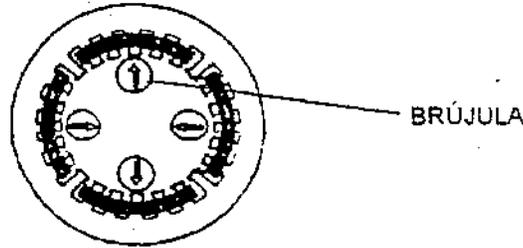


5.8 DETECCIONES DE INVERSIONES DE POLARIDAD.

La polaridad correcta en los devanados de las máquinas de C.A. monofásicas es muy importante, ya que para su buen funcionamiento necesita pares de polos completos en forma alternada, es decir, por cada polo norte se requiere un polo sur. En caso de tener una conexión equivocada entre polos, la máquina tendrá deficiencias en su funcionamiento, las cuales se manifiestan por zumbidos anormales, o bien por trabajar a su plena velocidad.

La comprobación de las polaridades se efectúa con el auxilio de una brújula, el procedimiento a seguir es el siguiente:

Se coloca el estator en posición vertical y se energiza con una fuente de corriente directa de baja tensión, después se colocará la brújula en el interior del estator y se va desplazando lentamente frente a cada polo. Si las conexiones son correctas, la posición de la brújula se cambiará alternadamente en cada polo a prueba, observándose que si la orientación de la aguja no varía al pasar la brújula frente a los dos polos contiguos, nos indicará con esto que algunos de los dos tiene las conexiones invertidas. La figura siguiente muestra la inversión de la aguja de la brújula, al desplazarla frente a los polos.



DESARROLLO EXPERIMENTAL

OBJETIVO.-

Al Término de la práctica el alumno:

- Enlistará los datos previos a un bobinado de motor tipo jaula de ardilla.
- Bobinará estatores de motores de C.A. monofásicos.
- Aprenderá técnicas diversas para el bobinado de motores.
- Identificará las terminales de conexión en las bobinas del estator y realizará conexiones en serie, paralelo y serie - paralelo.

MATERIAL

- 1 Motor monofásico con rotor de jaula de ardilla.
- 1 Martillo de bola 2 lb.
- 1 Martillo de goma.
- 1 Cincel 6" x 3/8".
- 1 Pinzas de electricista 1 Pinza de corte.
- 1 Jgo. desarmadores planos (varias medidas).
- 1 Soplete.
- 1 Jgo. llaves españolas o astrías.

Aislamiento o alambre magneto según especificaciones del motor.

PROCEDIMIENTO

- Antes de abrir su motor marque la posición de las tapas con respecto a la carcasa.
- Anote los datos de placa del motor y los devanados llenando la siguiente tabla.

MARCA _____ MODELO _____ No. DE SERIE _____ TIPO _____
ARMAZÓN _____ FACTOR DE SERVICIO _____ H.P. _____ AMP _____
VOLTS _____ RPM _____ FRECUENCIA _____ RANURA _____
TIPO DE SERVICIO _____ RODAMIENTO TRASERO _____
RODAMIENTO FRONTAL _____ TEMPERATURA DE OPERACIÓN _____
TIPO DE AISLAMIENTO _____



DEVANADO DE TRABAJO

DEVANADO DE ARRANQUE

Polos	_____	_____
Pasos	_____	_____
Espiras	_____	_____
Conductor No.	_____	_____
Conexión	_____	_____
Bobinas por polo.	_____	_____

OBSERVACIONES:

3 - Realice el diagrama de conexiones de los devanados de trabajo y arranque.

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE BOBINAS DE TRABAJO

DIAGRAMA ELÉCTRICO DE BOBINAS DE ARRANQUE

4. Corte por un lado del estator las coronas de las bobinas usando un cincel y un martillo. Cuando termine, por el otro extremo de la carcasa jale las bobinas con un desarmador y desaloje las bobinas del estator. **Retire** las bobinas paso a paso de tal manera que estos momentos ud. pueda contar las espiras correspondientes a cada paso de bobina.

Si se dificulta la extracción de las bobinas, se pueden calentar a fuego directo (no muy alta temperatura) para quemar el barniz y debilitar los aislamientos.

5. Una vez que los devanados han sido desalojados del estator, se limpian las ranuras con un cepillo de alambre y lija para metal.

Se pinta el yugo y la carcasa con barniz dieléctrico rojo.

6. Aísle las ranuras del estator procurando dejar entre **6 y 8 mm.** de tolerancia con respecto al largo del estator. Use el papel adecuado según el tipo de motor y especificaciones de aislamientos: anexada en el apéndice.

7. Terminado de aislar todas las ranura[^] del estator fabrique las bobinas y alójelas en las ranuras respetando el paso correspondiente.

La fabricación de bobinas puede realizarla a mano o en moldes, según indicaciones del profesor.

8. Conecte las bobinas de acuerdo al diagrama obtenido y suelden las terminales con estaño o plata. **Recuerde** que antes de soldar es necesario retirar la capa aislante del conductor raspándolo con una navaja. **Una vez soldado se aísla esta terminal con tubo de espagueti de fibra de vidrio, hule, etc.**

9. Amarre las bobinas fuertemente y vaya compactándolas con un martillo de goma. Esto es golpear la bobina al mismo tiempo que la va jalando con el hilo.

10. Al terminar de amarrar el motor y antes de barnizarlo se puede realizar la prueba de polaridad que se realiza con una brújula para conocer la polaridad de las bobinas. **La brújula se introduce en el centro del estator pasando por el centro de cada polo al mismo tiempo que el estator es alimentado a 12 VCD.**

La brújula tendrá que marcar polaridades opuestas de un polo con respecto a otro. **Si llega a marcar 2 polaridades iguales de un polo con respecto a otro continuo, la conexión entre esos polos está mal realizada por lo que será necesario corregir dicha conexión.**

11. Finalmente se barnizan los campos o bobinas del estator.

Si se usa barniz dieléctrico secado al aire únicamente se impregnan las bobinas y se deja secar el motor en un tiempo aproximado de **8 hrs.** o más.

Si es usado barniz secado al horno el estator tendrá que ser introducido a un horno con temperatura de **100°C a 120°C** con un tiempo de **1 hora** aproximadamente o más dependiendo del tipo de conductor.

UNIDAD SEIS

PRUEBAS EFECTUADAS A MOTORES ELÉCTRICOS

OBJETIVO:

Al término de la práctica el alumno estará capacitado para:

- Efectuar pruebas en motores eléctricos para determinar:

- a) Características de calidad.
- b) Contabilidad en su funcionamiento.

6.1 CONSIDERACIONES TEÓRICAS.

En la fabricación o reparación de motores se emplean conductores y aislantes. Cada uno de ellos deben de llenar los requisitos que se han fijado para el buen funcionamiento de estas máquinas de tal manera que el elemento o parte del motor cumpla con la función o trabajo para para los fines que fue diseñado.

Una de las funciones de la elección de los aislamientos es la de mantener una temperatura constante en el funcionamiento del motor.

Para conocer y detectar posibles fallas de construcción y creación se requiere someter al motor a distintas pruebas.

Las pruebas son de distintos tipos tales como:

1- Prueba dieléctrica.

- a) Resistencia de aislamiento.
- b) De alto potencial.

2- Medición de resistencia óhmica.

3- Prueba de marcha en vacío.

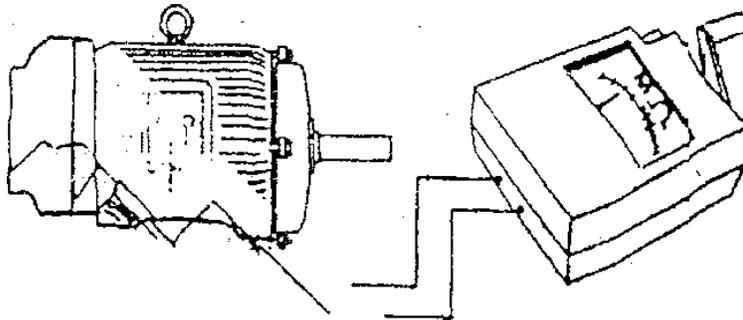
4- Prueba de marcha con carga.

5- Prueba de rotor bloqueado.

6.2 PRUEBAS DIELECTRICAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

El objetivo de esta prueba es el de comprobar el estado en que se encuentran los aislamientos de los devanados de motores y transformadores, antes de ponerse en servicio.

La medición se orienta primordialmente a determinar si el aislamiento a sido adecuadamente secado.



La prueba se realiza con un megger. El megger trae **2** terminales, las cuales vienen marcadas como línea y tierra. La terminal de línea se conecta a las terminales del motor y la terminal de tierra al armazón o carcasa. Entre estas terminales se genera una tensión de **C.D.** que va de **500** hasta **1000** volts. Esta tensión se aplica durante un minuto.

Nota: La norma establece que por cada **Kilovolt** la resistencia de aislamiento debe de ser de **1 M H.** El valor de la resistencia de aislamiento depende del grado de humedad y limpieza del aislamiento.

Al finalizar cada prueba, se recomienda que: Las terminales del megger se pongan en corto circuito con el fin de evitar una descarga a través de la persona que maneje el aparato.

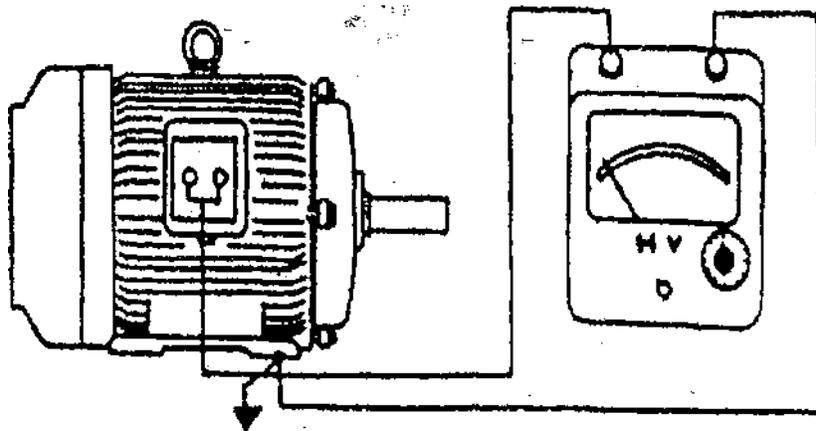
Las terminales de la máquina se aterrizan, directamente a una tierra física efectiva o a la carcasa, una vez que se retiren las terminales de prueba del megger.

6.3 PRUEBA DIELECTRICA DE ALTO POTENCIAL.

Esta prueba muestra la efectividad dieléctrica o resistencia de aislamiento entre conductores y la carcasa de la máquina.

Durante la prueba los aislamientos internos de la máquina quedan sometidos a esfuerzos superiores de los que en realidad se presentan, operando la máquina a su capacidad nominal.

La siguiente figura nos muestra la conexión física del equipo, para efectuar la prueba.



Para la prueba, la terminal de alta tensión (línea) del instrumento de prueba, se conecta a las terminales de la máquina y la otra se conecta a la carcasa, o sea que el instrumento se conecta en paralelo con las terminales y la carcasa: también la carcasa se deberá poner a tierra, como se muestra en el diagrama físico.

El voltaje aplicado será: **2V** nominal + **1000V**, durante el período de **60** segundos.

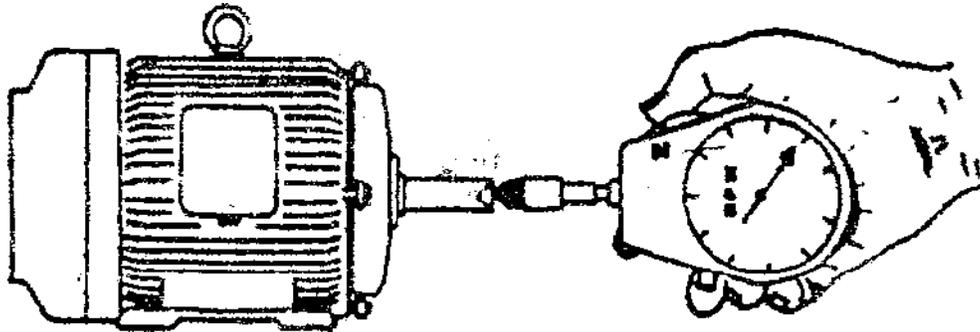
Para ejecutar la prueba, al principio de ésta se deberá aplicar una tensión no más grande que la mitad, de la estipulada con la fórmula anterior. Hecho esto, se procede a elevar rápidamente la tensión hasta llegar a un valor de dos veces el valor nominal más mil, de la tensión.

El probador o instrumento de prueba deberá tener dispositivos para variar la tensión de salida (**10** y **3000** volts).

Para efectuar la medición de la potencia que demanda el motor en vacío, así como la corriente, se deberá de abrir el interruptor interconectándose el circuito de medición. Al haber hecho lo anterior, los aparatos registran las lecturas de corriente y **Watts**.

Estando ya en operación el motor, se puede medir la velocidad del motor con un tacómetro, así como el desbalanceo dinámico con un vibrómetro.

La figura siguiente muestra la forma de cómo medir la velocidad del motor.

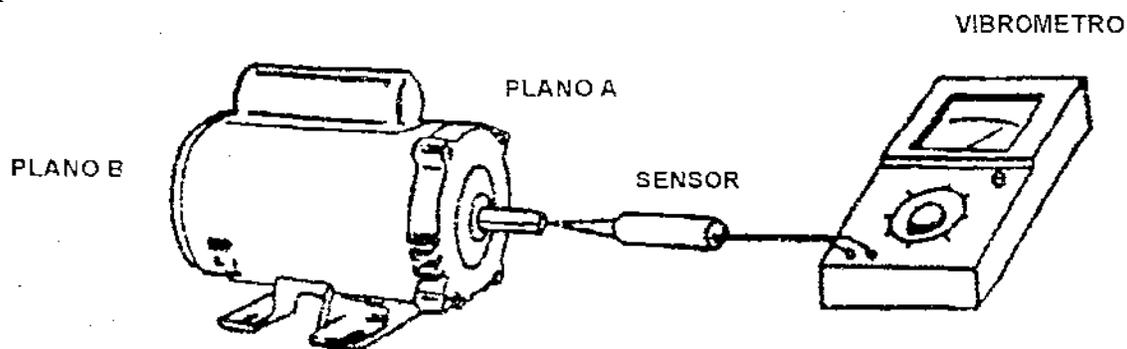


En el extreme de la flecha existe un pequeño hueco, en el cual se introduce la parte sensora del tacómetro, la lectura la da directamente el instrumento en **R.P.M.**

La vibración o desbalanceo dinámico se puede medir en dos planos del motor, dichos pianos se han marcado en la figura siguiente con las letras **A)** y **B)**.

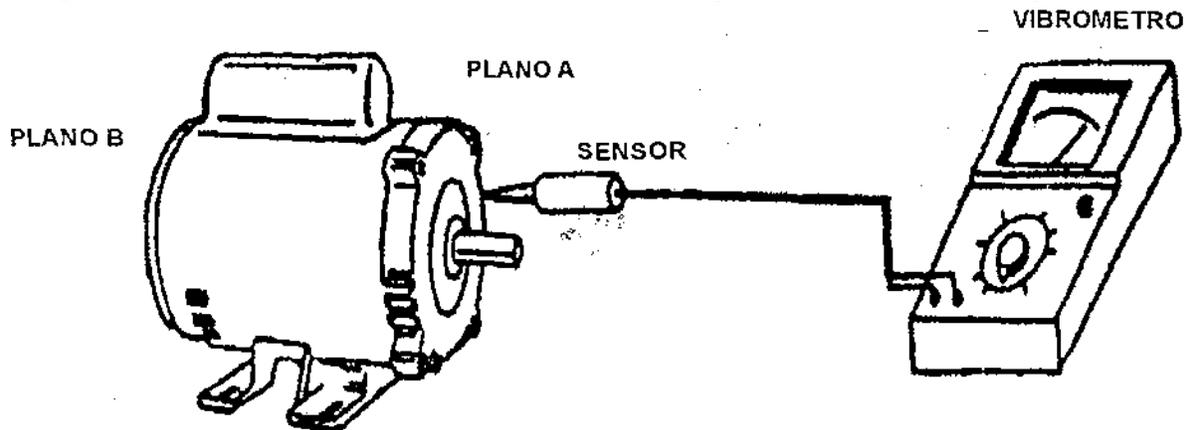
La vibración en cada plano se mide en tres posiciones distintas, las cuales son: **Axial, Horizontal y Vertical**. ;

La figura siguiente, nos representa la forma o manera de medir la vibración en posición axial en el plano "A" de la máquina.

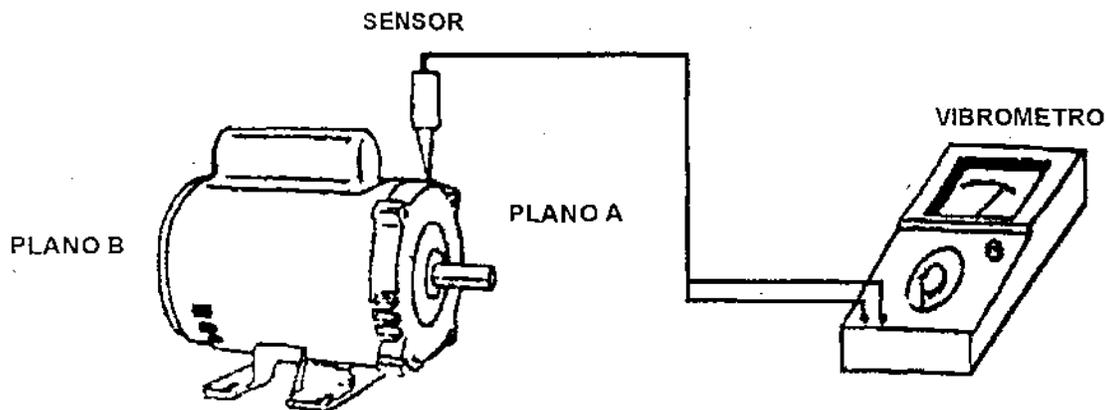


Como se observa en la figura siguiente, la punta del sensor del instrumento se pone en contacto con la tapa del motor, lo más próximo a la flecha, después se selecciona el rango de medición adecuado y se opera el botón del instrumento.

La figura siguiente muestra la forma de medir la vibración en la posición horizontal, en el plano "A".



La figura siguiente muestra la forma de medir la vibración en la posición vertical.



El hecho de hacer un estudio de la vibración en los motores, es importante, ya que si en un momento dado es excesiva ésta, el motor puede llegar a dañarse y hasta podría dañar a la máquina que acciona como carga.

La vibración no es más que un movimiento que tiene la máquina y que se origina por desequilibrio del motor, mal acoplamiento entre carga y el motor, defecto de cojinetes, etc.

6.4 PRUEBA DE MARCHA CON CARGA.

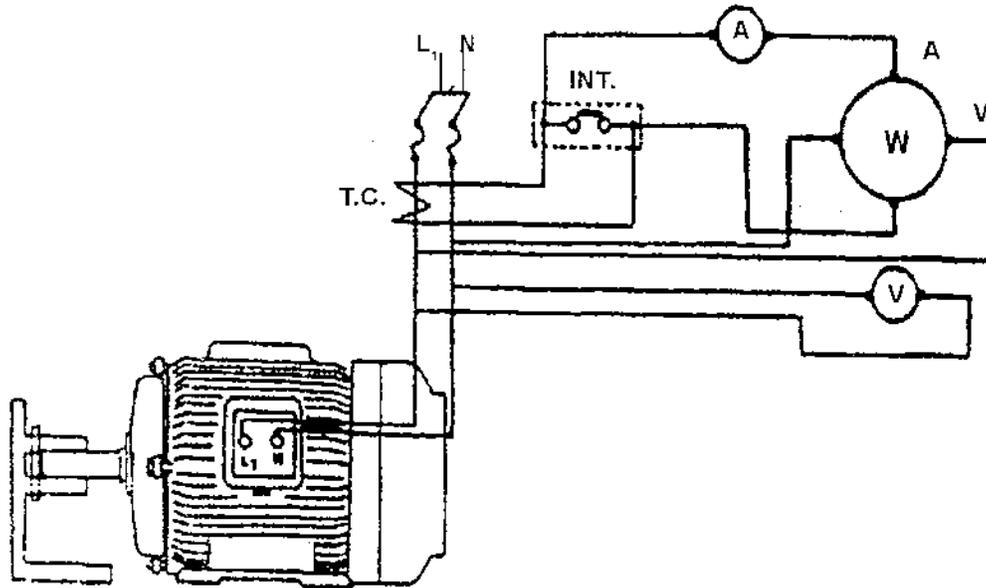
Cuando se somete una máquina a una prueba con carga, los resultados son de gran importancia, ya que de los resultados que se obtengan de dicha prueba, dependerá en gran medida, el comportamiento real de la máquina en su vida útil.

La prueba con carga en un motor o generador no es difícil, pero sin embargo ésta requiere de bastante equipo, lo cual implica que resulte complicado.

La prueba se realiza acoplando el motor a un electrodinamómetro o un generador (de C.A. o C.D.), si la prueba es realizada en dichas condiciones, se requiere de costoso equipo lo cual es económico solamente para una fábrica productora de motores eléctricos.

Para llevar a cabo la prueba en forma, más económica, se deberá colocar en la flecha del motor un freno, de tal forma que se pueda graduar la presión del freno hasta que el motor demande la corriente de plena carga.

La figura siguiente muestra la conexión del equipo de medición para efectuar la prueba.



Para efectuar este tipo de pruebas el motor deberá estar fijo, ésto es con el fin de no provocar un accidente.

6.5 PRUEBA A ROTOR BLOQUEADO.

El diagrama de conexión del equipo que utilizamos con anterioridad lo volveremos a utilizar para realizar esta prueba, con el valor del par obtenido se logra determinar el porcentaje de par a plena carga del motor.

Medida en **Kg-M**, excepto cuando el motor es acelerado a alcanzar su velocidad, el par es relacionado a la potencia del motor por la fórmula siguiente:

$$\text{Par} = \frac{727.55 \times \text{H.P.}}{\text{R.P.M.}} \quad \text{Kg - M}$$

Donde:

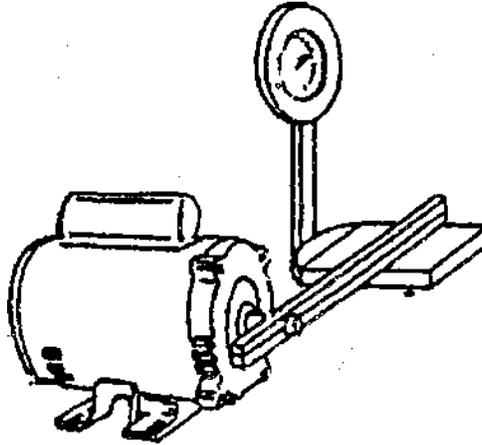
H.P. =Potencia en H.P.

R.P.M. = Revoluciones por minuto a plena carga.

Por ejemplo: Para un motor de **1 H.P.** y que funciona a **1740 R.P.M.** se tiene el par siguiente:

$$\text{Par} = \frac{727.55 \times 1}{1740} = 0.41 \text{ Kg - M}$$

Para la realización de esta prueba primeramente se pone en marcha por un instante y se interrumpe ésta inmediatamente: esto se hace para verificar el sentido de giro, enseguida en la flecha se coloca y fija un brazo de palanca de tal manera que quede en una posición perpendicular a la flecha del motor: el otro extremo del brazo se descansa sobre una báscula, la cual indica los kilogramos fuerza desarrollados por el motor al aplicar la tensión. Es muy importante que el brazo y la báscula se coloquen al lado del sentido de giro de la flecha, ya que de no ser así el brazo puede golpear a alguna persona que éste cerca. La longitud del brazo puede ser de **5 ó 1 m**. La figura siguiente nos muestra cómo se debe acoplar o colocar la flecha en la báscula.



Es importante que para una prueba de este tipo su tiempo de duración sea el menor posible ya que de no ser así, se corre el riesgo de dañar seriamente el devanado del motor: por lo tanto, para que se efectúe la prueba se recomienda que se haga por varias personas, con el fin de tener energizado pocos segundos al motor. Durante la prueba las personas tomarán lecturas en el siguiente orden: una energizará y desenergizará el motor: otra tomará la lectura de la báscula: otra tomará la lectura de la corriente y los watts. Para esta prueba se requiere de un transformador-de corriente, con una relación adecuada, ya que la corriente que toma el motor es muy alta en comparación con la nominal. El tiempo en que se efectúa la prueba es el necesario para tomar las lecturas de los aparatos (procurando que la lectura sea lo más rápida posible).

MATERIAL Y EQUIPO A UTILIZAR.

Motores monofásicos	-Transformador variable
Megohmetro	-Juego de llaves de estrías.
Wattmetro	-Pinzas de electricista.
Amperímetros de C.A. y C.D.	- Desarmador plano.
Voltímetro de C.A. y C.D.	-Extensión monofásica.
Probador de aislamiento de alto voltaje	-Frecuencímetro.
Báscula	-Tacómetro.
	- Terminales para conexiones.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

1. El alumno, con la ayuda de un probador de aislamiento de alto voltaje y un megohmetro, realizará pruebas dieléctricas en motores monofásicos.

A) Con el megger procederá a medir la resistencia de aislamiento en un motor, los valores obtenidos se anotarán a continuación:

Motor _____ Ω

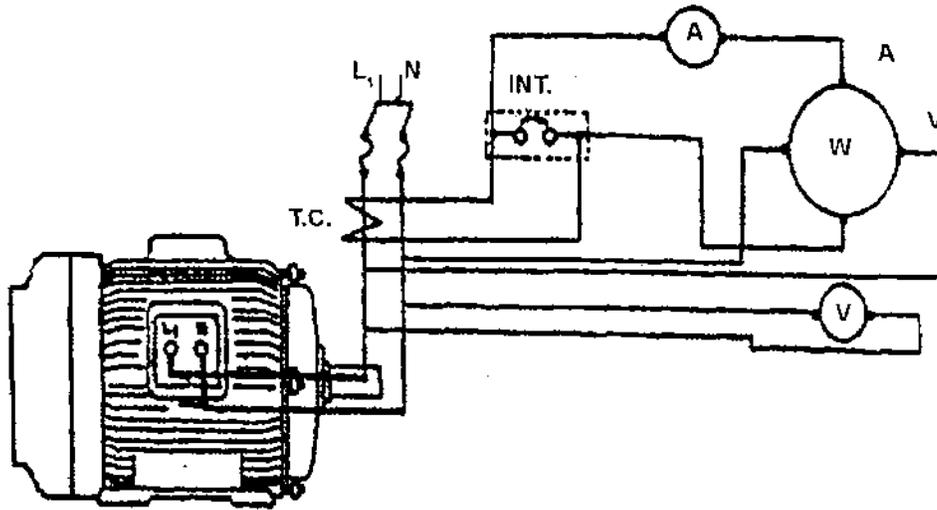
B) Con el probador de alto voltaje se verificará la efectividad dieléctrica de los aislamientos del motor (la prueba se hará conforme lo estipula el punto 1B) marcando si es satisfactoria o mala.

Motor _____

2. Se procederá a medir la resistencia óhmica de los devanados del motor conforme a la figura correspondiente, registrando resultados.

Motor _____ Ω Trabajo _____ Ω Arranque _____ Ω

3. Procederemos a efectuar la prueba de marcha en vacío en un motor monofásico, primeramente se conectará el equipo de acuerdo a la figura respectiva, una vez que el profesor encargado haya verificado las conexiones, se procederá a energizar al circuito.



Anote las lecturas obtenidas:

Corriente: _____
 Volts: _____
 Watts: _____
 R.P.M. _____
 Temperatura _____ °C.

4. La prueba de operación con carga se hará de la siguiente manera: Se armará el equipo de acuerdo a la figura correspondiente (debiendo antes de energizar ser revisado el circuito por el profesor encargado). Durante la operación del motor, se abrirá el interruptor, registrando las lecturas de los instrumentos en la tabla siguiente.

LECTURA	CARGA	VOLTS	AMPS	WATTS	R.P.M.	DESPLAZAMIENTO
1	VACÍO					
2	25%					
3	50%					
4	75%					
5	100%					

Para obtener las lecturas se irá variando la presión del freno sobre el giro de la flecha, hasta que el amperímetro nos indique la corriente a plena carga del motor.

5. La prueba a rotor bloqueado se hará de la siguiente manera: nuevamente el equipo se conectará de acuerdo a la figura respectiva.



No se energizará el circuito hasta que previamente el profesor encargado lo haya comprobado. La forma de energizar y tomar lecturas, se hará de acuerdo con lo indicado en las consideraciones teóricas. Los parámetros por anotar son:

- Volts _____
- Amperes _____
- Watts _____
- Par _____

EVALUACIÓN:

1.- Diga cuáles son los dos tipos diferentes de pruebas dieléctricas y para qué sirven cada una de ellas.

2 - Diga algunas de las fallas que se detectan en la prueba de marcha en vacío en un motor trifásico de C.A.

3.- Diga para qué nos sirve conocer el valor de la resistencia óhmica de los devanados.

4.- Diga el motivo por el cual la prueba eléctrica de rotor bloqueado se debe realizar en tiempo corto.

5.- En la prueba a plena carga de un motor monofásico, a medida que se va aumentando la carga ¿Cómo se comporta la velocidad?

UNIDAD SIETE

MOTORES TRIFÁSICOS CON ROTOR JAULA DE ARDILLA

OBJETIVOS.

- El alumno conocerá el funcionamiento de motores trifásicos.
- Aprenderá la forma de conexión en Δ YY.
- Conocerá la nomenclatura a seguir en la numeración de terminales en motores trifásicos y el significado de datos de placa.
- Aprenderá a conectar motores trifásicos para doble tensión de servicio.

Consideraciones teóricas.

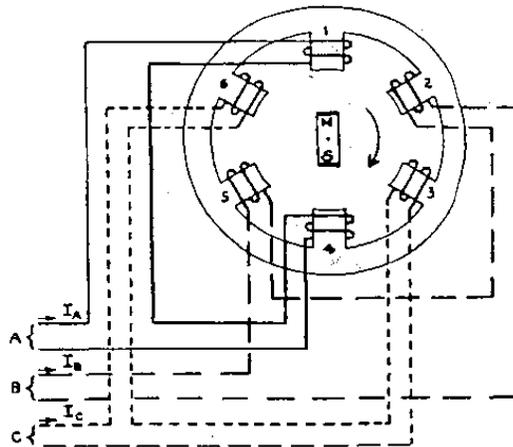
7.1 MOTORES TRIFÁSICOS.

Los motores trifásicos se clasifican en:

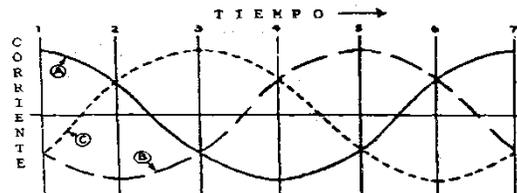
- Con rotor de jaula de ardilla.
- Con rotor devanado.

El movimiento del rotor es producido por la integración de los campos magnéticos del estator y del rotor. Esto puede entenderse aplicando la ley fundamental del magnetismo respecto a que polos iguales se repelen y polos desiguales se atraen.

En la figura siguiente se muestra esquemáticamente el estator de un motor de corriente alterna trifásica, donde se indica la manera en la cual los conductores de cada fase son devanados alrededor de polos sucesivos.



Una corriente eléctrica de un sistema trifásico cuenta con un desfase de 120° entre cada fase con frecuencia de **60 Hertz**. Si atrapamos un ciclo de $1/60$ de segundo el sistema trifásico tendría la siguiente forma:



La figura muestra que la fase **A** esta en su mayor intensidad positiva en el tiempo **1** y por lo tanto produce el máximo campo magnético en los polos del estator en **1** sur y **1** norte (fig. 1).

Si el rotor consiste de una simple barra magnética (imán) montada sobre la flecha, es evidente que el polo norte de la barra es atraído por el polo sur del estator y por supuesto el polo sur de la barra por el polo norte del estator.

Siguiendo la figura anterior se ilustra que en el tiempo **2** al disminuir la fase **A** también disminuye la intensidad de los campos magnéticos **1** y **4**, encontrándose que la fase **B** en este tiempo tiene su mayor intensidad negativa y tiene excitados a los polos **2** en sur y **5** en norte. Este nuevo campo magnético atraerá la barra magnética del rotor a una nueva posición en línea con los polos **2** y **5**.

En el tiempo **3**, la fase **C** llega a su máximo valor positivo y produce que los polos **3** y **6** lleguen a su máxima excitación en sur y norte respectivamente, atrayendo a la barra a su nueva posición en línea con los polos **3** y **6**.

Continuando en la misma forma, al final del ciclo el rotor magnético completará una revolución. Ya que un ciclo y una revolución se realiza en $1/60$ de segundo la velocidad del motor en **R.P.M.** es evidente que será de $60 \times 60 = 3600$, y como cada fase tiene **2** polos el motor por lo tanto es conocido como motor de dos polos; de donde se deriva que la fórmula para la velocidad de sincronismo es:

$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

Donde:

f = Frecuencia (Hertz)

P = No. de polos del motor.

N_s = Velocidad síncrona (R.P.M.)

7.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES EN MOTORES TRIFÁSICOS.

Los motores trifásicos se fabrican dentro de las siguientes condiciones de operación:

Potencia: **5 a 3000 H.P.**

Frecuencia: **60 Hertz.**

Velocidad: **3600 a 600 RPM (2 a 12 polos)**

Diseño NEMA: **B, C o D.**

Tensión: **220, 220/440, 440 hasta 6600 volts.**

Altitud: **1000 msnm a temp. amb. de 40° C y 2280 msnm a temp. amb. de 30° C.**

Por su forma de fabricación se clasifican en:

- a) Abierto y aprueba de goteo (horizontal y vertical).
- b) Cerrados (horizontal y vertical).
- c) Especiales (especificaciones según necesidades del cliente).

ARMAZÓN.

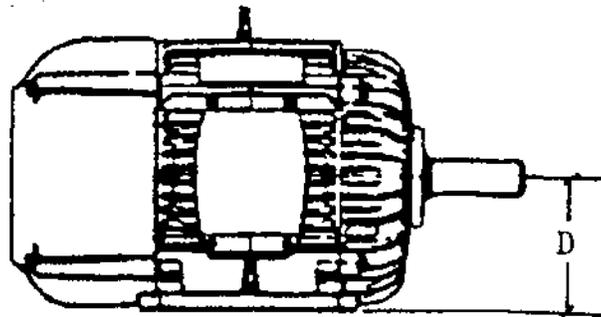
El tamaño de los motores varía de acuerdo a su capacidad y velocidad, siendo esta dimensión conocida como armazón la cual es regida por la norma **NEMA**.

Los armazones más comunes son: **140, 189, 210, 250, 320, 360, 400, 440, 5000, 5800, 6800**, etc.

Para saber qué tamaño tienen estas armazones físicamente, es necesario dividir los **2** primeros números del armazón entre **4** y el resultado serán las pulgadas que hay de la base del motor al centro de la flecha, lo cual se conoce como distancia "**D**".

Por ejemplo: un motor de armazón **320**

Tiene $\frac{32}{4} = 8$ pulgadas de la base a la flecha.



Los armazones también están acompañados por una literal o literales al final del número, sobre esto **NEMA** tiene las siguientes letras y significados.

- T.- Flecha estándar para acoplamiento directo o por banda para armazón compacta
- TS- Flecha corta estándar para acoplamiento directo.
- TC.- Acoplamiento por brida "C".
- TD.- Acoplamiento por brida "D".
- TP- Acoplamiento por brida "P"
- TX.- Motor de rotor devanado, para servicio intemperie.
- ST- Armazón en carcasa rolada (Steel Frame).
- H.- Acoplamiento directo para **3600 R.P.M.**
- S.- Acoplamiento directo para **1425 R.P.M.**
- L.- Acoplamiento directo para velocidades menores de **1200 R.P.M.**
- U o B.- Transmisión por banda.
- Y- Dimensiones especiales de montaje.
- Z- Todas las dimensiones de montaje estándar excepto la extensión de la flecha.

TIPO Y RANGOS DE MOTORES.

En los datos de la placa de los motores trifásicos especifican el tipo de motor por medio de literales. Las literales indican la forma de construcción y el uso del motor mientras que el rango indicara la potencia de construcción.

TIPOS	DESCRIPCIÓN
HAPG	Horizontal a prueba de goteo.
HTCCVE	Horizontal totalmente cerrado con ventilación exterior.
HAPE	Horizontal a prueba de explosión.
HRD	Horizontal con rotor devanado.
HTCCVE T-T	Horizontal totalmente cerrado con ventilación tipo tubo.
CCVRD	Cerrado con ventilación rotor devanado.
CSVRD	Cerrado sin ventilación rotor devanado.
VAPG	Vertical a prueba de goteo.
VCC VE	Vertical cerrado con ventilación exterior.
VAPE	Vertical a prueba de explosión.
etc.	

Explicación de Placa de Datos.

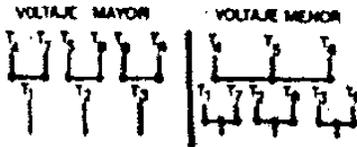
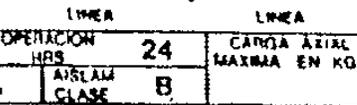
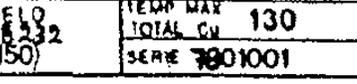
La placa de datos del motor es una gran ayuda para conocer mejor la información acerca del funcionamiento del motor. A continuación se muestra un ejemplo de ella y su explicación.



INDUSTRIAS IEM S.A. DE C.V.

**MOTOR TRIFASICO
DE
CORRIENTE ALTERNA**

FASES 3 POLOS 4 TIPO HTCCVE CP 7.5 ARMAZON 213 T

HERTZ	60	NOM-I	CONEXION A	
VOLTS	220/440		VOLTAJE MAYOR	VOLTAJE MENOR
AMPERES	20/10			
RPM	1722			
FACTOR DE SERVICIO	1.10			
AMP. A	22/11	LINEA	LINEA	
TIPO DE CLAVE Y/A A NOT. BLOC.	B	OPERACION HRS	24	CARGA AXIAL MAXIMA EN KG
TEMP. AMBI. 40°C A 2300 m S.N.M.	DISEÑO B	AISLAMIENTO CLASE	B	
MAXIMA 40°C A 1000 m S.N.M.	CONEXION	B		
ROD FL. d INF.	6206ZZ	MODELO	TEMP. MAX. TOTAL GW 130 °C	
ROD OP	6207ZZ	505-168532 (140150)	SERIE 7801001	

INDUSTRIAS IEM S.A. DE C.V.
TLANEPANTLA MEXICO TECNOLOGIA Westinghouse

DATOS INCLUIDOS:

- CP- Potencia desarrollada por el motor.
- POLOS - No. de polos magnéticos creados por el devanado del estator.
- TIPO - Abreviatura del tipo de motor.
- ARMAZÓN - Tamaño del motor de acuerdo a normas.
- HZ - Frecuencia de corriente alterna.
- VOLTS - El voltaje de operación del motor cuando está operando a plena carga.
- RPM - Velocidad real del motor en revoluciones por minuto.
- F.S. - El factor de servicio al cual fue diseñado el motor.
- AMP a F.S. - La corriente que circula por el motor al estar operando al factor de servicio.

CLAVE KVA A ROTOR BLOQUEADO.

Este es un valor que ha establecido **NEMA** y representa las condiciones de arranque a pleno voltaje en **KVA** (Kilo Volts Amperes) por **CP**. El conocimiento de esta corriente de arranque permite una mejor selección del tamaño del cable, fusibles, interruptores, etc. durante la instalación del motor. Aquí presentamos la tabla de letras códigos.

LETRA CÓDIGO	KVA/CP A ROTOR BLOQUEADO A VOLTAJE PLENO.		
A	0.1	-	3.14
B	3.15	-	3.54
C	3.55	-	3.99
D	4.0	-	4.49
E	4.50	-	4.99
F	5.0	-	5.59
G	5.6	-	6.29
H	6.3	-	7.09
J	7.1	-	7.99
K	8.0	-	8.99
L	9.0	-	9.99
M	10.0	-	11.19
N	11.20	-	12.49
P	12.50	-	13.99
R	14.0	-	HACIA ARRIBA

TEMP. AMB. MAXIMA -

La temperatura ambiente donde puede trabajar dependiendo de la altura sobre el nivel del mar.

DISEÑO CONNIE -

Aquí se señala como está diseñado el motor en base a su par de arranque. ,

**AISLAMIENTO CLASE -
CARGA AXIAL MAXIMA -**

Qué tipo de aislamiento lleva el motor.

Esto se indica cuando el motor va a trabajar en posición vertical y es el máximo peso que puede soportar axialmente el motor.

ROD. FL. O INF. -

Número del tamaño del balero frontal o inferior en el motor vertical.

ROD. OP. -

Número del tamaño del balero posterior o del lado de la carga.

MODELO -

En caso de los motores estándar, aquí va el número de catálogo o referencia, precedido por **3** dígitos que es el número del lote de producción. En caso de los motores modificados o especiales va el número de orden del taller (**6** cifras).

TEMP. MAX. TOT. CU.-

Esto va ligado con la clase de aislamiento e indica la máxima temperatura que puede alcanzar el cobre sin dañar su aislamiento.

SERIE -

Es un número compuesto por **7** dígitos. Los **2** primeros señalan el año en que se construyó, pero al revés (**78**, significa que se construyó en el año del **87**), los dos siguientes el mes y los últimos **3** es un consecutivo dependiendo el lote de fabricación.

CONEXIÓN -

Aquí se ilustra el tipo de conexión interna del motor (**Estrella o Delta**) y la forma de conectar las terminales del motor cuando ' éste es para operar en doble voltaje (**220 o 440**).

7.3 CONEXIONES EN MOTORES TRIFÁSICOS.

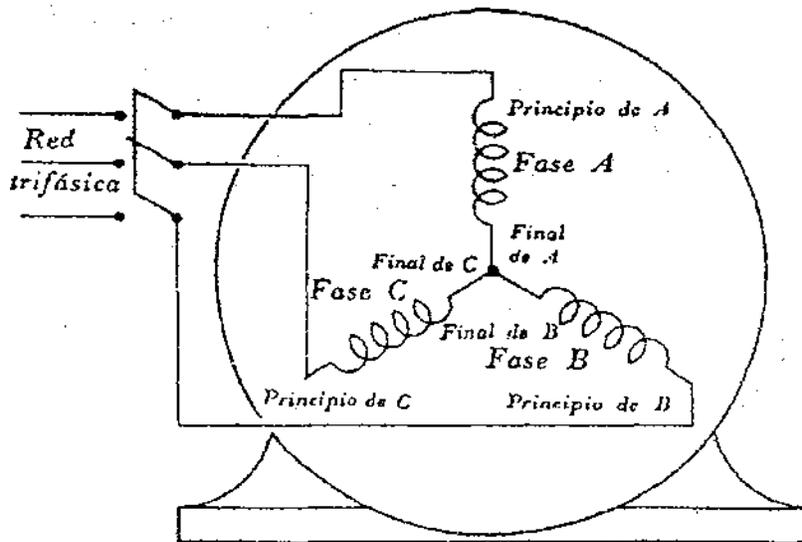
1.- Fases. Casi todos los motores trifásicos están provistos de un arrollamiento estatórico en doble capa, es decir, con igual número de bobinas que ranuras. Las bobinas van conectadas formando tres arrollamientos independientes llamados fases, las cuales se designan generalmente con las letras **A, B y C** (fase **A**, fase **B**, fase **C**). Puesto que cada fase debe estar constituida por el mismo número de bobinas, éste será igual a un tercio del número total de bobinas existentes en el estator. En términos generales, la regla a aplicar es la siguiente:

Regla 1- Para determinar el número de bobinas por fase, se divide el número total de bobinas estatóricas por el número de fases del motor.

Ejemplo: en un motor trifásico provisto de **36 bobinas**, habrá:

$$\frac{36 \text{ bobinas}}{3 \text{ fases}} = 12 \text{ bobinas por fase}$$

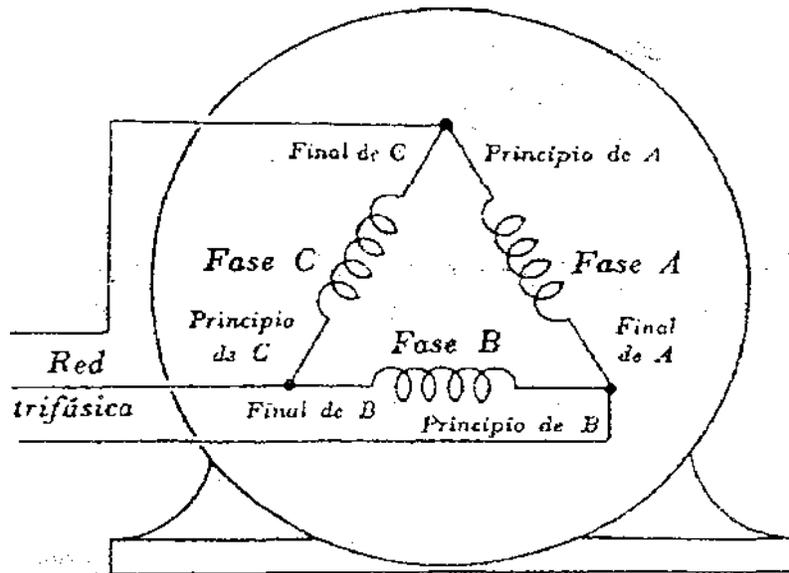
Las tres fases de un motor trifásico están siempre conectadas en estrella o en triángulo. En la conexión en estrella, los finales de las fases están unidos conjuntamente en un punto común (centro de estrella), y cada principio de fase va conectado a una de las líneas de alimentación de la red. El nombre de estrella con que se designa dicha conexión es debido a la forma que adoptan las fases en el esquema de la misma, y se representa abreviadamente por el símbolo **Y**.



Esquema de conexión en estrella.

La conexión es en triángulo cuando el final de cada fase está unido al principio de la siguiente. En el esquema que muestra esta conexión, se aprecia que el final de la fase **A** está unido al principio de la fase **B**, el final de la fase **B** al principio de la fase **C**, y el final de la fase **C** al principio de la fase **A**. De cada punto de unión o vértice parte una conexión hacia la red. También se habría obtenido una conexión en triángulo uniendo el final de la fase **A** al principio de la fase **C**, el final de la fase **C** al principio de la fase **B**, y el final de la fase **B** al principio de la fase **A**.

La conexión delta se representa por el símbolo Δ .



Esquema de la conexión en triángulo.

2.- Polos. Las bobinas de un motor trifásico están también conectadas de modo que en él estator del mismo se forme un determinado número de polos iguales. Por consiguiente, se tendrá:

Regla 2 - Para determinar el número de bobinas por polo, se divide el número total de bobinas estáticas por el número de polos del motor.

Ejemplo: en un motor trifásico tetrapolar provisto de 36 bobinas, habrá:

$$\frac{36 \text{ bobinas}}{4 \text{ polos}} = 9 \text{ bobinas por polo.}$$

Esta distribución de bobinas es la representada esquemáticamente en la figura 1. Desarrollando el devanado sobre un plano, el aspecto verdadero de las bobinas sería el reproducido en el esquema de la figura 2. Este esquema puede simplificarse si se suprimen las bobinas del dibujo y se dejan solamente en él las dos terminales de cada una, figura 1.

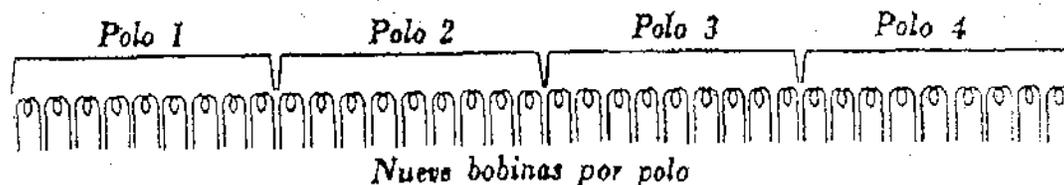


Figura 1.- Distribución de las bobinas entre los cuatro polos de un motor trifásico con 36 bobinas estáticas.

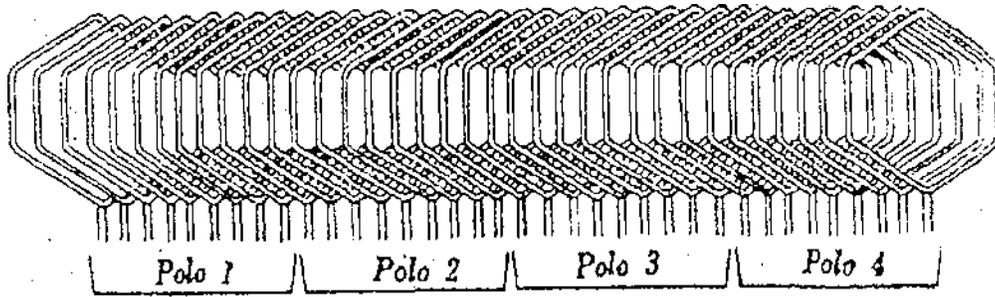


Figura.2.- Aspecto verdadero de las bobinas en el esquema de la figura 1.

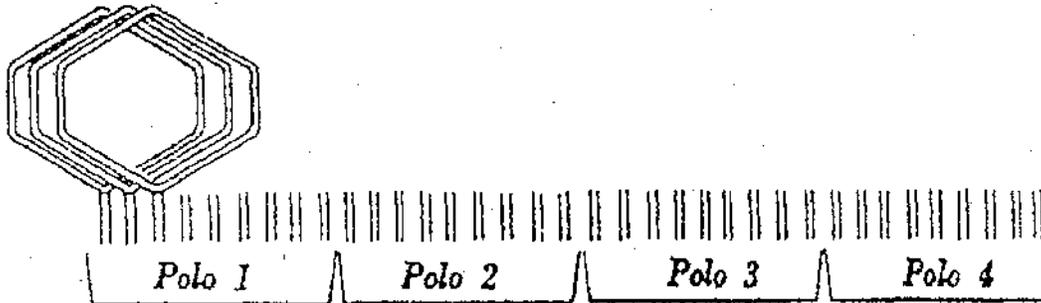


Figura 3.- Esquema simplificado de las bobinas estáticas de un motor trifásico tetrapolar con 9 bobinas por polo.

3.- Grupos. Se llama grupo a un determinado número de bobinas contiguas conectadas en serie. Los motores trifásicos llevan siempre tres grupos iguales de bobinas en cada polo: uno por fase. Dicho en otros términos, un grupo pertenece a la fase **A**, otro a la fase **B**, y el tercero a la fase **C**. Es evidente que un grupo define el número de bobinas por polo y fase.

En el motor del caso anterior se ha visto que hay 9 bobinas por polo; por consiguiente, cada polo estará subdividido en 3 grupos, y cada grupo estará constituido por 3 bobinas (fig. 4).

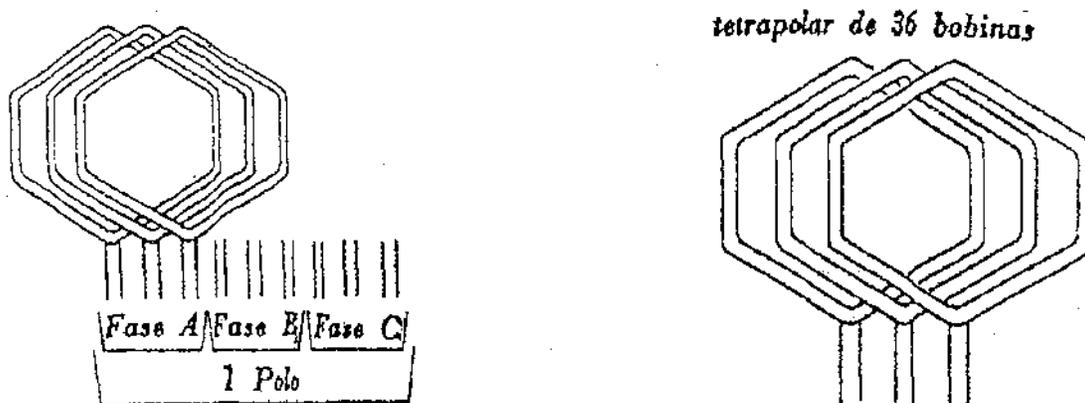


Figura 4.- Subdivisión de los polos del motor de la figura 1 en 3 grupos, uno por fase. Cada grupo comprende 3 bobinas.

Como se ha indicado al principio, las bobinas de cada grupo van siempre conectadas en serie. Así, en el grupo de la figura 5 el final de la bobina 1 va unido al principio de la bobina 2, y el final de la bobina 2 al principio de la bobina 3. El principio de la bobina 1 y el final de la bobina 3 constituyen los terminales del grupo. La figura 6a muestra una vista frontal de esta conexión entre bobinas.

Las bobinas de un grupo sólo deben ser conectadas entre sí cuando se confeccionan por separado; con el sistema de devanado por grupos éstos ya quedan formados automáticamente ¿ y no es preciso efectuar conexión alguna. La mayoría de los motores están bobinados por grupos. La figura 6b reproduce el aspecto frontal de 3 bobinas ejecutadas en grupo.

Para poder conectar entre sí las bobinas estáticas de un motor polifásico es preciso determinar ante todo el número de grupos de que consta el arrollamiento. Se utiliza para ello la **Regla 3**.

Regla 3 - Para determinar el número de grupos de bobinas, se multiplica el número de polos por el número de fases del motor.

Ejemplo: en el motor trifásico tetrapolar que nos sirve de referencia, habrá:

$$4 \text{ polos} \times 3 \text{ fases} = 12 \text{ grupos de bobinas.}$$

Si el motor fuese hexapolar, habría que contar con $6 \times 3 = 18$ grupos de bobinas.

A continuación se calcula el número de bobinas de cada grupo por medio de la **Regla 4**.

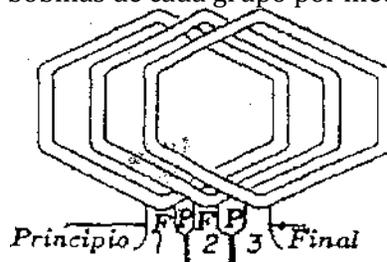


Figura 5.- Conexión de las bobinas de cada grupo en el motor de la figura.

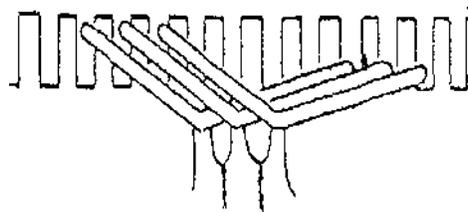


Figura 6a.- Vista frontal de la conexión entre bobinas mostrada en la figura 4.35

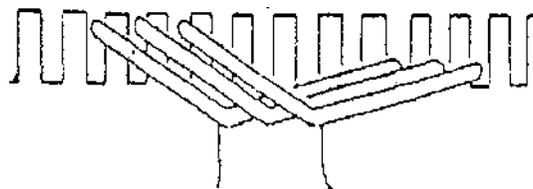


Figura 6b.- Tres bobinas ejecutadas en grupo. Las bobinas quedan conectadas automáticamente entre sí durante el proceso de devanado.

Regla 4- Para determinar el número de bobinas por grupo, se divide el número total de bobinas del motor por el número de grupos.

Ejemplo: en el motor trifásico de referencia, se tendrán:

36 bobinas = 3 bobinas por grupo.
12 grupos

Si el motor fuese hexapolar y tuviera 54 bobinas, le corresponderían también:

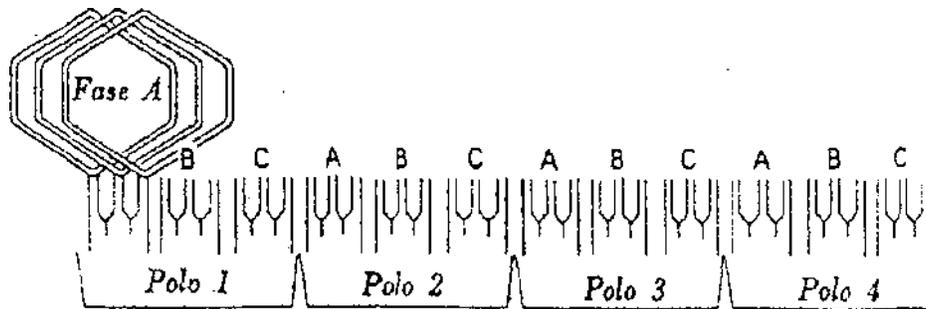
54 bobinas = 3 bobinas por grupo.
18 grupos

Una vez conocido el número de bobinas por grupo puede procederse a conectar éstas en grupos suponiendo que sean de confección individual, o bien a ejecutarlas directamente en grupos.

7.4 COMO REALIZAR UNA CONEXIÓN ESTRELLA.

Conexión en estrella.- Supóngase que se trata de conectar en estrella las tres fases de un motor de 4 polos, 36 bobinas estáticas. Se procederá como sigue:

1. Se conectan primero todas las bobinas en grupos. Las tres bobinas de cada grupo se unen en serie, como indica la figura. Si dichas bobinas han sido confeccionadas en grupo no será precisa esta operación, puesto que ya habrán quedado conectadas automáticamente.



Bobinas del motor trifásico conectadas formando 12 grupos iguales. Cada grupo se compone de 3 bobinas. Obsérvese que los cuatro polos son también iguales.

2. Se conectan seguidamente entre sí todos los grupos que pertenecen a la fase A, figura 8. La conexión debe efectuarse de manera que por el primer grupo circule la corriente en sentido de las manecillas de un reloj, por el segundo grupo en sentido contrario, por el tercero nuevamente en sentido horario, etc. De esta forma se obtendrán polaridades sucesivas de signo alterno.

El principio de la fase A se empalma a una terminal flexible, que se lleva al exterior; el final de dicha fase se unirá posteriormente a los finales de las fases B y C. Esta unión se encintará convenientemente.

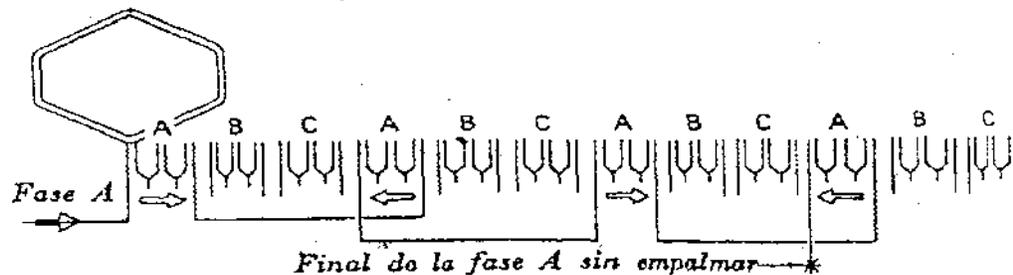


Figura 8.- Conexión de los grupos que componen la fase A.

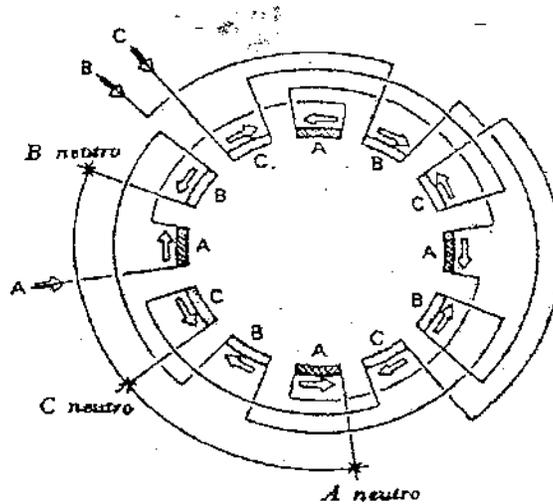


Figura 12.- Esquema circular equivalente al esquema lineal de la figura 1.

Observe que las flechas correspondientes a los grupos de la fase intermedia **B** son siempre en sentido contrario a las de los grupos **A** y **C** contiguos.

El diagrama esquemático de la figura 13 permite poner más claramente de manifiesto la clase y las características de conexión del motor considerado hasta ahora. El número de fases y la disposición de las mismas, con un extremo común o centro de estrella, muestran inmediatamente que estamos en presencia de un devanado trifásico conectado en estrella. Puesto que cada fase está integrada por cuatro grupos de bobinas, se trata de un devanado de cuatro polos, es decir, tetrapolar. De los esquemas procedentes se deduce, en efecto, que cada fase se compone de tantos grupos iguales como polos tiene el motor. Por consiguiente, para saber el número de polos de un motor cuyo diagrama esquemático es conocido basta contar el número de grupos de cada fase. Finalmente, el diagrama indica también que los grupos de cada fase están conectados en serie entre sí. En resumen, se trata de un motor trifásico tetrapolar conectado en estrella/serie (1/Y).

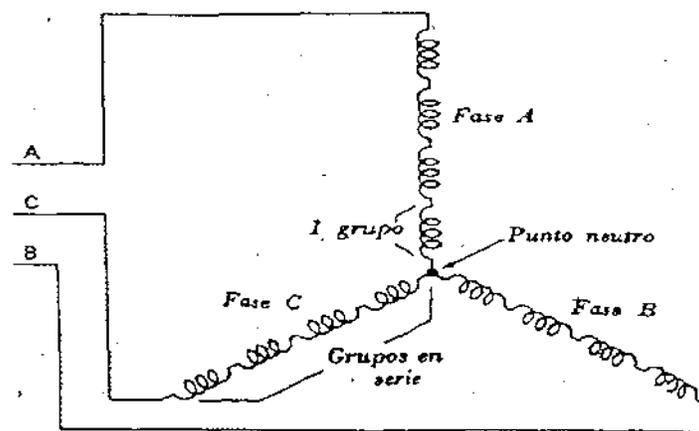


Figura 13.- Diagrama esquemático de un motor trifásico tetrapolar conectado en estrella/serie (1Y).

7.5 CONEXIÓN DELTA.

Igual que se procedió con la conexión en estrella, la primera operación será unir las bobinas en grupos. Como el motor es trifásico y tiene 4 polos, deberán formarse $3 \times 4 = 12$ grupos de 3 bobinas cada uno. Se obtendrá entonces un esquema de la figura 14. Este esquema puede simplificarse reemplazando por un pequeño rectángulo las 3 bobinas en serie que constituyen cada grupo. Es una buena norma poner encima de cada grupo la letra característica de la fase a la cual pertenece, y debajo de él la flecha indicativa del sentido de circulación de la corriente. La conexión entre grupos y fases se llevará a cabo del modo siguiente:

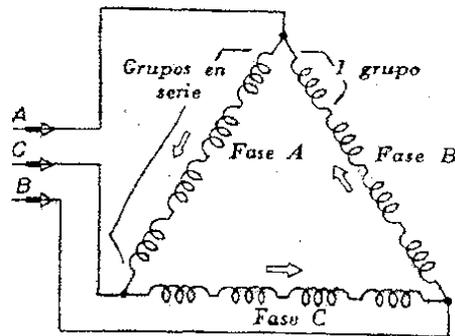


Figura 14.- Diagrama esquemático de un motor trifásico tetrapolar conectado en triángulo/serie (1 A).

Los grupos pertenecientes a la fase A se unen entre sí de igual manera que se hizo con la conexión en estrella, es decir, alternando el signo de sus polaridades (figura 15). Si previamente se ha dibujado debajo de dichos grupos una serie de flechas sucesivas que vayan indicando alternativamente sentido horario y sentido antihorario, se verá fácilmente cómo deben irse ejecutando las uniones.

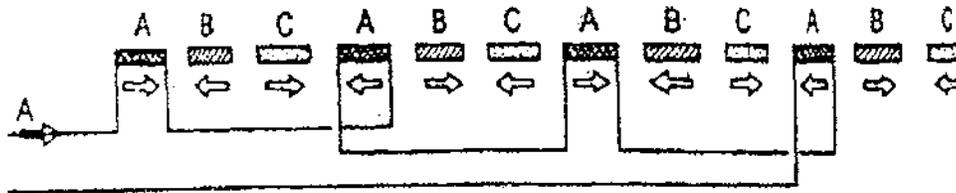


Figura 15.- Conexión de los cuatro grupos que comparten la fase A.

2 Se unen ahora los grupos de la fase C exactamente igual que se ha procedido con los de la fase A, es decir, de modo que el signo de sus polaridades vaya alternando sucesivamente y coincida siempre con el grupo A correspondiente (figura 16). Para verificar que no ha habido error, compruébese que las dos flechas indicativas del sentido de la corriente a la entrada de las fases A y C señalan hacia el interior del devanado. Conéctese entonces el final de la fase A con el principio de la fase C.

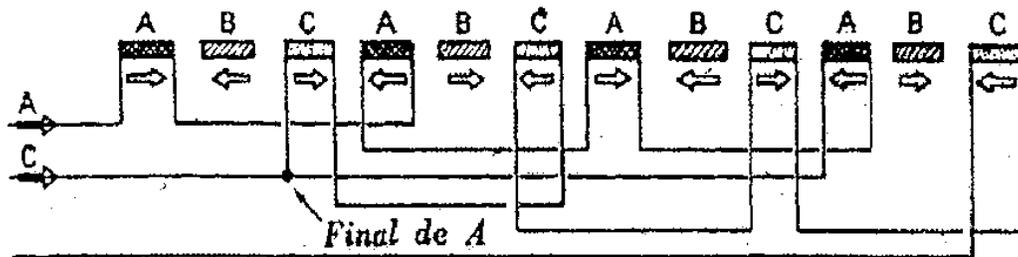


Figura 16.- Conexión de los cuatro grupos que componen la fase C. El final de la fase A, ya terminada anteriormente, se une al principio de la fase C.

3. Se une a continuación el final de la fase C con el principio del segundo grupo perteneciente a la fase B, figura 17. Los grupos que componen dicha fase tendrán también polaridades alternadas y siempre de signo contrario a las de los grupos contiguos pertenecientes a las otras dos fases. Una vez unidos entre sí dichos grupos del modo indicado, se conecta el final de la fase B al principio de la fase A, y el devanado queda concluido.

El esquema circular de la figura 18 es exactamente equivalente al esquema lineal representado en la figura 17, pero tiene la ventaja de indicar la posición real de los diversos grupos de bobinas en el estator.

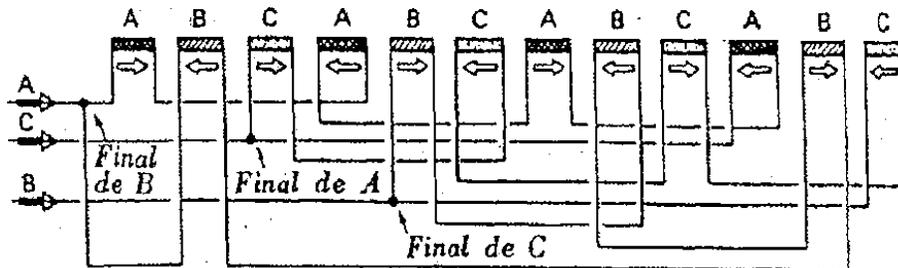


Figura 17.- Esquema lineal completo del motor cuyo diagrama esquemático se ha reproducido en la figura 14. Obsérvese cómo el final de la fase A está conectado al principio de la fase C, el final de la fase C al principio de la fase B y el final de la fase B al principio de la fase A constituyendo un circuito cerrado.

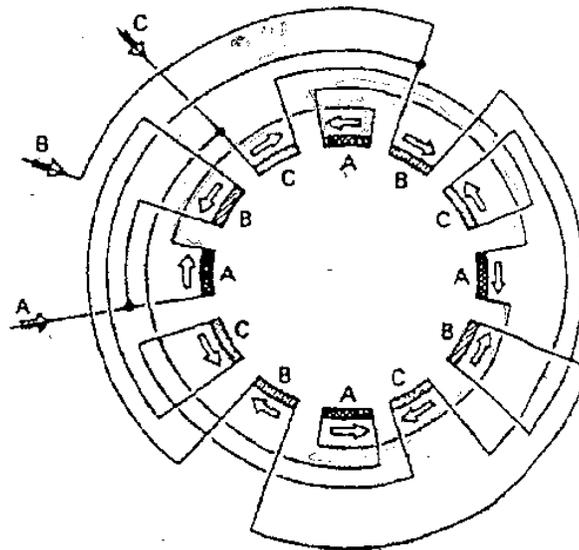


Figura 18.- Esquema circular equivalente al esquema lineal de la figura 17. Corresponde a un motor trifásico tetrapolar conectado en triángulo/serie (1A).

Como se desprende de las explicaciones precedentes, la manera de unir los grupos de cada fase entre sí es idéntica en caso de conexión en estrella que en caso de conexión en triángulo; lo único que difiere en ambas es la forma de empalmar los extremos de las fases respectivas. En la conexión en estrella, los finales de las tres fases están unidos conjuntamente para formar el punto neutro o centro de estrella; en la conexión en triángulo, el final de cada fase va unido al principio de la siguiente, de modo que si se sigue el circuito formado, empezando por ejemplo por el principio de la fase A, se llega de nuevo al punto de partida tras haber recorrido íntegra y sucesivamente las fases A, C y B.

7.6 CONEXIÓN PARA DOBLE TENSIÓN DE SERVICIO.

La figura 19 muestra cuatro grupos iguales de bobinas unidos en serie y conectados a una red de alimentación de **440 V** corriente alterna. A cada grupo quedan aplicados **110 V**, y se supondrá que ésta es su tensión normal de trabajo. Si se unen ahora dichos grupos en doble paralelo, como indica la figura 20, y se conectan a una red de **220 V**, es evidente que cada grupo seguirá trabajando a la misma tensión de antes, es decir, **110 V**. La figura 21a muestra todavía una tercera posibilidad de unión de los grupos: en cuádruple paralelos, con una tensión de alimentación de **110 V**. Se observa que la tensión aplicada individualmente a cada uno. Todas las máquinas previstas para dos tensiones de servicio se basan en este principio. Supóngase, por ejemplo, que se desea que un motor monofásico tetrapolar pueda trabajar indistintamente a **440 V** y a **220 V**. Bastará para ello sacar al exterior los dos terminales extremos y dos terminales centrales, con lo cual el arrollamiento quedará subdividido en dos mitades de dos polos cada una, y conectar luego ambas mitades en serie (figura 21b) o en paralelo (figura 22a), según que la tensión de servicio sea **460 V** ó **230 V**.

Con los motores trifásicos se opera de modo análogo.-Supóngase que el motor tatrangular de la figura 23a conectado en estrella/serie (**1 Y**), está previsto para trabajar con una tensión de **440 V** entre fase y neutro. Si se desea alimentarlo con una tensión de **220 V**, bastará subdividir cada fase en dos mitades y unir las entre sí en paralelo, es decir, conectarlo en estrella/doble paralelo (**2Y**). Esta conexión puede efectuarse manteniendo el punto neutro primitivo (figura 24) o bien creando otro nuevo (figura 25). Una y otra variante son exactamente equivalentes.

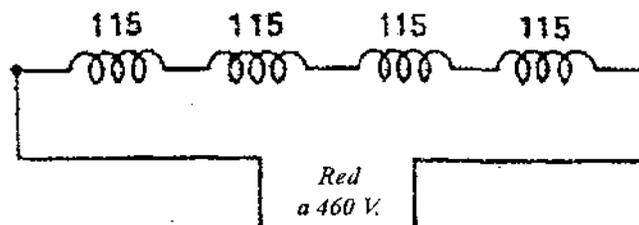


Figura 19.- Cuatro grupos iguales unidos en serie y conectados a **460 V**. A cada grupo están aplicados **115 V**.

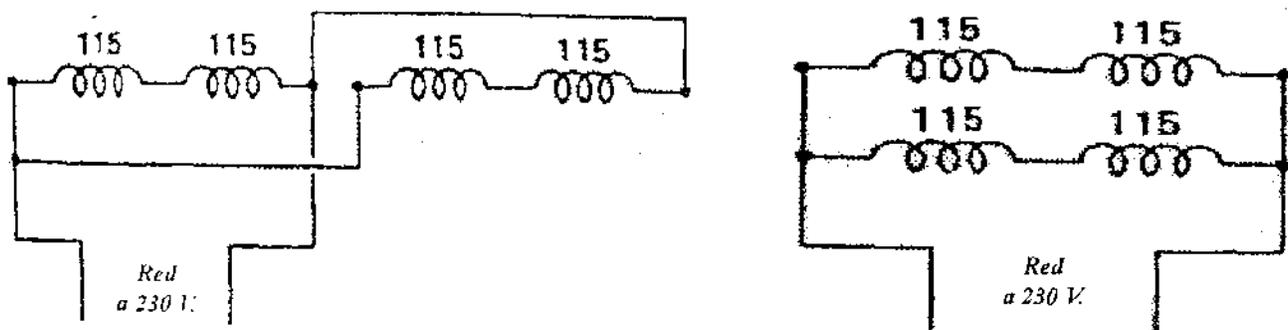


Figura 20- Los cuatro grupos de la figura 19 unidos en doble paralelo y conectados a **230 V**. La tensión en cada grupo sigue siendo de **115 V**.

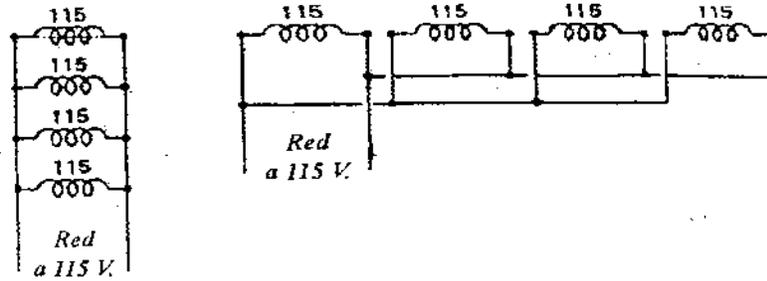


Figura 20a.- Los cuatro grupos de la figura 4.63 unidos ahora en cuádruple paralelo, y conectados a 115 V. Cada grupo trabaja a 115 V.

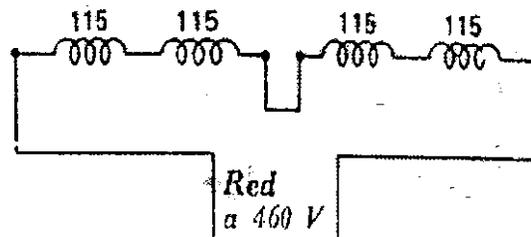


Figura 21.- Conexión en serie de los dos semiarrollamientos de un motor monofásico tetrapolar. La tensión de alimentación es de 460 V.

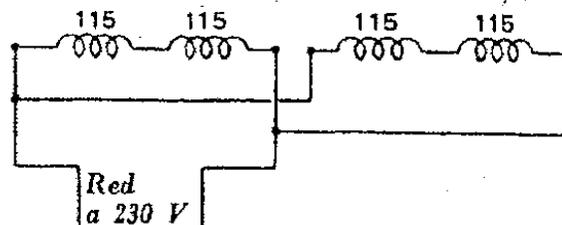


Figura 22.- Conexión en paralelo de los dos semiarrollamientos del motor de la figura 4.65. La Tensión de alimentación es ahora de 230 V.

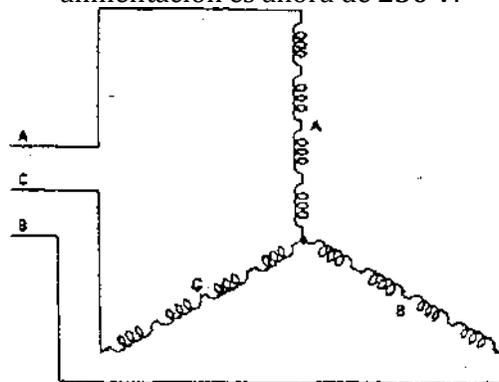


Figura 23.- Motor trifásico tetrapolar conectado en estrella/serie (1Y). La tensión aplicada entre fase y neutro es de 460 V.

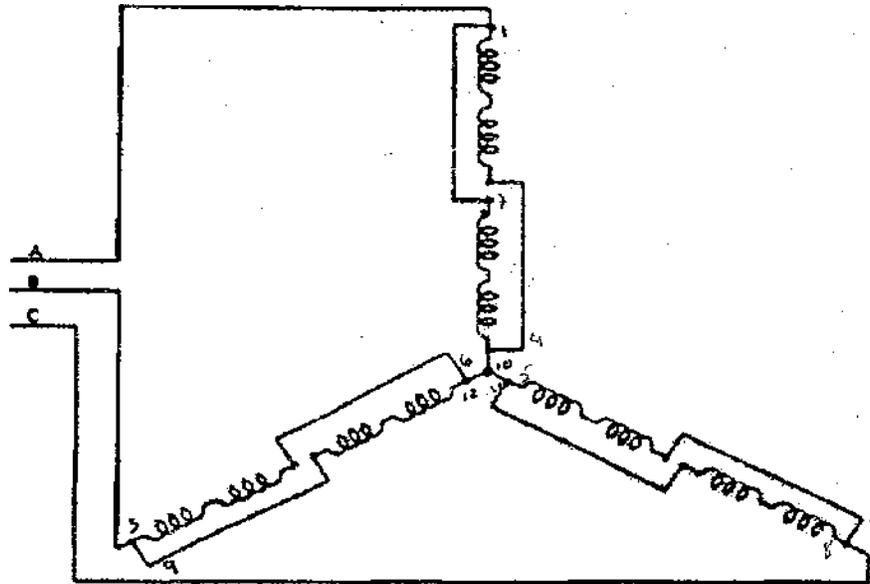


Figura 24.- El mismo motor de la figura 23, pero conectado en estrella/doble paralelo (2Y) con un solo punto neutro.

La tensión aplicada entre fase y neutro es de 230 V.

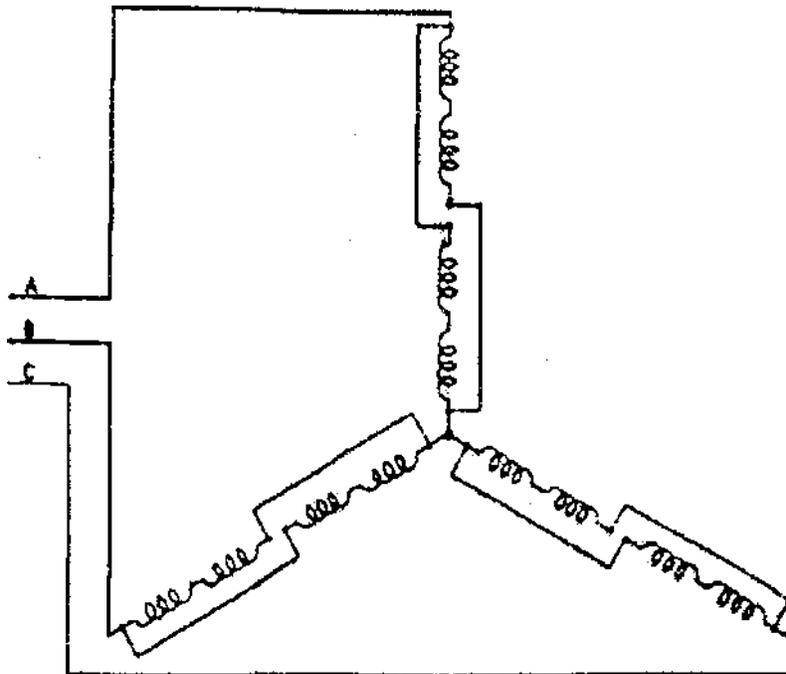


Figura 25.- Diagrama esquemático exactamente equivalente al de la figura 24 pero con dos puntos neutros o centros de estrella.

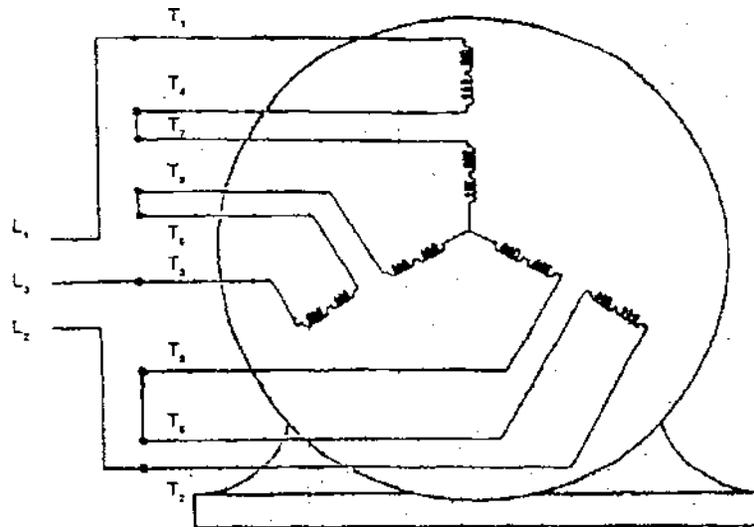


Diagrama esquemático de un motor trifásico tetrapolar para doble tensión de servicio conectado en estrella. Las dos mitades de cada fase están unidas en serie. El motor queda así dispuesto para trabajar a la tensión mayor.

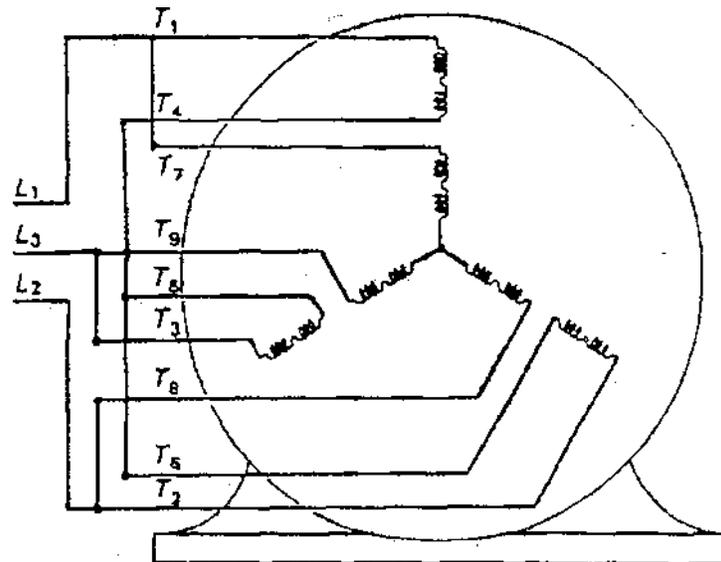
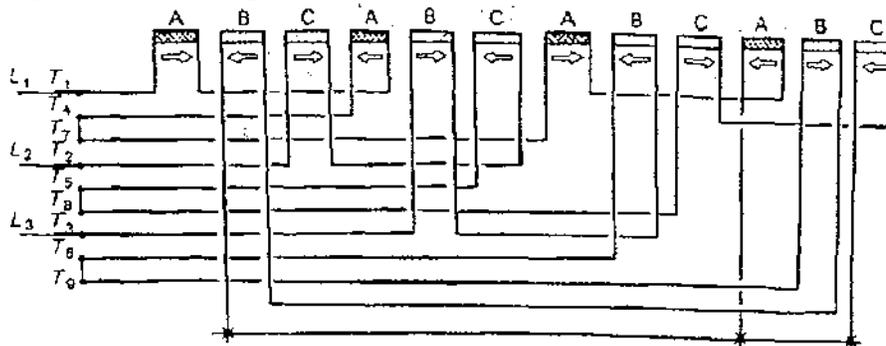
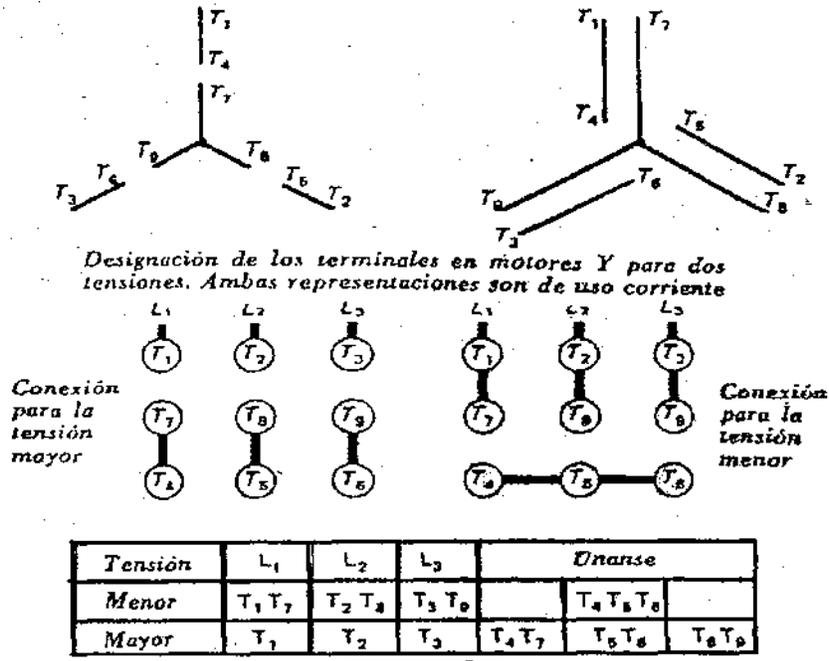


Diagrama esquemático del mismo motor representado en la figura 4.71. Las dos mitades de cada fase están ahora unidas en paralelo, para que el motor pueda funcionar a la tensión menor. Obsérvese que la conexión conjunta de T4, T5 y T6 forma un segundo centro de estrella exterior.



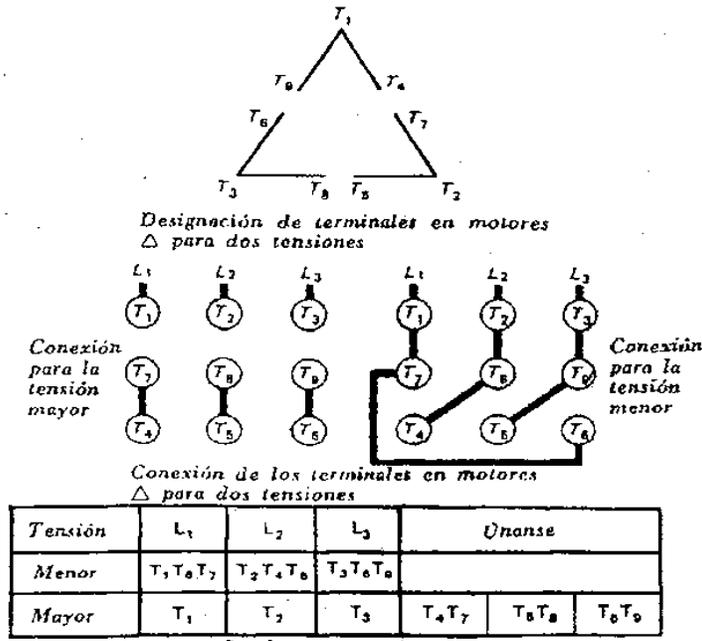
Esquema lineal del motor trifásico tetrapolar conectado en 1 Y.



Cuadro de conexiones

Designación y conexión de terminales en motores Y para doble tensión de servicio.

CONEXIÓN EN DELTA PARA DOBLE TENSION DE SERVICIO.



Cuadro de conexiones

Designación y conexión de terminales en motores Δ para doble tensión de servicio.

Para alimentar el motor a la tensión mayor es preciso unir las dos mitades de cada fase en serie, como indica el diagrama esquemático de la figura 26. Esto se lleva a término empalmando sucesivamente los terminales T₄ y T₇, T₅ y T₈, T₆ y T₉ luego se conectan los terminales T₁, T₂ y T₃ a las respectivas líneas L₁, L₂ y L₃ de la red.

Para alimentar el motor a la tensión menor se procede según el diagrama de la figura 27: basta conectar los terminales T_1 , T_7 y T_6 a la línea L_1 , Los terminales T_2 , T_4 y T_8 a la línea L_2 y los terminales T_3 , T_5 y T_9 a la línea L_3

La figura 28 muestra el esquema lineal de un motor trifásico tetrapolar conectado en triángulo. Las dos mitades de cada fase están unidas en serie. El motor se halla así dispuesto para trabajar a la tensión mayor.

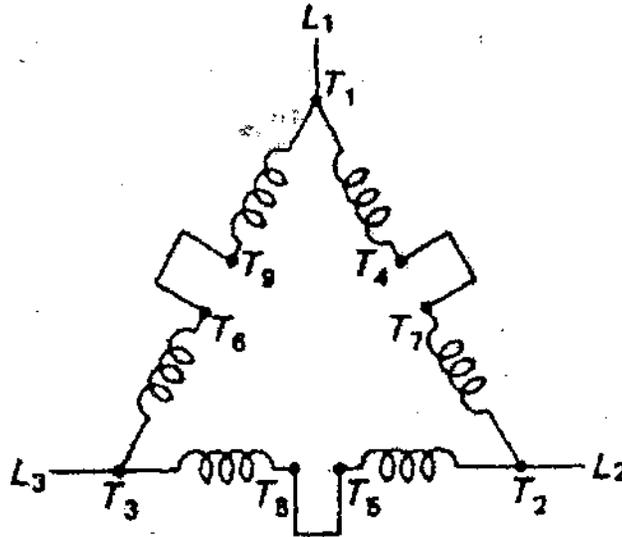


Figura 26.- Diagrama esquemático de un motor trifásico para doble tensión de servicio, conectado en triángulo. Las dos mitades de cada fase están unidas en serie (tensión mayor).

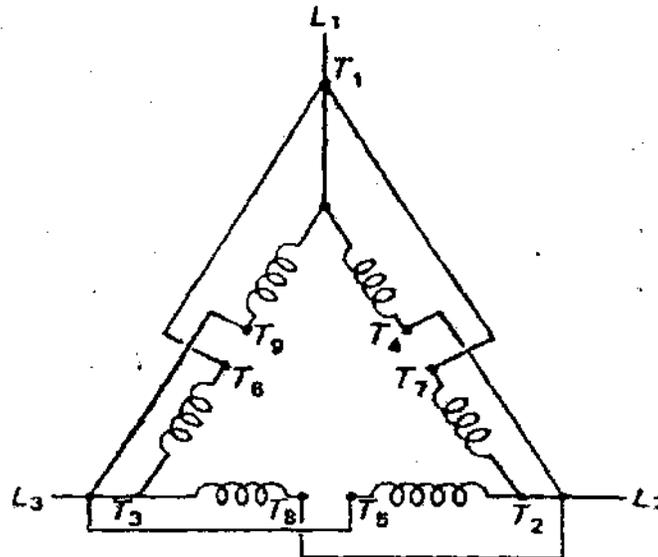


Figura 27.- Diagrama esquemático del mismo motor representado en la figura 4.75. Las dos mitades de cada fase están unidas ahora en paralelo (tensión menor).

Para alimentar el motor a la tensión mayor es preciso unir las dos mitades de cada fase en serie, como indica el diagrama esquemático de la figura 26. Esto se lleva a término empalmando sucesivamente los terminales T_4 y T_7 , T_5 y T_8 , T_6 y T_9 , luego se conectan los; terminales T_1 , T_2 y T_3 a las respectivas líneas L_1 , L_2 y L_3 de la red.

Para alimentar el motor a la tensión menor se procede según el diagrama de la figura 27 basta conectar los terminales T_1 , T_7 y T_6 a la línea L_1 . Los terminales T_2 , T_4 y T_8 a la línea L_2 y los terminales T_3 , T_5 y T_9 a la línea L_3 .

La figura 28 muestra el esquema lineal de un motor trifásico tetrapolar conectado en triángulo. Las dos mitades de cada fase están unidas en serie. El motor se halla así dispuesto para trabajar a la tensión mayor.

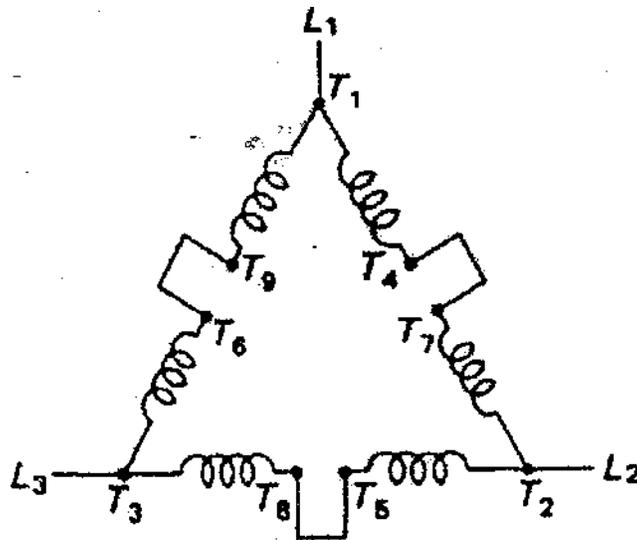


Figura 26.- Diagrama esquemático de un motor trifásico para doble tensión de servicio, conectado en triángulo. Las dos mitades de cada fase están unidas en serie (tensión mayor).

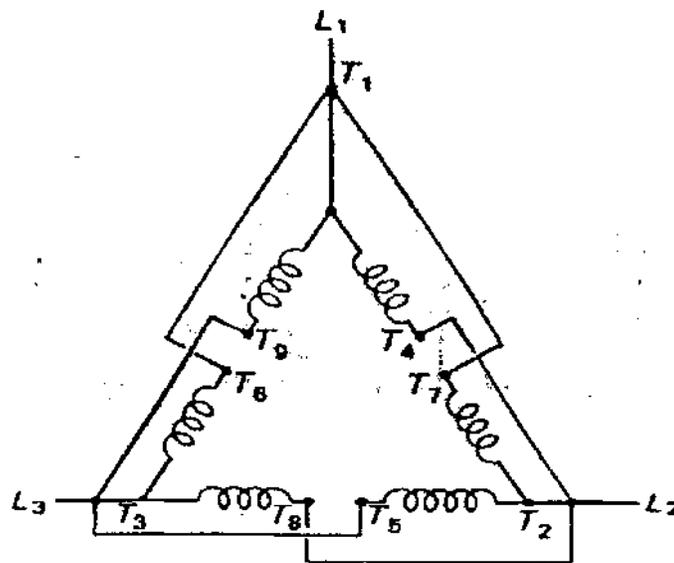
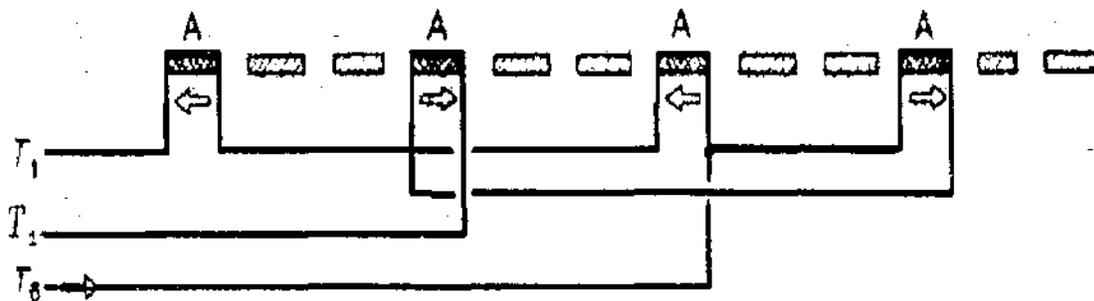


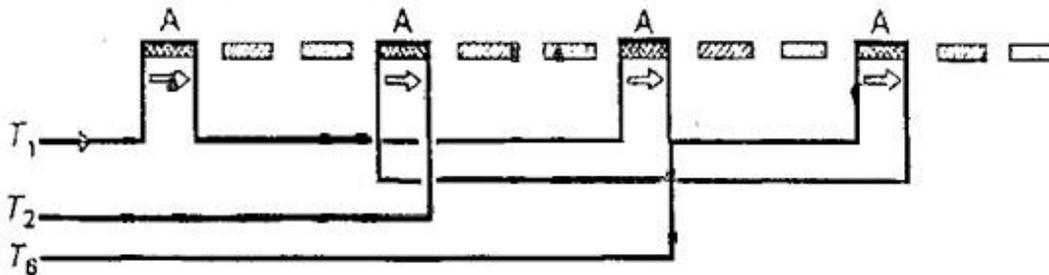
Figura 27.- Diagrama esquemático del mismo motor representado en la figura 4.75. Las dos mitades de cada fase están unidas ahora en paralelo (tensión menor).

Los motores trifásicos que utilizan el principio de los polos consecuentes para conseguir, con un solo arrollamiento, dos velocidades de régimen distintas, se conectan de diferente manera según que se desee mantener el par constante a ambas velocidades, o bien conseguir un par variable a cada velocidad.

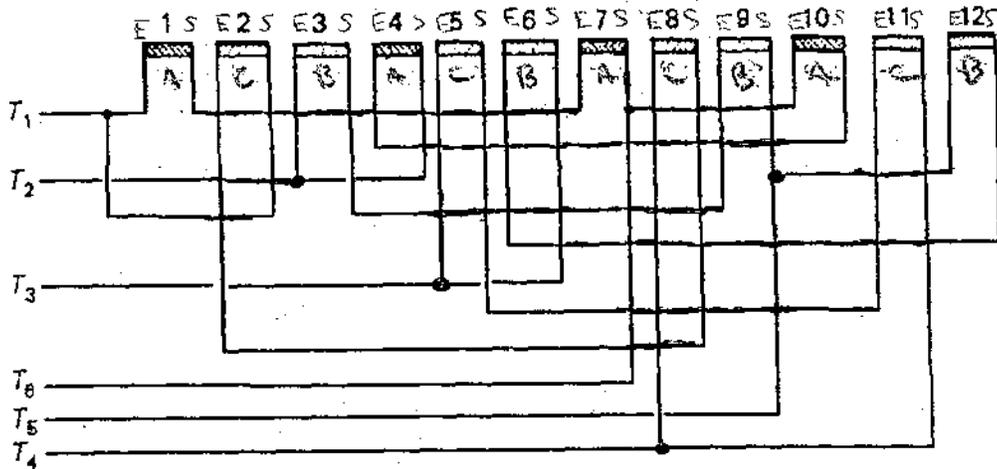
Cuando se quiere mantener el par constante, la conexión empleada es generalmente estrella / doble paralelo (2 Y) para la velocidad mayor y triángulo / serie (1 A) para la velocidad menor. La figura muestra las conexiones internas entre los grupos de la fase A de un motor trifásico de par constante y 4/8 polos. Siguiendo el circuito desde el terminal de alimentación T se observa que en el sentido de la corriente varía alternativamente al saltar de un grupo contiguo; se forman por consiguiente 4 polos, que corresponden a la velocidad mayor del motor. Suponiendo los terminales T 1 y T2 unidos en el centro de la estrella, se nota también que la fase queda subdividida en dos ramas en paralelo. En el esquema lineal correspondiente al mismo motor de antes, las conexiones entre grupos son exactamente las mismas; sin embargo, la alimentación tiene lugar ahora por el terminal T1. Suponiendo el terminal T2 aislado, se ve que los grupos quedan unidos en serie y que el sentido de circulación de la corriente es ahora idéntico en todos ellos. Al formarse por éste motivo cuatro polos consecuentes, el motor cuenta con el total de ocho polos efectivos y gira a la velocidad menor.



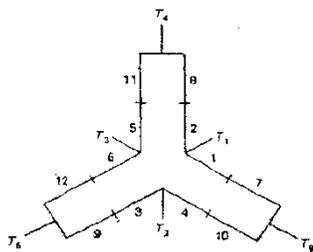
Conexiones internas entre los grupos de la fase A de un motor de par constante a sus velocidades de régimen (4/8 polos). Con la alimentación indicada y suponiendo unidos T1 y T2, la fase queda subdividida en dos ramas en paralelo. Obsérvese que los dos grupos de cada rama están unidos mediante "conexión larga".



Esquema lineal de de la fase A del motor de par constante a sus dos velocidades de régimen (4/ 8 polos) mencionado en la figura 4.88. Las conexiones internas entre grupos son las mismas, pero la alimentación se efectúa ahora por T1, y T6 permanece aislado. Los cuatro grupos quedan unidos en serie, los sentidos de las flechas no cambian, y se forman por tanto ocho polos (velocidad menor).



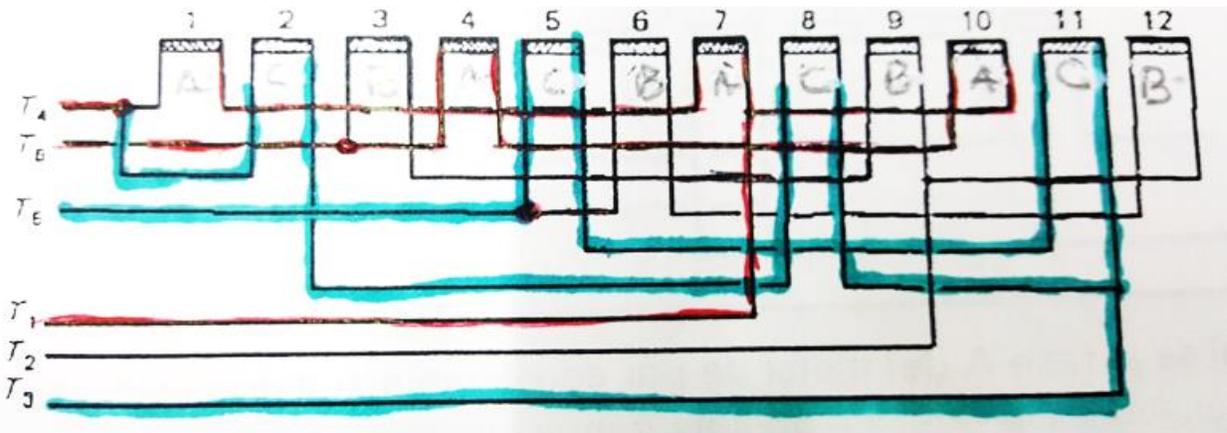
Esquema lineal completo de un motor trifásico de par constante a sus ~ dos velocidades de régimen (4 /8 polos).



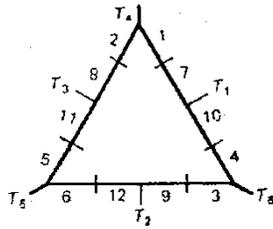
Velocidad	L ₁	L ₂	L ₃	Aislense Separad.	Únanse conjuntam.
Menor Δ	T ₁	T ₁	T ₁	T ₄ , T ₅ , T ₆	
Mayor YY	T ₆	T ₄	T ₅		T ₁ , T ₂ , T ₃

Diagrama esquemático del motor de la figura anterior. El motor queda conectado en estrella I doble paralelo (2 Y) cuando trabaja a la velocidad mayor, y en triángulo / serie (1 Δ) cuando trabaja a la menor. El cuadro indica las conexiones a efectuar con los seis terminales exteriores en uno y otro caso.

Cuando la característica que se desea mantener constante al pasar de una a otra velocidad no es el par, sino la potencia, se procede de modo inverso al de antes, es decir, se conecta el motor en triángulo/serie (1 A) para la velocidad mayor, y en estrella / doble paralelo (2 Y) para la menor.



Esquema lineal completo de un motor trifásico de potencia constante a sus dos velocidades de régimen (4/8 polos).



Velocidad	L ₁	L ₂	L ₃	Aislense Separad.	Únanse conjuntam.
Menor Y Y	T ₁	T ₂	T ₃		T ₄ , T ₅ , T ₆
Mayor Δ	T ₄	T ₅	T ₆	T ₁ , T ₂ , T ₃	

Diagrama esquemático del motor de la figura 4.93 a. El motor queda conectado en triángulo / serie (1 Δ) cuando trabaja a la velocidad mayor, y en estrella / doble paralelo (2 Y) cuando trabaja a la menor.

Los esquemas reproducidos hasta aquí muestran que en todos los motores donde se consigue más de una velocidad con un sólo arrollamiento (gracias al principio de los polos consecuentes) es preciso hacer uso de "conexiones largas".

Como es natural, también puede lograrse un motor de doble velocidad disponiendo en el mismo dos arrollamientos independientes con distinto número de polos. Según que se conecte a la red uno u otro arrollamiento se obtendrán para el motor dos velocidades diferentes. En el cuadro de las filas 1a, 2a y 3a de la columna central pueden verse varias disposiciones mutuas de ambos arrollamientos, que en función de las características de cada uno permiten conseguir unas condiciones de par constante, par variable o potencia constante. Obsérvese que las dos conexiones en triángulo tienen un punto de interrupción. Esta interrupción permite dejar abierto el circuito cuando es el otro arrollamiento el que presta servicio, al objeto de impedir la circulación de corrientes inducidas.

Si a uno de estos arrollamientos independientes del motor puede aplicarse la conexión para polos consecuentes, es evidente que dicho motor podrá funcionar a tres velocidades distintas. La 3a columna del cuadro muestra diversas disposiciones mutuas de ambos arrollamientos e indica la manera de conectar los respectivos terminales para conseguir los tres regímenes de velocidad en condiciones de potencia constante o de par constante. Por el mismo motivo que antes, el arrollamiento "de dos velocidades" tiene un punto de interrupción, lo cual eleva a siete en número de terminales exteriores. Según que el motor trabaje con este arrollamiento o con el de una sola velocidad, se cierra o se deja abierto el primero.

Si el segundo arrollamiento es también "de dos velocidades", el motor podrá girar a cuatro velocidades diferentes.

DOS VELOCIDADES - UN ARROLLAMIENTO						DOS VELOCIDADES - DOS ARROLLAMIENTOS					TRES VELOCIDADES - DOS ARROLLAMIENTOS							
Potencia constante						Potencia constante, por variable o potencia constante					Potencia constante							
VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	UNANSE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	UNANSE		
1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	—	T ₁ , T ₂ , T ₃	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁₀ , T ₁₂ , T ₁₃	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	los demás	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄		
2 mayor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₁ , T ₂ , T ₃	—	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	T ₁ , T ₂ , T ₃	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	los demás	—		
Par constante						Potencia constante, por variable o potencia constante					Potencia constante							
VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	UNANSE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	UNANSE		
1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	Todos los demás	—	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₆ , T ₁₂ , T ₁₃ , T ₁₇	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	los demás	T ₁ , T ₂ , T ₄ , T ₇		
2 mayor	T ₁	T ₂	T ₃	—	T ₁ , T ₂ , T ₃	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	T ₁ , T ₂ , T ₃	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	los demás	—		
Par variable						Par constante, por variable o potencia constante					Potencia constante							
VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	UNANSE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	SEPARANCE	UNANSE		
1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	Todos los demás	—	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₆ , T ₁₂ , T ₁₃	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	los demás	—		
2 mayor	T ₁	T ₂	T ₃	—	T ₁ , T ₂ , T ₃	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	T ₁ , T ₂ , T ₃	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	los demás	T ₁₀ , T ₁₂ , T ₁₃ , T ₁₇		
Par variable (Bifásicos)						Par constante, por variable o potencia constante (Bifásicos)					Potencia constante							
VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	SEPARANCE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	SEPARANCE	VELOC	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	SEPARANCE	UNANSE
1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁ , T ₂	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	los demás	1 menor	T ₁	T ₂	T ₃ , T ₄	los demás	—	
2 mayor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	—	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	los demás	2 mayor	T ₁₀	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	los demás	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄



"DESARROLLO EXPERIMENTAL"

1. Selecciona 3 motores trifásicos y anote sus datos de placa, explicando brevemente el significado de cada uno de sus datos.

MOTOR 1

marca _____

C.P. _____

Polos _____

Tipo _____

R.P.M. _____

Armazón _____

Volts _____

Amp. _____

Factor de servicio _____

Clave **KVA** _____

Aislamiento _____

Modelo _____

Serie _____

Conexión tipo _____

Voltaje Mayor

Voltaje Menor

Explicación de los datos anteriores.



MOTOR 2

marca _____

C.P. _____

Polos _____

Tipo _____

R.P.M. _____

Armazón _____

Volts _____

Amp. _____

Factor de servicio _____

Clave **KVA** _____

Aislamiento _____

Modelo _____

Serie _____

Conexión tipo _____

Voltaje Mayor

Voltaje Menor

Explicación de los datos anteriores.



MOTOR 3

marca _____

C.P. _____

Polos _____

Tipo _____

R.P.M. _____

Armazón _____

Volts _____

Amp. _____

Factor de servicio _____

Clave **KVA** _____

Aislamiento _____

Modelo _____

Serie _____

Conexión tipo _____

Voltaje Mayor

Voltaje Menor

Explicación de los datos anteriores.



En los motores mostrados en taller determine:

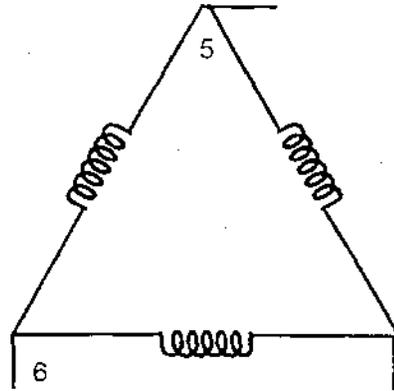
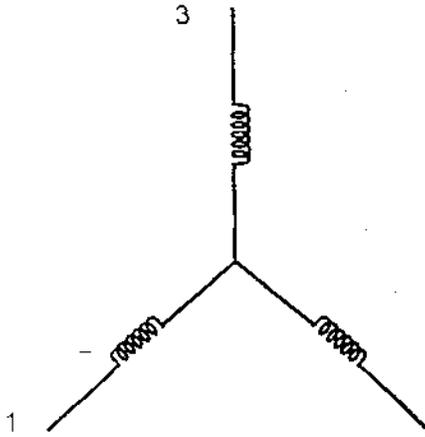
- a) Polos del motor _____
- b) Grupos de bobinas _____
- c) Grupos por polo _____
- d) Paso por grupo _____
- e) Tipo de bobinado _____
- f) Realice la conexión de un motor en **YY** para **220** volts y dibuje su diagrama circular.
- g) Realice la conexión para un motor eléctrico en **Y** para **440** volts y realice su diagrama circular.
- h) Realice la conexión para un motor eléctrico en **ΔΔ** para **220** volts y realice su diagrama circular.
- i) Realice la conexión para un motor eléctrico en **ΔΔ** para **440** volts y realice su diagrama circular.

3. Realice la conexión de motores trifásicos para dos tensiones de servicio según numeración en terminales.

- a) **YY** Amp. _____ Volts _____
- b) **Y** Amp. _____ Volts _____
- c) **Δ** Amp. _____ Volts _____
- d) **ΔΔ** Amp. _____ Volts _____

CUESTIONARIO

1. Coloque los números faltantes en las terminales correspondientes.



- 2. ¿Por qué es importante etiquetar las terminales en motores trifásicos? _____

- 3. ¿Cuál es la importancia de los datos de placa en un motor? _____

- 4. En donde se usan los motores trifásicos conectados en Δ ? _____

- 5. ¿Cuál es la diferencia en conectar un motor trifásico en Y y en Δ ? _____

- 6. ¿Cómo identificarías las terminales de un motor conectado en Y si estas últimas han perdido las etiquetas de identificación? _____

UNIDAD OCHO

REBOBINADO DE MOTORES TRIFÁSICOS

OBJETIVOS:

- Al término de la práctica el alumno estará capacitado en :
- Identificación de conexiones en motores trifásicos.
- Rebobinado de motores trifásicos.

8.1 INTRODUCCIÓN.

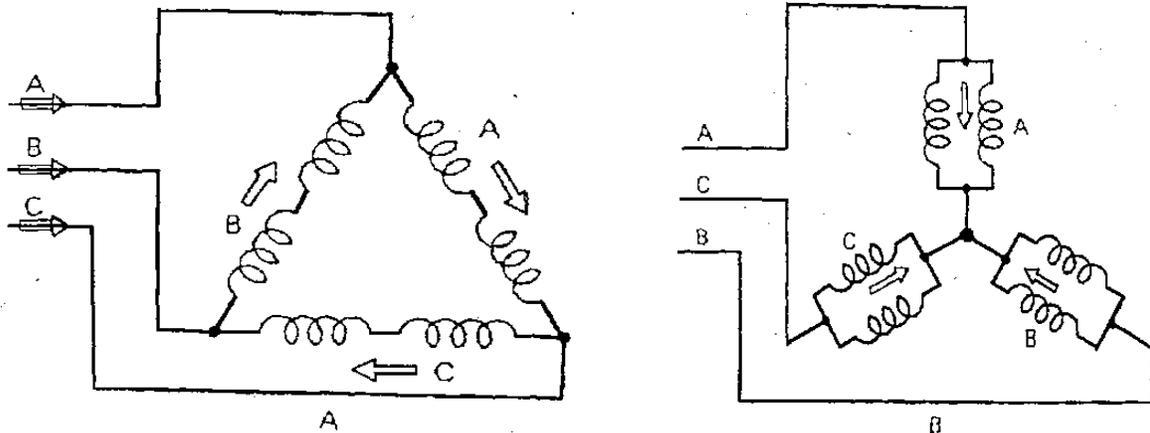
Antes de proceder a la extracción del devanado de un motor trifásico es preciso identificar el tipo de conexión del mismo. Esta cuestión es de suma importancia y requiere un conocimiento previo de los diferentes casos que puedan presentarse. Sólo si el bobinador u operario encargado de la reparación tiene en mente los diversos diagramas esquemáticos estudiados anteriormente podrá llegar con relativa facilidad al objetivo propuesto, partiendo de unos pocos datos de observación.

Para la identificación de la conexión es conveniente observar varias normas preventivas, que pueden resultar de notoria utilidad. En primer lugar, no deben cortarse terminales ni extraerse bobinas del arrollamiento hasta estar seguro del tipo de conexión del mismo. Luego léanse y anótese los datos de la figura en la placa de características: en ella estará normalmente indicado si el motor a sido previsto para girar a una o a dos velocidades de régimen o para trabajar a una o dos tensiones de servicio, e incluso, a veces, si está conectado en estrella o en triángulo. La velocidad de un motor figura siempre en la placa de características. Pues la velocidad depende del número de polos, es fácil determinar este último en función de la misma. Recuérdese también que el número de polos es siempre igual al número de grupos de bobinas que integran cada fase. Cuando el motor está previsto para trabajar a dos tensiones de servicio salen generalmente al exterior nueve terminales, que son las que permiten unir grupos de cada fase en serie o en paralelo, tanto si la conexión entre fase es en estrella como si es en triángulo. Cuando el motor tiene dos velocidades de régimen, salen normalmente seis terminales al exterior.

Reteniendo en la memoria estas características particulares y los diagramas esquemáticos descritos en el apartado anterior, poco esfuerzo costará identificar la conexión en cuestión. Bastará para ello proceder como sigue.

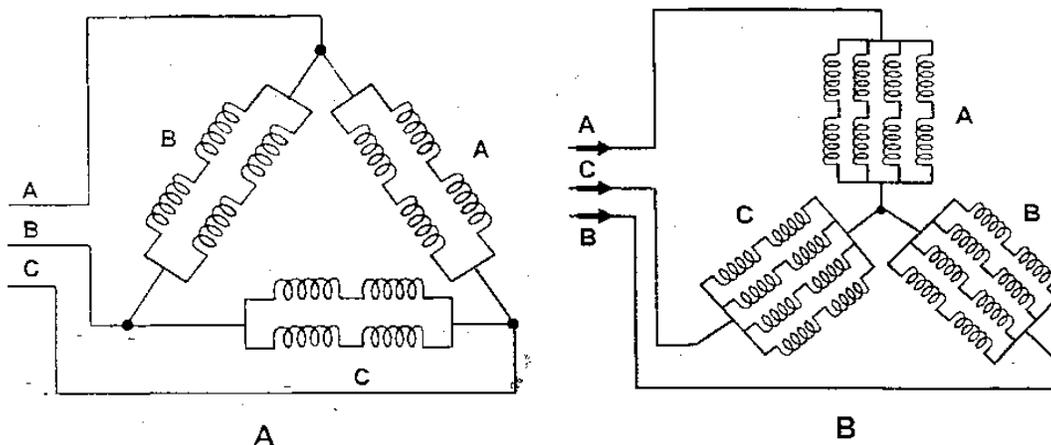
Se empieza por considerar una cualquiera de las líneas o terminales de alimentación y determinar cuántos grupos de las bobinas están unidos a dicha línea. Si no hay más que un solo grupo, estamos en presencia de una conexión en estrella / serie: es está, en efecto, la única conexión trifásica que cumple tal requisito. Cuando los dos grupos de bobinas unidos a cada línea o terminal de alimentación hay la posibilidad de que la conexión sea en triángulo / serie (**1Δ**) o bien en estrella doble paralelo (**2Y**).

Tanto la conexión en triángulo / serie (izquierda) como la conexión en estrella / doble paralelo (derecha) tiene la particularidad de presentar dos grupos de bobinas dos a cada línea de alimentación, pero la segunda se distingue de la primera porque los seis grupos tienen un extremo común.



Es conveniente recordar que a veces pueden encontrarse no uno, sino dos centros de estrella separados, a cada uno de los cuales van conectados tres grupos. Si a cada línea de alimentación van unidos tres grupos de bobinas, estamos en presencia de una conexión en estrella / triple paralelo (3Y). No existe ninguna otra conexión que cumpla también esta condición.

Cuando son cuatro los grupos unidos a cada línea de alimentación, existen dos posibilidades: la conexión es en triángulo / doble paralelo (2Δ) o bien en estrella / cuádruple paralelo (4Y). Se tratará de la segunda si se encuentra un punto común al cual estén unidos doce grupos, y de la primera sino se encuentra dicho punto.



Bastan estos ejemplos para demostrar que un conocimiento previo de los diagramas esquemáticos anteriormente expuestos facilita extraordinariamente la identificación del tipo de conexión de un motor dado.

8.2 REBOBINADO DE UN MOTOR TRIFÁSICO.

El rebobinado de un motor trifásico comprende varias operaciones independientes, que son:

1. Toma de datos.
2. Extracción de arrollamiento antiguo.
3. Aislamiento de las ranuras estáticas.
4. Confección de las bobinas.
5. Colocación de las bobinas en las ranuras.
6. Conexión de las bobinas entre sí.
7. Verificación eléctrica del nuevo arrollamiento.
8. Secado e impregnación.

8.3 TOMA DE DATOS.

Los datos que deben anotarse son los siguientes: **1**, los que figuran en la placa de características del motor; **2**, el número de ranuras estáticas ; **3**, el número de bobinas; **4**, la clase de conexión entre bobinas; **5**, el número de espiras de cada bobina; **6**, la forma y las dimensiones de cada bobina; **7**, el paso de la bobina; **8**, la clase de aislamiento empleado en las ranuras; **9**, la sección del conductor y el espesor de su aislamiento.

Estos datos deben de ser los más completos y claros posible, al objeto de que pueda procederse al rebobinado del motor sin pérdida de tiempo. El mejor procedimiento es reunirlos en una hoja de datos.

8.4 EXTRACCIÓN DEL ARROLLAMIENTO ANTIGUO.

Los motores trifásicos de gran tamaño tienen las ranuras estáticas abiertas. Para extraer el arrollamiento de los mismos basta simplemente quitar las cuñas que cierran las ranuras e ir sacando las bobinas una tras otra. En los motores de pequeño y mediano tamaño las ranuras estáticas son, por el contrario, semicerradas lo cual puede suponer mayor dificultad para la extracción de las bobinas. Puesto que los arrollamientos han sido sometidos normalmente a un proceso de secado para conferirles rigidez, y algunos han sido además "encapsulados" (cubiertos con un barniz a base de resina "exposy", como protección adicional), casi siempre es necesario carbonizar previamente el aislamiento que llevan. Esto se efectúa introduciendo el estator en una estufa adecuada y ajustando convenientemente la temperatura de la misma. En muchos talleres se cortan todas las bobinas por un lado del estator y luego se extraen por el otro tirando de ellas tras haber carbonizado el aislamiento.

Se conservará intacta una de las bobinas extraídas, a fin de que su forma y dimensiones sirvan de modelo para la ejecución de las nuevas.

Durante la extracción del arrollamiento se procederá a anotar el paso de las bobinas, el número de espiras de cada bobina, el tamaño de las bobinas y el calibre y la clase de aislamiento del conductor empleado.

Antes de sacar las bobinas de las ranuras es también muy importante medir y anotar la distancia de las cabezas de bobina sobresalen para ambos lados del estator. Al confeccionar las bobinas nuevas se tendrá buen cuidado de evitar que dicha distancia sea rebasada.

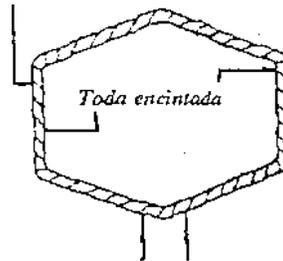
8.5 CONFECCIÓN DE LAS BOBINAS.



Las bobinas utilizadas en motores de cierto tamaño tienen forma hexagonal, es decir, seis lados; sin embargo, en motores más pequeños es corriente encontrar bobinas inicialmente rectangulares, dos de cuyos lados han sido ligeramente doblados. Sea cual fuere su forma inicial, digamos ya que las bobinas de los motores polifásicos se confeccionan siempre con auxilio de hormas (llamadas también gálibos, plantillas o moldes), y sólo una vez construidas se alojan en las ranuras correspondientes. Para motores con potencias hasta unos **75 CV** se emplean bobinas tipo madeja, es decir, bobinas en las cuales las aspiras arrolladas quedan dispuestas más bien al azar que no en capas.

Los motores trifásicos de gran tamaño suelen llevar ranuras abiertas, por cuyo motivo las bobinas acostumbran encintarse completamente. La cinta normalmente empleada a este respecto es la de algodón, si bien resulta preferible el uso de batista barnizada o de cinta de fibra de vidrio. Utilícese siempre un tipo de cinta compatible con la clase de aislamiento que lleva el motor.

Lado de la Bobina



d) Medio Refrigerante.

La corriente que circula por los devanados produce calor. Este calor debe ser disipado eficientemente a fin de prolongar la vida útil de los aislamientos ya que éstos se degradan con los efectos de la temperatura. La acción de disipación se lleva a cabo a través de un medio refrigerante que puede ser el aire o algún líquido dieléctrico como el aceite mineral o la silicona líquida. En este escrito consideraremos solamente Transformadores con medio refrigerante líquido.

e) Tanque.

Es el recipiente que contiene el conjunto núcleo-bobinas y líquido refrigerante. Se construye con lámina de acero estructural para proporcionar soporte mecánico, superficie de disipación de calor y protección contra elementos ambientales que pudieran afectar al Transformador en su operación.

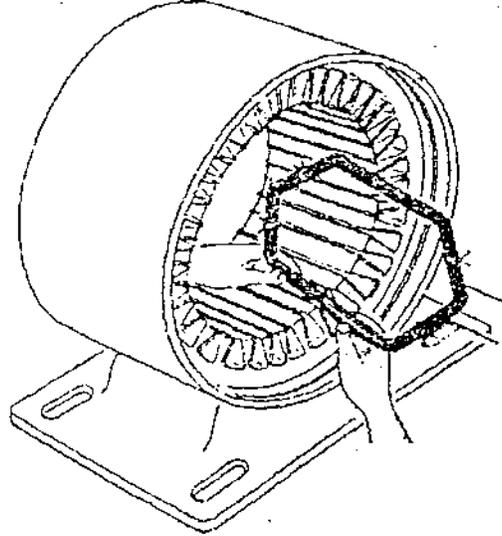
f) Accesorios.

Como auxiliares para su adecuada operación, el Transformador cuenta con un buen número de accesorios. Aquí mencionaremos solo los más importantes y que son comunes a la mayoría de los Transformadores.

Boquillas. Conocidas también como "Bushings", permiten la entrada y la salida de los conductores o guías de cada bobina a través del tanque. Están formadas por un cuerpo aislador y un conector o terminal. El aislador puede ser de porcelana o de resina epóxica.

Cambiador de Derivaciones. Por diferentes razones, el voltaje que llega al primario del Transformador es diferente al esperado y esto nos provoca que el voltaje secundario no sea el adecuado. Para evitar esta situación, se utiliza un dispositivo que permite ajustar el voltaje secundario al valor deseado, aumentando o eliminando vueltas en el devanado primario. Este dispositivo es el cambiador de derivaciones y va conectado generalmente a derivaciones o "taps" del devanado de Alta Tensión. El cambiador de derivaciones más empleado es el de 5 posiciones y su operación se ilustra en la figura 6. Normalmente se emplean cambiadores de derivaciones para operar manualmente y con el Transformador desenergizado, aunque existen también de operación automática estando el Transformador energizado.

8.6 COLOCACIÓN DE LAS BOBINAS EN LAS RANURAS.



Después de colocarlas bobinas se proceda conectarlas, amarrarlas y a impregnarlas de barniz.

Material y equipo.

Cantidad	Descripción.
1	Motor trifásico
1	Juego de desarmadores
1	Mazo o martillo de bola
1	Soplete de gas o gasolina
1	Cinzel de 6" x 1/2" "
1	Pinzas de electricista No. 9
1	Juego guantes de carnaza
	Alambre magneto según necesidades Barniz Dieléctrico y aislamientos.

DESARROLLO INSTRUMENTAL.

1. Anote los datos de placa en la hoja de datos.
2. Marque las tapas y desarme el motor.
3. Localice e identifique las terminales y tipo de conexión del motor.
4. Anote los datos siguientes:



HOJA DE DATOS CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR.

LOCALIZACIÓN.

MARCA _____	MODELO _____	TIPO _____
HP. _____	VOLTS _____ AMP. _____	FASES _____
CICLOS _____	R.P.M. _____ FRAME _____	CODE _____
TEMP. _____	ALTITUD _____	No. DE SERIE _____

CARACTERÍSTICAS DEL DEVANADO.

DATOS ELÉCTRICOS.

No. DE BOBINAS _____

No. DE GRUPOS _____

VUELTAS POR BOBINA _____

PASO BOBINA (RANURA) _____

DATOS DEL HIERRO.

DIÁMETRO INTERIOR _____

No. DE RANURAS _____

LONG. DE RANURAS _____

GRUESO DEL DIENTE _____

ANCHO MEDIA RANURA _____

No. DE POLOS _____	FASES _____	PROFUNDIDAD RANURA _____
CONEXIÓN _____	BALERO LADO COPLE _____	
ALAMBRE _____	BALERO LADO VENTILADOR _____	
	PASO _____	
	PASO _____	

OBSERVACIONES.

5. Proceda a cortar las bobinas con un cincel y desembobine el motor, limpiando completamente la carcaza.
6. Corte los aislamientos de las ranuras y colóquelos en ellas.
7. Realice las bobinas ya sea a molde o a mano y colóquelas en las ranuras.
8. Conecte los grupos de bobinas y realice las pruebas correspondientes

a) Continuidad _____

b) Contacto tierra _____

c) Polaridad _____

9. Amarre las bobinas y barnícelas.

10. Arme el motor.



Cuestionario.

1. ¿Cuál es la importancia de barnizar las bobinas en los motores?

2. Menciona la forma de identificar los grupos de bobina que pertenecen a una misma-fase.

3. Antes de amarrar las bobinas, explique la forma de verificar si la conexión realizada al motor fue la correcta.

4. Mencione cuantas formas de bobinado se usan en motores trifásicos.

UNIDAD NUEVE

IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES DE MOTORES TRIFÁSICOS

Objetivo:

Al término de la práctica el alumno:

- Podrá identificar terminales de motores que no tengan etiquetas de identidad.
- Realizara diferentes pruebas eléctricas para identificación de terminales.

CONSIDERACIONES TEÓRICAS.

9.1 FORMA DE IDENTIFICACIÓN DE TERMINALES.

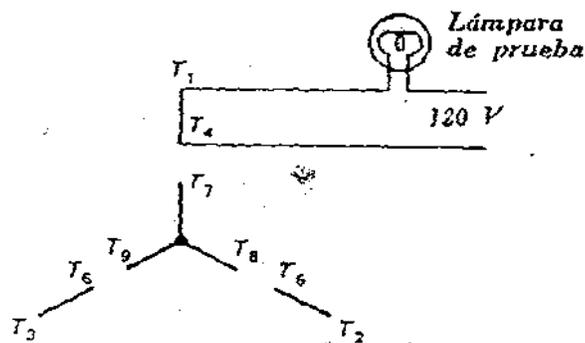
La manera de identificar los nueve terminales (sin designación) de un motor trifásico para doble tensión de servicio. Para efectuar las pruebas pertinentes es preciso disponer del siguiente equipo:

1. Un voltímetro para corriente alterna, con escala hasta unos **460 V**.
2. Una fuente de alimentación trifásica a **220** o **230 V**.
3. Una lámpara de prueba, un zumbador con su batería u otro instrumento comprobador de circuitos cualquiera.
4. Un ohmímetro.

La primera operación consiste en averiguar si el motor en cuestión está conectado en estrella o en triángulo. Para ello se efectúa una prueba de continuidad entre cada uno de los nueve terminales y todos los demás. Esta prueba, que se lleva a cabo fácilmente con auxilio de una lámpara, un zumbador u otro aparato análogo cualquiera, tiene por objeto determinar el número de circuitos interiores que componen el arrollamiento primario. Si se encuentra cuatro circuitos independientes -tres de dos terminales y uno de tres terminales- el motor estará conectado en estrella; si sólo se encuentran tres circuitos de tres terminales cada uno, el motor estará conectado en triángulo.

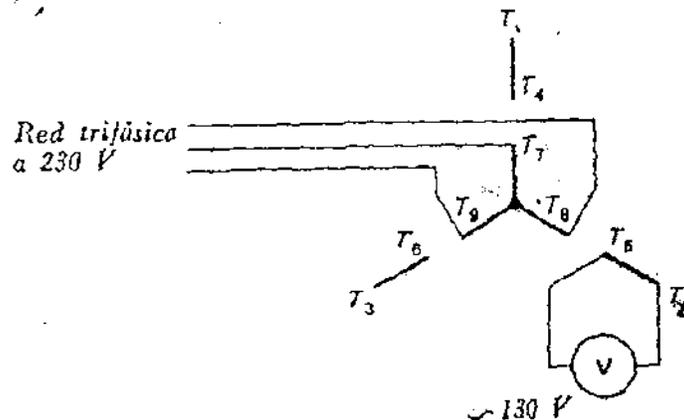
9.2 CONEXIÓN Y.

Supongamos ahora que hallamos en el primer caso, puesto que la lámpara de prueba acaba de acusar la presencia de cuatro circuitos. Evidentemente, el circuito con tres terminales será el que forma el centro de la estrella, y los otros tres circuitos de dos terminales constituirán los extremos de la misma.

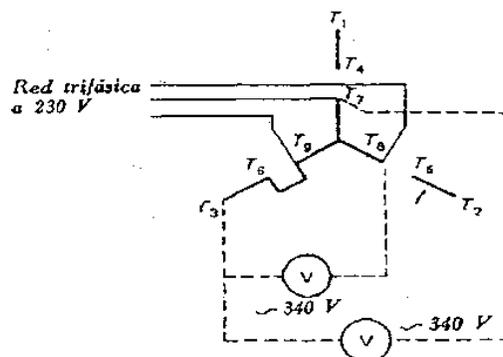


Se procederá de acuerdo con las etapas siguientes.

1. Márquense los cuatro circuitos. El de tres terminales llevará la designación definitiva T_7 T_8 T_9 , los de dos terminales llevarán las designaciones provisionales $T_1 - T_4$, $T_2 - T_5$ y $T_3 - T_6$, puesto que no se sabe todavía si cada uno está provisto de la designación que le corresponde.
2. Suponiendo el motor de **230/460 V** y en buenas condiciones, conéctense sus terminales T_7 T_8 T_9 (circuito central) a una red de alimentación trifásica a **230 V**. Los demás terminales deben permanecer libres. El motor al cual no tiene que aplicarse carga alguna se pondrá en marcha.
3. Mídase por medio del voltímetro la tensión existente entre los terminales de cada uno de los tres circuitos restantes. La tensión leída debe ser, en este caso, de $230 / \sqrt{3} = 130V$ aproximadamente.



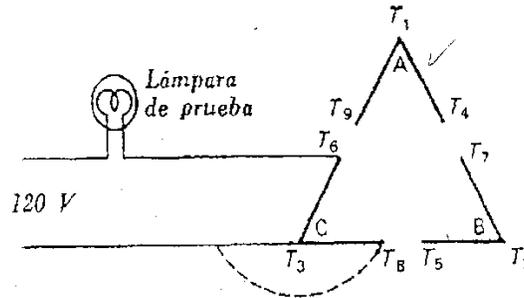
4. Conéctense entre sí los terminales provisionalmente señalados como T_6 y T_9 y mídase con el voltímetro las tensiones existentes entre T_3 y T_7 y entre T_3 y T_8 . Si ambas tensiones tienen idéntico valor, **340 V** aproximadamente, la conexión de T_6 a T_9 es correcta y la designación provisional de los terminales T_3 , T_6 y T_9 pasa a ser la definitiva. Si las dos lecturas también son iguales, pero sólo de **130 V**, es preciso permutar las designaciones provisionales de T_3 y T_6 . Si ambas tensiones son diferentes, conéctese T_9 con un terminal cualquiera de los dos circuitos exteriores restantes, y repítanse las operaciones anteriores hasta hallar dos lecturas iguales de **340 V**.



5. Identifíquense por el mismo procedimiento los seis terminales restantes, es decir, conectando T_5 a T_8 y midiendo las tensiones $T_2 - T_7$ y $T_2 - T_9$ o bien conectando T_4 a T_7 y midiendo las tensiones $T_1 - T_8$ y $T_1 - T_9$.
6. Compruébese el resultado final conectando el motor para funcionar a la tensión menor (como indica el esquema que figura en la placa de características) y alimentando el mismo con una red trifásica a dicha tensión. Si las conexiones entre terminales son correctas, el motor será capaz de arrastrar una carga normal, y sus tres fases absorberán una corriente igual y poco distinta del valor nominal especificado.

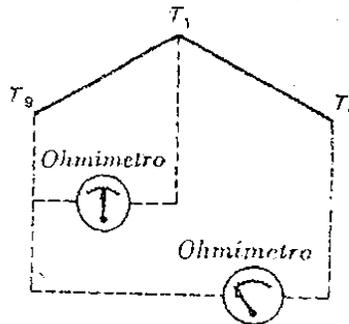
9.3 CONEXIÓN Δ.

Supóngase ahora que la lámpara de prueba ha revelado la presencia de tres circuitos de tres terminales, lo cual permite establecer que el motor en cuestión se halla conectado en triángulo.



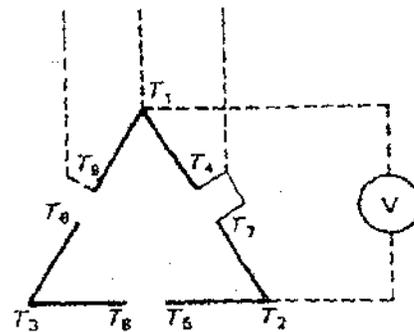
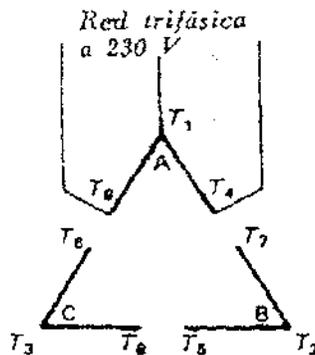
El proceso a seguir es el siguiente:

1. Márquese los tres circuitos con las designaciones provisionales respectivas **A**, **B** y **C**; las correspondientes designaciones de los terminales de cada circuito son las que muestra la figura anterior.
2. Identifíquese el terminal central del circuito **A** midiendo con el ohmímetro las resistencias entre uno cualquiera de sus terminales y los otros dos. Si las dos lecturas del instrumento son distintas, los dos terminales entre los cuales se haya medido mayor resistencia serán los extremos, y se designarán provisionalmente como **T₄** y **T₉**; el terminal restante es el central, y queda identificado definitivamente con la designación **T₁**. Si las dos lecturas son iguales, el terminal común en ambas será, el terminal central. Obsérvese que la resistencia entre **T₄** y **T₉** es doble de la existente entre **T₁** y **T₄** o **T₁** y **T₉**.



3. Repítanse las mismas mediciones con los circuitos **B** y **C**, al objeto de identificar los terminales centrales **T₂** y **T₃**.

4. Conéctese el circuito **A** a una red trifásica de alimentación a **230 V**. El motor -que se habrá dejado sin carga- pondrá en marcha, a pesar de faltarle una fase.



5. Únase el terminal que suponemos ser **T4** con uno de los extremos del circuito **B**.

6. Mídase con el voltímetro de tensión existente entre **T1** y **T2**. Si la lectura es de unos **460 V**, los terminales que se han unido pueden marcarse definitivamente con las designaciones **T4** el del circuito **A**, y **T7** el del circuito **B**. Con ello habrá quedado identificados simultáneamente **T9** y **T5**

7. Si la indicación del voltímetro es aproximadamente de **390 V**, la unión efectuada es errónea, es decir, se trata de **T4 - T5**, **T9 - T7** o **T9 - T5**. En tal caso será preciso ir probando las combinaciones restantes, hasta que el instrumento señale los **460 V**, entonces se habrán identificado finalmente **T4** y **T7**.

8.- Repítanse el mismo procedimiento con el circuito **C**, para identificar **T6** y **T8**

Al efectuar cada permutación de terminales se tendrá cuidado de desconectar previamente el motor de la red.

Si no se dispone de voltímetro pueden emplearse también en su lugar lámparas de prueba, siempre que sea posible conectar en serie un número suficiente de ellas y apreciar una diferencia de brillo en las mismas, como consecuencia de mayor o menor tensión aplicada al verificar cada circuito.

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO.

Cantidad	Descripción
1	Motor trifásico conexión Y
1	Motor trifásico conexión A
1	Multímetro.
1	Etiquetas de identidad.

Desarrollo experimental.

1. Desconecte todas las terminales del motor# **1** e identifique el tipo de conexión interna,

CONEXIÓN. _____



2. Realice el diagrama eléctrico y anote la numeración correspondiente.

3. Alimente las terminales **7, 8, 9** a una fuente de tensión de **220** volts y conecte la terminal previamente identificada con **4** a la terminal **7**, anotando los siguientes voltajes.

Terminal	Voltaje
1 - 8	_____
1 - 9	_____

Si los voltajes son iguales y aproximados a **340** volts las terminales **1-4** son las correctas, si el voltaje es igual o aproximado a **130** volts se tienen que permutar **1 - 4** pero si los voltajes son diferentes se tiene que realizar la operación con otro juego de terminales hasta llegar al valor de voltaje de **340** volts anotando por cada conexión los voltajes descritos a continuación.

Terminal	Voltaje
2 - 7	_____
2 - 9	_____
3 - 7	_____
3 - 8	_____

Anote las terminales que tiene que permutar.

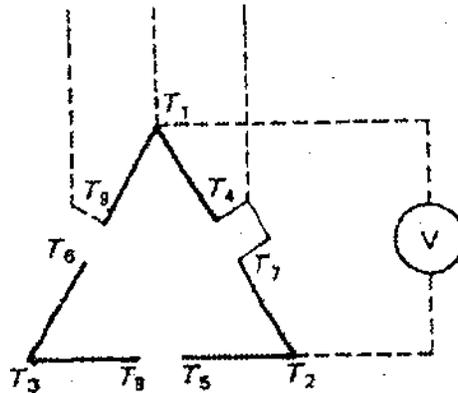
Terminal	Permuta
1 - 4	_____
2 - 5	_____
3 - 6	_____

4. Utilice el motor No. 2 y determine el tipo de conexión interna:

Conexión _____

5. Empíricamente y con la ayuda de un óhmetro, identifique las terminales del motor y realice el diagrama eléctrico recordando que las terminales centrales son las de importancia.

6. Conecte el motor tal como la muestra la figura.



El motor se pondrá en marcha y enseguida mida los voltajes siguientes:

Terminales	Voltajes.
T ₁ - T ₂	_____

Si el voltaje es aproximadamente **460 V** las terminales serán las adecuadas pero si el valor se encuentra entre los **390 V** la unión será errónea por lo que se tendrán que realizar combinaciones necesarias hasta encontrar el voltaje de **460 V** y por lo siguiente en forma automática se localizaran **T₅** y **T₉**

Terminales	Voltaje
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

7. Al término de la práctica tome el valor de corriente de los motores trifásicos y anótelos en la siguiente tabla:

FASES	A	B	C	
I en conexión Y	_____	_____	_____	Amp.
I en conexión YY	_____	_____	_____	Amp.
I en conexión Δ	_____	_____	_____	Amp.
I en conexión ΔΔ	_____	_____	_____	Amp.



Cuestionario.

1. Explique la importancia de identificar correctamente las terminales en un motor trifásico.

2. Que pasa si a un motor se alimenta a **220 volts G-A, 60 Hz** y su conexión es para trabajar a **440 volts**.

3. Explique cómo identificaría las terminales de un motor trifásico en conexión **Y** teniendo únicamente focos incandescentes.

4. Porque al identificar las terminales de un motor trifásico conexión **A** se producen voltajes arriba de **220 volts**.

5. Que sucede si un motor trifásico se conecta con alguna terminal invertida.
