

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

**TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ**

**ESTUDIO Y APLICACIÓN DE ENERGÍA SOLAR, EÓLICA, Y ENERGÍA
ELÉCTRICA DOMESTICA EN EL FUNCIONAMIENTO DE UN VEHÍCULO
QUE TRABAJE CON UN MOTOR ELÉCTRICO.**

JONATHAN ALEXANDER LEÓN PALADINES.

CRISTÓBAL JIMPSO PALADINES VALDIVIEZO.

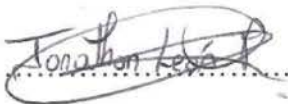
BYRON ALFONSO ZAPATA PAREDES

Director: Ing. Andrés Castillo.

2011
Quito, Ecuador

CERTIFICACION

Nosotros, Jonathan León, Cristóbal Paladines y Byron Zapata, declaramos que somos los autores exclusivos de la presente investigación y que esta es original, autentica y personal de nosotros. Todas las consecuencias que se desprendan en lo académico y lo legal serán de nuestra responsabilidad.



JONATHAN LEÓN

CI: 0704917004



CRISTOBAL PALADINES

CI: 0704917012



BYRON ZAPATA

CI: 1716583842

Yo, Ing. ANDRÉS CASTILLO declaro que, en lo que personalmente conozco, a los señores Jonathan León, Cristóbal Paladines y Byron Zapata son los autores exclusivos de la presente investigación y que esta es original y personal de ellos.

.....
ING. ANDRÉS CASTILLO

C.I.

Director

CAPÍTULO 1

1. ENERGÍAS RENOVABLES

Son aquellas que utilizan fuentes de energía naturales que se producen de forma continua y son inagotables, como flujos y ciclos naturales del planeta que son amigables con el medio ambiente.

1.1. TIPOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

1.1.1. Energía eólica

Es la energía que se obtiene a través del aprovechamiento de las corrientes de aire (viento) y que puede ser transformada en diversas formas de energía para satisfacer las diversas necesidades humanas.

1.1.1.1. ¿Cómo se produce y se obtiene?

Se produce a través del viento por medio del movimiento de las masas de aire originadas por el calentamiento no uniforme de la superficie terrestre que es producida por la radiación solar. La energía del viento es utilizada mediante el uso de aerogeneradores que son capaces de transformar la energía eólica en energía mecánica; en donde la velocidad del viento hace girar las aspas y estas a su vez conectadas a un rotor de un generador (alternador o dinamo) para producir energía eléctrica.

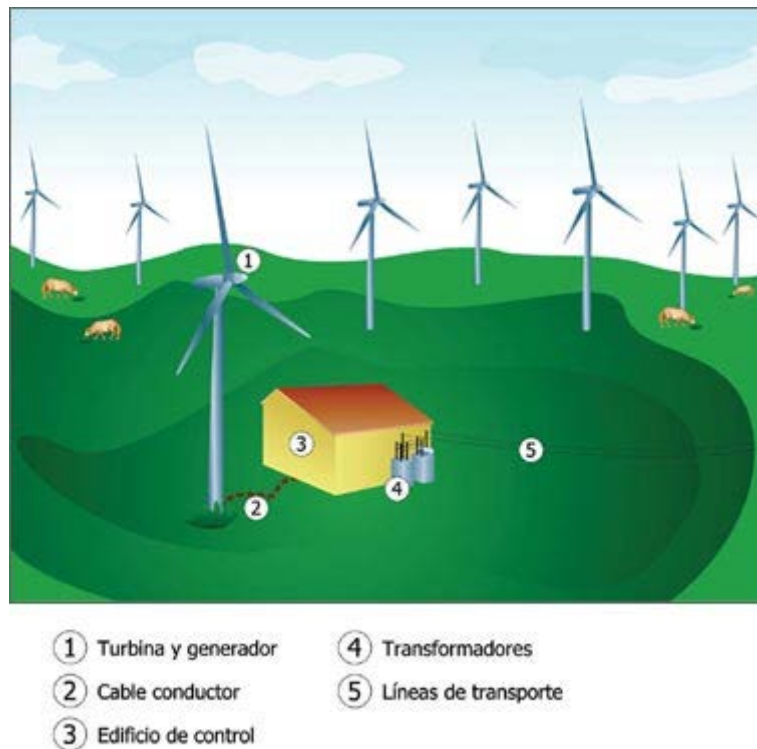


Figura 1.1. Partes que componen una central eólica convencional.¹

1.1.1.2. Aplicación

Las aplicaciones que se le pueden dar a la energía eólica son:

- **Bombeo de Agua:**

Es utilizado para riego, mediante el uso de turbinas de baja potencia y para el bombeo de agua a gran escala para alimentar estaciones hidroeléctricas

El bombeo de agua se puede realizar por medio de bombas de pistón, de tornillo helicoidal o centrifugas

¹ Esta imagen de las partes de una central eólica de generación eléctrica fue descargada y revisada a través de la pagina web www.electricidad-gratuita.com/energia-eolica.html.

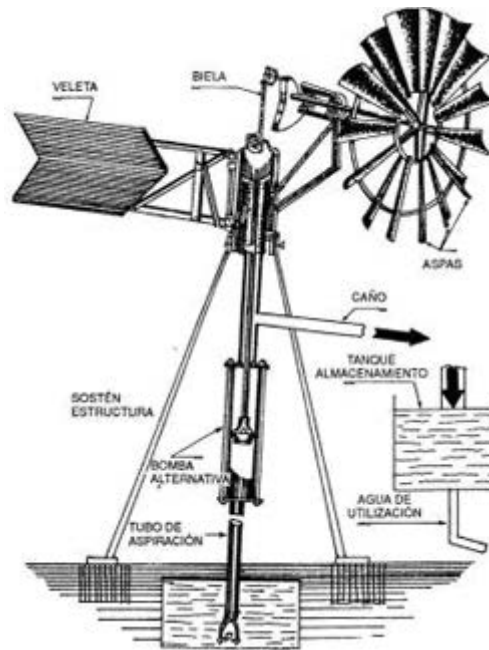


Figura 1.2. Bomba de agua de pistón ²

- **Bombeo y Compresión del aire:**

Su utilización es parecida al bombeo de agua, en este caso la potencia mecánica se manifiesta en la impulsión o compresión del fluido.

Se lo puede utilizar para:

El acondicionamiento y refrigeración de almacenes.

- ✓ Refrigeración de Productos Agrarios.
- ✓ Acondicionamiento de naves de cría de ganado.

- **Producción de Energía Eléctrica:**

Se da mediante el uso de aeroturbinas que se acoplan a un generador eléctrico transformando la energía mecánica en energía eléctrica, los mismos que pueden ser dinamos que generan corriente continua o alternadores que generan corriente alterna.

² Esta imagen sobre el uso de molinos de viento en el bombeo de agua fue descargada en www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/676/eolica_y_molinos/capitulo_3/cap_3_5.htm

Esta aplicación obliga a que la energía producida sea almacenada o conectada directamente a una red eléctrica pudiendo servir para:

- ✓ Alumbrado y usos eléctricos diversos
- ✓ Calentamiento de agua
- ✓ Secado de Cosechas.

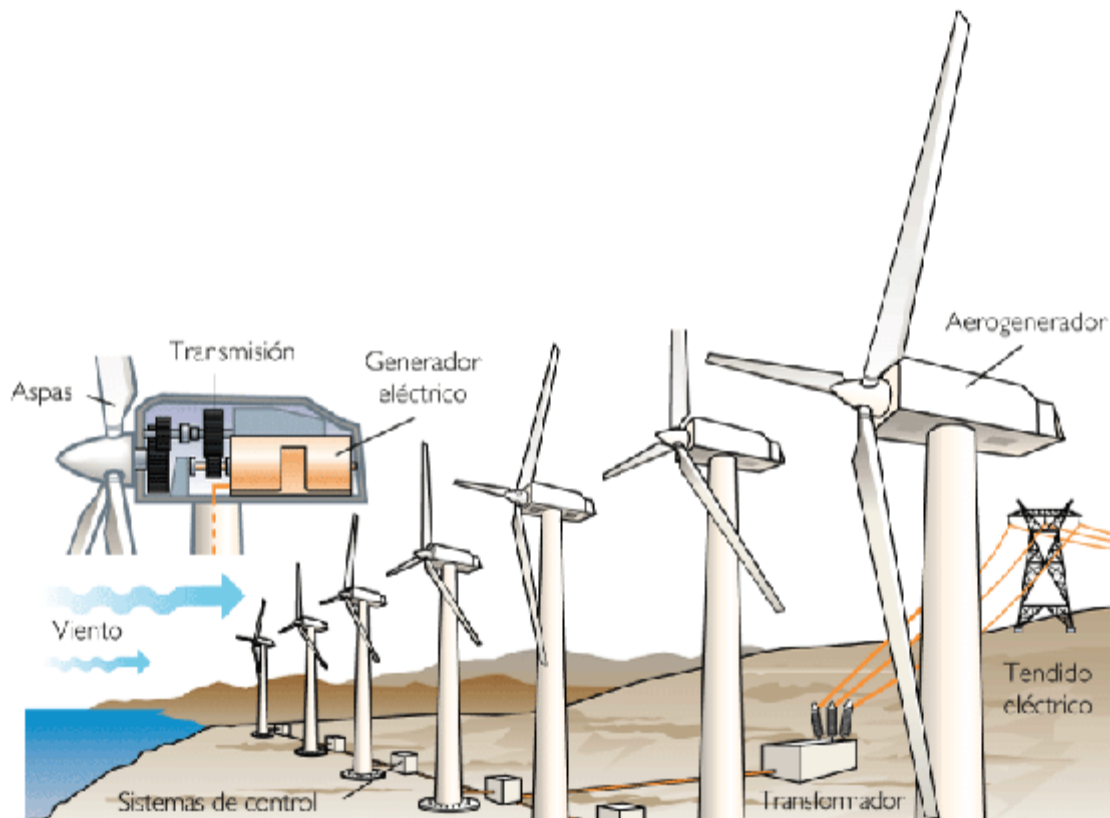


Figura 1.3. Central eólica de producción de electricidad.³

1.1.1.3. Ventajas

- Energía limpia e inagotable
- No produce ninguna emisión y no se agota en un cierto plazo.

³ Esta figura de una central eólica de producción de electricidad muestra el funcionamiento de este sistema en forma detallada y fue descargada en el sitio www.kalipedia.com/fisica-quimica/tema/trabajo-energia-calor/centrales-eolicas.html?x=20070924klpcnafyq_251.Kes&ap=1

- Una sola turbina de viento de un megavatio (1 MW) que funciona durante un año puede reemplazar la emisión de más de:
 - ✓ 1.500 toneladas de dióxido de carbono.
 - ✓ 6.5 toneladas de dióxido de sulfuro.
 - ✓ 3.2 toneladas de óxidos del nitrógeno.
 - ✓ 60 libras de mercurio.
- Estabilidad del costo de la energía
- Reducción en la dependencia de los costos de importación de combustibles de cada país.
- Desarrollo económico local mediante la generación de puestos de trabajo durante la construcción y mantenimiento de los maquinas.
- No produce impactos ambientales perjudiciales.
- Frena el agotamiento de combustibles fósiles, contribuyendo a evitar el cambio climático.

1.1.1.4. Inconvenientes

- Dependen de condiciones atmosféricas
- Impacto visual: su instalación genera cambio en los paisajes naturales existentes.
- Contaminación acústica por el sonido que genera los rotores y el rose de las aspas con el aire.
- Debe estar ubicada en zonas de vientos constante y de intensidad adecuada.
- Debido a su gran altura y dimensión los aerogeneradores pueden provocar muertes de aves endémicas de la zona por colisión con las aspas.

- Mayor costo de construcción de líneas de alta tensión por el uso de grandes cantidades de cables más gruesos y torres más altas para acomodar correctamente los picos de viento para transportar la energía proveniente de los parques eólicos generalmente ubicados en lugares apartados de las zonas pobladas.

1.1.2. Energía solar

Es la energía proveniente del sol, se la obtiene mediante la captación de luz y calor.

1.1.2.1. Funcionamiento

Hay dos formas de aprovechamiento de la energía solar estas pueden ser como fuente calorífica para sistemas térmicos solares y como fuente de producción de electricidad para sistemas solares fotovoltaicos.

1.1.2.2. Tipos de Sistemas Solares

a) Sistema Térmico Solar

Consiste en el aprovechamiento de la energía solar para producir calor el mismo que puede utilizarse para calentar agua para aplicaciones domésticas como consumo de agua doméstico, climatizador de piscinas, etc.

Los sistemas de energía solar están compuestos por captadores solares que absorben la energía que emite el sol (radiación solar directa, difusa y reflejada) por medio de sus revestimientos que pueden ser de pintura o de superficies selectivas como el vidrio, metal o plásticos especiales EPDM (etileno-propileno), etc., para calentar el agua que se encuentra en los tubos del captador.

El fluido calentado viaja a través de un circuito hidráulico compuesto por tuberías, válvulas, bombas, etc., al sistema de acumulación constituido por un depósito el cual a través de un intercambiador de calor cede su calor al agua de consumo que se encuentra en su interior; mientras que el líquido enfriado es llevado de nuevo hacia el colector solar para repetir el ciclo.

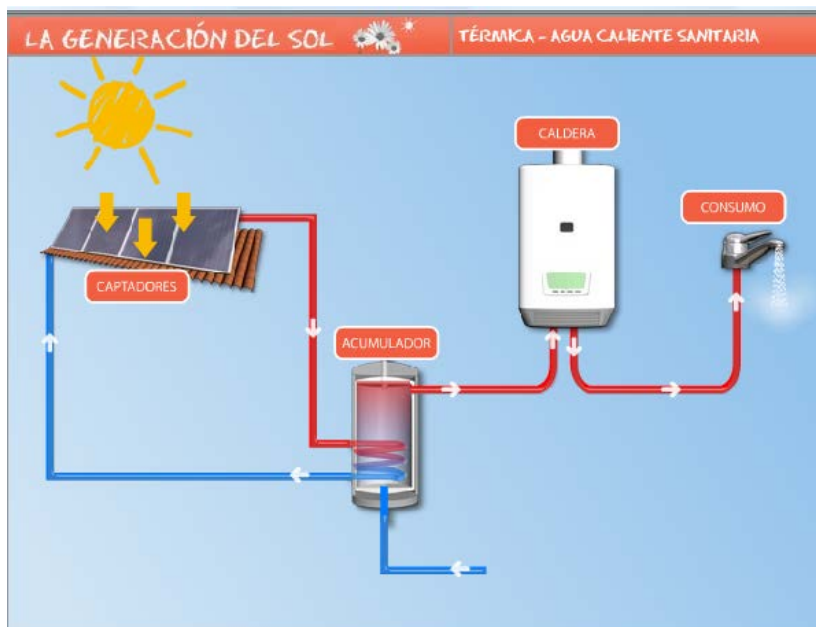


Figura 1.4. Esquema de un sistema solar térmico de agua sanitaria.⁴

⁴ Esta figura sobre el proceso de calentamiento de agua sanitaria para vivienda fue descargado en el sitio web: www.lageneraciondelsol.com/flash/lomasbasico/termica_aguacaliente.swf



Figura 1.5. Esquema de un sistema solar térmico de una piscina.⁵

b) Sistema Solar Fotovoltaico

Consiste en obtener electricidad a través de paneles solares. Estos paneles están constituidos por un conjunto de celdas solares encargadas de absorber la energía luminosa del sol (fotones) y transformarla en electricidad (electrones).

La producción de electricidad en los paneles solares se da gracias a elementos semiconductores en especial el **Silicio** que es el material más común y fácil de encontrar en la Tierra y actualmente es el más utilizado en la fabricación de paneles solares fotovoltaicos. Cuando la luz del sol incide sobre las células solares, los fotones transmiten su energía a los electrones del material

⁵ Esta figura sobre el proceso de calentamiento de piscinas fue descargado en el sitio web: www.lageneraciondelsol.com/flash/lomasbasico/termica_climatizacionpiscinas.swf

semiconductor separándolos de él, produciendo así un flujo de electrones (generación de electricidad) que es capaz de circular por un circuito externo.

La energía producida en los paneles solares es corriente continua que se almacena en acumuladores para luego ser transformada a alterna a través de un inversor y pueda ser utilizada en casas, industrias y comercios.

Cada célula de silicio de aproximadamente de 6 cm de diámetro a la luz solar directa es capaz de generar 0,5 Amp. a 0,5 voltios (equivalente a un promedio de 90 W/m², en un rango de usualmente 50-150 W/m², dependiendo del brillo solar y la eficacia de la celda). Para incrementar la tensión de salida de la electricidad las células solares deberán estar conectadas en serie.

b.1 Componentes

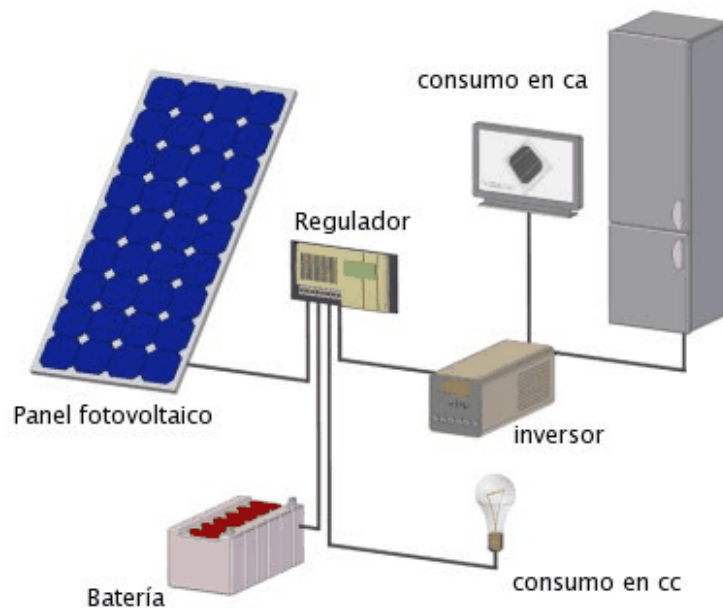


Figura 1.6. Componentes y esquema de instalación de un sistema solar fotovoltaica⁶

⁶ Esta figura muestra el esquema de instalación de los componentes de un sistema solar fotovoltaico el mismo que fue descargado en el sitio www.adrformacion.com/cursos/solarfoto/leccion1/tutorial4.html

- **Generador Solar:** Es un conjunto de paneles solares fotovoltaicos que absorben la energía radiante del sol y la transforman en energía eléctrica.
- **Acumulador:** Almacena la energía producida por las células solares la misma que puede ser utilizada.
 - ✓ A partir de éste utilizar una línea eléctrica para lámparas y elementos de consumo de corriente continua.
 - ✓ Transformar a través de un inversor la corriente continua a alterna para los electrodomésticos y equipos, etc.
- **Regulador de Carga:** Evita que ocurran sobrecargas o descargas excesivas en el acumulador con el fin de que el sistema trabaje a su máxima eficiencia alargando su vida útil.
- **Inversor:** Transforma la corriente continua de 12V – 24 V en corriente alterna 220V a 50 Hz que es la corriente que utilizan la mayoría de aparatos; en nuestro país la tensión es de 110V - 220 V a 50 - 60 Hz.

1.1.2.3. Rendimiento

SISTEMAS SOLARES				RENDIMIENTO APROXIMADO
Celulas	Fotovoltaicas	de	Silicio	10% - 12%
	Policristalino			
Celulas	Fotovoltaicas	de	Silicio	15 % - 17%

Monocristalino	
Celulas Fotovoltaicas de Silicio Amorfo	6% - 8%
Colectores Solares (Térmica)	70 %

Tabla 1.1. Rendimiento de los diferentes tipos de sistemas solares

1.1.2.4. Tecnología y aplicaciones

- **Energía solar pasiva:** Aprovecha la radiación solar sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos y se lo puede aplicar en hornos solares, cocinas solares, chimeneas solares, etc.



Figura 1.7. Horno Solar⁷

⁷ Esta figura muestra el horno solar Sun Cook 200 que fue descargado y se puede adquirir en el sitio www.energialivre.com.pt/horno_solar.htm

- **Energía solar térmica:** Aprovecha la radiación solar para calentar agua y poderla aplicar en aguas sanitarias, calefacción de espacios, calentamiento de piscinas, etc.

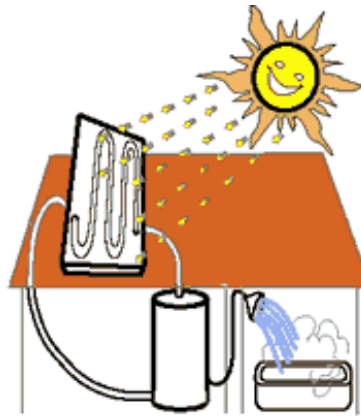


Figura 1.8. Calentamiento de aguas sanitarias.⁸

- **Energía solar fotovoltaica:** Para generar electricidad mediante el uso de células solares compuestas por materiales semiconductores que se alteran con la radiación solar.

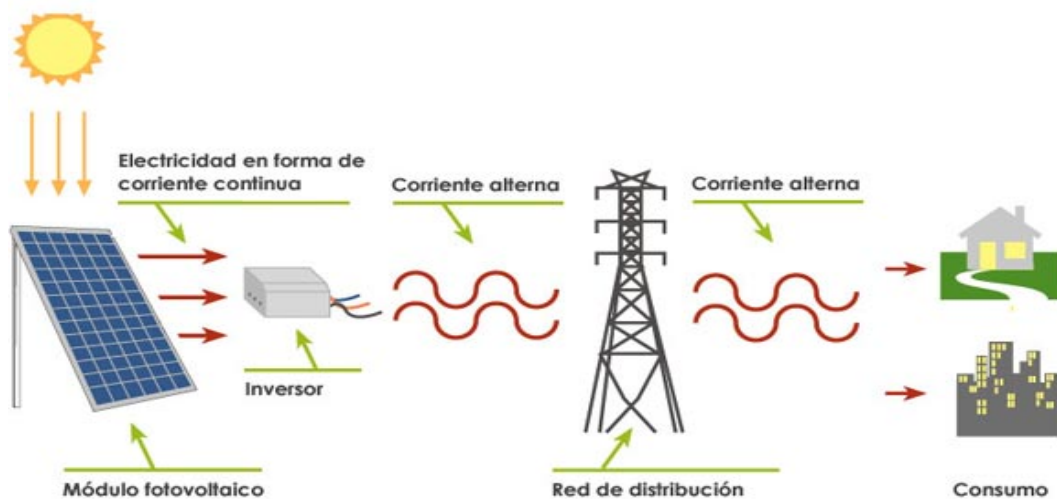


Figura 1.9. Estructura de una planta solar de generación eléctrica⁹

⁸ www.fotosok.com/creditocasa/images/energia-solar-termica.gif

⁹ <http://delfostec.com/enfoto.html>

- **Energía solar termoeléctrica:** Se aplica en la producción de electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico) que mueve un alternador igual que una central térmica convencional.



Figura 1.10. Central termosolar con colectores solares cilindro-parabólicos¹⁰

- **Energía solar híbrida:** Consiste en combinar la energía solar con otra clase de energía entre ellas la generada por centrales térmicas convencionales, biomasa, combustibles fósiles y eólica.

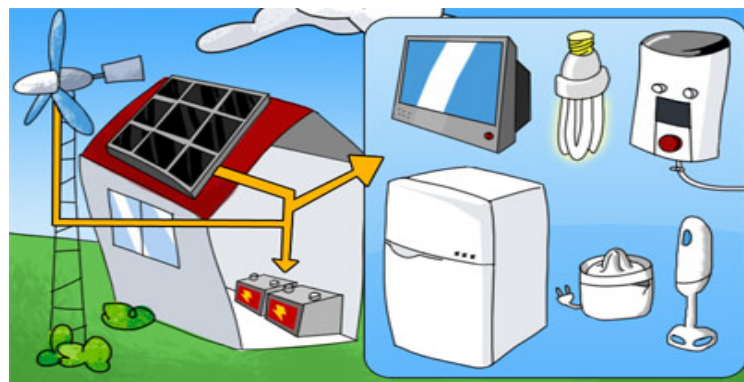


Figura 1.11. Sistema híbrido eólico-solar¹¹

¹⁰ html.rincondelvago.com/000704307.jpg

¹¹ www.casarenovable.org/img/mejoresopciones/opcion-EOLICO-SOLAR.jpg



Figura 1.12. Central eléctrica termosolar-biocombustible.¹²

1.1.2.5. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos también llamados paneles solares es un conjunto de células fotovoltaicas que generan electricidad a partir de la incidencia de luz sobre ellas.

Un módulo fotovoltaico típico consta de las siguientes partes:

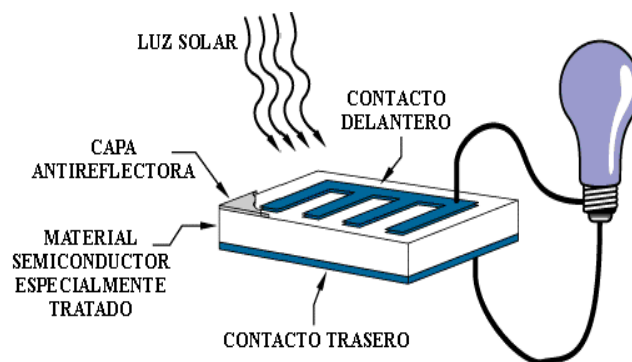


Figura 1.13. Partes de un módulo fotovoltaico¹³

¹² www.nodesconectes.com/imagenes/ingenieria/planta002.jpg

¹³ www.greenestenergy.com/energia_clip_image002.png

- Placa de vidrio que las protege.
- Capa antirreflexiva para aumentar la luz solar.
- Contactos o electrodos delanteros y traseros.
- Capas semiconductoras en donde los electrones comienzan y terminan su viaje. La corriente eléctrica provocada por la luz solar se mueve desde el electrodo delantero pasando por un circuito en donde puede ser usada para suministrar de energía a una lámpara o herramienta o ir a un acumulador, etc. y de ahí regresar a la celda solar por medio del electrodo trasero.

Los módulos están diseñados para proveer un cierto nivel de voltaje, como por ejemplo el de un sistema común de 12 voltios. La corriente producida depende directamente de cuánta luz llega hasta el módulo.

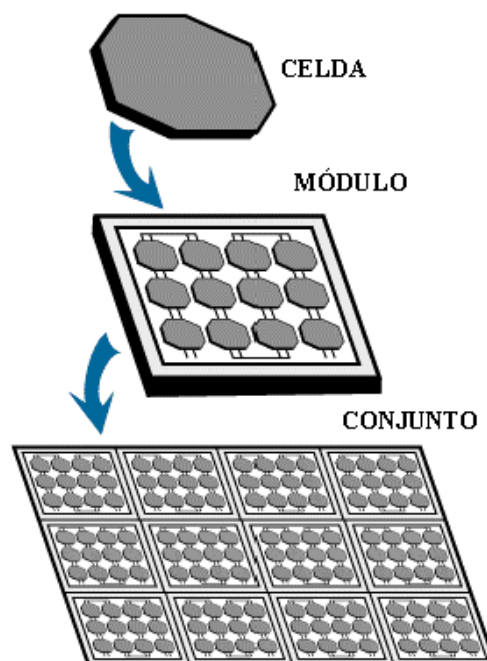


Figura 1.14. Estructura de un panel solar¹⁴

¹⁴ http://www.electricasas.com/wp-content/uploads/2008/11/array_sp1.gif

1.1.3. Energía eléctrica doméstica

Es también conocida como energía domiciliaria o energía residencial definida como la corriente alterna que es utilizada en el suministro de energía eléctrica en las residencias.

TENSIONES O VOLTAJES Y FRECUENCIAS DE CORRIENTE ALTERNA UTILIZADAS POR DIFERENTES PAÍSES

EUROPA

PAIS	TENSIÓN <i>en volt (V)</i>	FRECUENCIA <i>en hertz (Hz)</i>
Albania	220	50
Alemania	220	50
Austria	220	50
Azores	220	50
Bélgica	220	50
Bulgaria	220	50
Checoslovaquia	220	50
Dinamarca	220	50
España*	220	50
Estonia	220	50
Finlandia	220	50
Francia	220	50

Gibraltar	240	50
Grecia	220	50
Holanda	220	50
Hungría	220	50
Irlanda	220	50
Islandia	220	50
Italia	220	50
Latvia	220	50
Lituania	220	50
Luxemburgo	220	50
Malta	240	50
Mónaco	220	50
Noruega	220	50
Polonia	220	50
Portugal	220	50
Reino Unido	220	50
República Eslovaca	220	50
Rumania	220	50
Rusia	220	50
Suecia	220	50
Suiza	220	50
Yugoslavia	220	50

Cuadro 1.1 Tensión y frecuencia de los países europeos

AMERICA DEL NORTE

PAIS	TENSIÓN <i>en volt (V)</i>	FRECUENCIA <i>en hertz (Hz)</i>
Bahamas	120	60
Bermuda	120	60
Canadá	120	60
Estados Unidos de América	120	60
Groenlandia	220	50
México	125	60

Cuadro 1.2 Tensión y frecuencia de los países de América del Norte

AMERICA CENTRAL Y EL CARIBE

PAIS	TENSIÓN <i>en volt (V)</i>	FRECUENCIA <i>en hertz (Hz)</i>
Antillas Holandesas	220	50
Barbados	115	50
Costa Rica	120	60

Cuba	120	60
El Salvador	115	60
Guadalupe, Isla	220	50
Guatemala	120	60
Honduras	110	60
Jamaica	110	50
Martinica, Isla	220	50
Nicaragua	120	60
Panamá	120 / 208	60
Puerto Rico	120	60
República Dominicana	110	60
San Kitts, Isla	230	60
Trinidad-Tobago, Islas	115 / 230	60

Cuadro 1.3. Tensión y frecuencia de los países de América Central y El Caribe

AMERICA DEL SUR

PAIS	TENSIÓN	<i>en</i>	FRECUENCIA
	<i>volt (V)</i>		<i>en hertz (Hz)</i>
Argentina	220		50
Bolivia	110 / 220		50

Brasil	110 / 220	60
Chile	220	50
Colombia	110 / 220	60
Ecuador	120	60
Guyana (francesa)	110	50 / 60
Paraguay	220	50
Perú	110 / 220	50 / 60
Surinam	115	60
Uruguay	220	50
Venezuela	120	60

Cuadro 1.4 Tensión y frecuencia de los países de América del Sur.

CAPÍTULO 2

2 MOTOR ELÉCTRICO

Es un dispositivo eléctrico rotatorio que transforma la energía eléctrica en energía mecánica y que actualmente se lo puede encontrar en diversas utilidades acordes a las necesidades humanas como: ferrocarriles, autos, frigoríficos, lavadoras, etc.

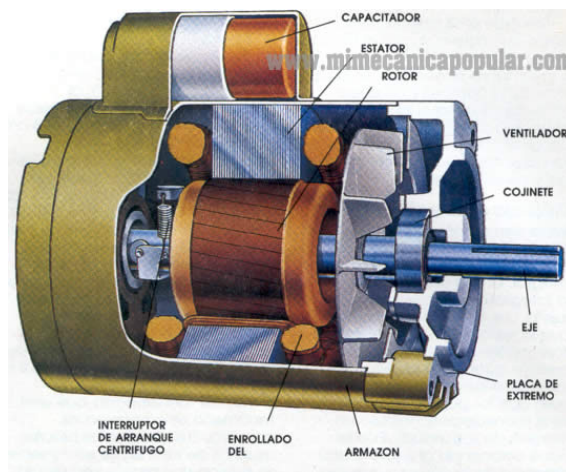


Figura 2.1. Motor eléctrico¹⁵

2.1 PARTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO

Son tres las partes fundamentales de un motor eléctrico:

2.1.1 Carcasa

Es la parte externa que protege a los demás componentes del motor, y además sirve como parte del circuito magnético del motor.

¹⁵ www.mimecanicapopular.com/imgnotas14/trabaja_motor_electrico-a.jpg



Figura 2.2. Carcasa¹⁶

2.1.2 Inducido o Rotor

Es la parte móvil del motor y la salida del eje. Está constituido por un conjunto de chapas magnéticas denominado entre-hierro y un bobinado (núcleo), eje y colector.

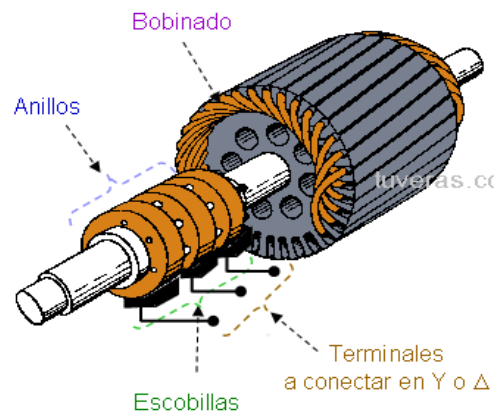


Figura 2.3. Rotor¹⁷

¹⁶ experimento.wikispaces.com/2.%20Principios%20de%20maquinas?f=print

¹⁷ www.tuveras.com/maquinaasincrona/rotorbobinado.gif

2.1.3 Inductor o Estator

Consiste en las masas polares y bobinas de campo, fijas a la carcasa.

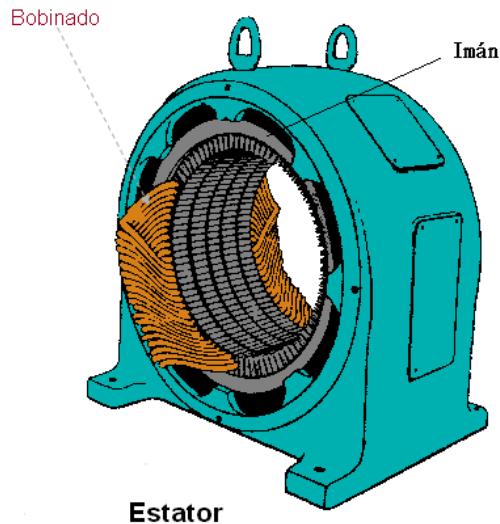


Figura 2.4. Estator¹⁸

2.2 FUNCIONAMIENTO

Los motores, tanto, de corriente continua como los de corriente alterna tienen el mismo principio de funcionamiento; basados en la circulación de una corriente eléctrica por un conductor (bobina) que se encuentra dentro de la acción de un campo magnético. Es decir, cuando al bobinado del rotor del motor eléctrico se le aplica una corriente, esta interactúa con el campo magnético que se genera con las masas polares y se produce el movimiento del eje del motor; generando una energía mecánica. El movimiento rotatorio del eje se produce por la atracción y repulsión de los polos magnéticos del rotor (electroimán) con los del estator (imán permanente); cuando el electroimán gira parcialmente, su polo norte se

¹⁸ www.tuveras.com/maquinaasincrona/rotorbobinado.gif

enfrenta cara a cara con el polo sur del estator, pero de inmediato se produce un cambio de corriente en las escobillas del rotor debido a que el conmutador a girado y recibe la corriente de la pila en el otro sentido obligándolo así al rotor a seguir girando por efecto del repele magnético.

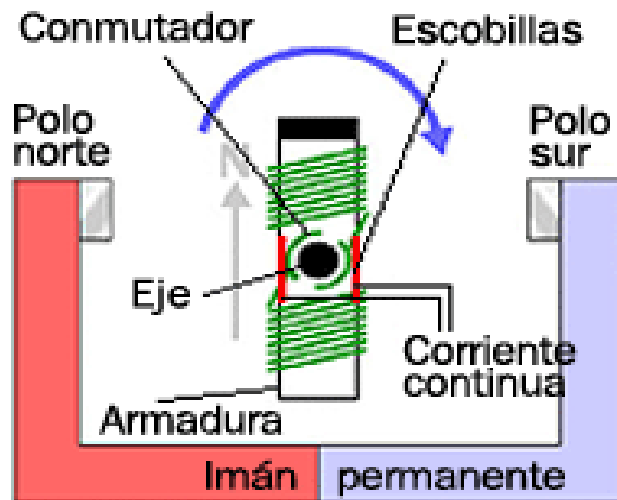


Figura 2.5. Esquema de funcionamiento de un motor eléctrico¹⁹

Corriente eléctrica + Campo Magnético = Movimiento

2.3. POTENCIA Y PAR EN UN MOTOR ELÉCTRICO

2.3.1. Potencia

Es la capacidad o rapidez que se emplea para realizar un trabajo. Viene dada por:

$$P = W/t \text{ }^{20}$$

Donde:

¹⁹ www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema9/imagenes/motor1.gif

²⁰ NAVARRO SALAS, Rodolfo, Máquinas eléctricas y sistemas de potencia, página 52.

P= potencia.

W= trabajo realizado.

t= tiempo en que se realice el trabajo.

La unidad de potencia mecánica de los motores viene expresada en: Joule por segundo (J/s) = Watts (w) pero a menudo se utiliza en áreas industriales el kw= 1000 w. y el caballo de fuerza HP. La relación entre estas unidades viene dada por la expresión:

$$HP = \frac{\textit{kilowatts}}{0,746}$$

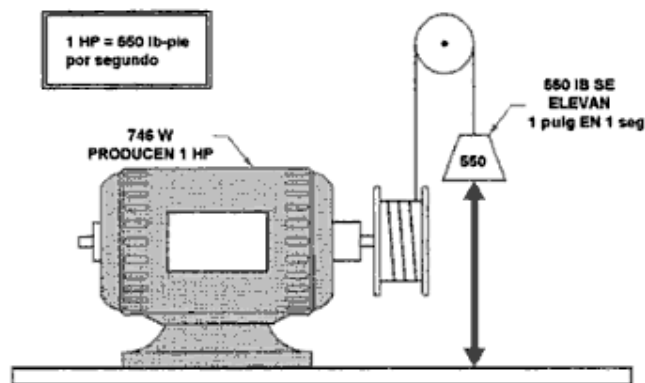


Figura 2.6. Potencia de un motor eléctrico²¹

En el rendimiento de la potencia mecánica de los motores intervienen dos factores importantes: su **velocidad** de rotación y momento de torsión o **par** de giro del motor.

²¹ ENRIQUEZ Harper, Gilbert. El ABC del control electrónico de las Maquinas Eléctricas. México DF. Editorial Limusa. 2003. Pág. 143.

2.3.2. Par

Es la fuerza de torsión que se aplica sobre un eje o flecha de un motor y es proporcional a la corriente, a la densidad del campo magnético de la armadura y bobinas de campo, basado en el producto Ni donde:

N = numero de espiras de la bobina.

I = es la cantidad de corriente Amperes que atraviesa el enrollamiento.

El par o momento de torsión se lo puede determinar por la expresión:

$$T = F \times R$$

Donde:

T = Par en *lb.pie* ó *Nm*

R = Radio a través del cual actúa la fuerza.

F = Fuerza

La relación entre potencia, velocidad y par se expresa:

$$HP = \frac{\text{Torque} \times \text{Velocidad (rpm)}}{5252}$$

5252

A partir de esta fórmula deducimos que:

- A menor velocidad de operación del motor mayor torque.
- A mayor velocidad de operación del motor menor torque.

Por lo general los motores lentos son más grandes, pesados y más caros en comparación con los motores de altas revoluciones.

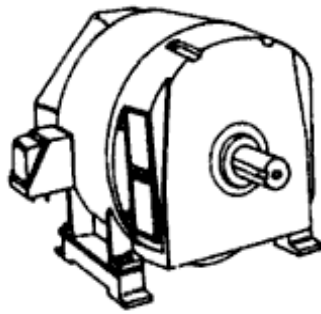


Figura 2.7. Motor de 100 Kw, 2000 rpm tiene una masa de 300 Kg²²

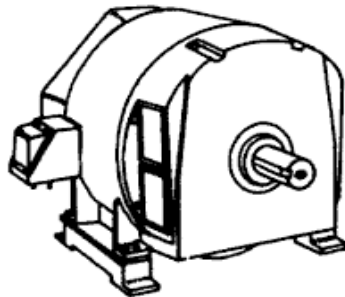


Figura 2.8. Motor de 100 Kw, 1000 rpm tiene una masa de 500 Kg ²³

2.4. CARACTERÍSTICAS PAR – VELOCIDAD DE LOS MOTORES

El diseño y tipo de motor proporcionan el par-velocidad con la que se mueven los motores eléctricos:

²² ENRIQUEZ Harper, Gilbert. El ABC del control electrónico de las Maquinas Eléctricas. México DF. Editorial Limusa. 2003. Pág. 144.

²³ ENRIQUEZ Harper, Gilbert. El ABC del control electrónico de las Maquinas Eléctricas. México DF. Editorial Limusa. 2003. Pág. 144.

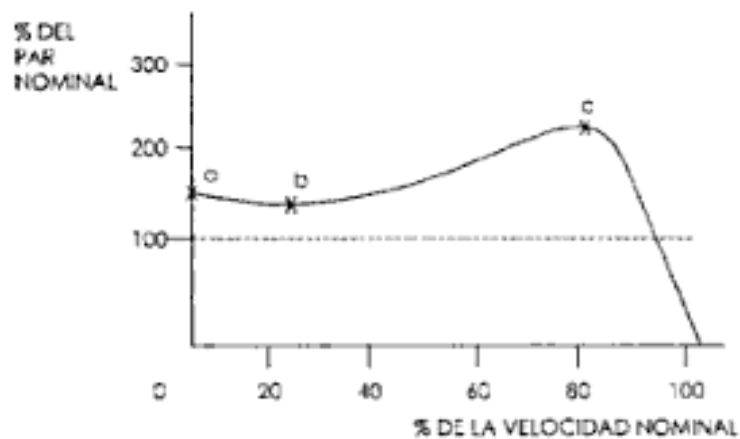


Figura 2.9. Curva típica par-velocidad.²⁴

Son tres los factores importantes que se deben considerar en la ilustración:

- a) **Par de arranque.**- es el par a velocidad cero.
- b) **Par de levantamiento.**- es el par mínimo durante el lapso de aceleración de reposo a la velocidad de operación.
- c) **Par de ruptura.**- es el par máximo que puede realizar el motor antes de su caída.

2.5. TIPOS

2.5.1. Motores de Corriente Continua

El motor de corriente continua es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica y es la más versátil en la industria por su facilidad de control de regulación de la velocidad desde el vacío hasta plena carga.

²⁴ ENRIQUEZ Harper, Gilbert. El ABC del control electrónico de las Maquinas Eléctricas. México DF. Editorial Limusa. 2003. Pág. 145.



Figura 2.10. Motor de corriente continúa de un torno²⁵

De acuerdo a sus características constructivas los motores de corriente continua se clasifican en:

2.5.1.1. Motor en serie

El motor en serie como su nombre lo indica sus arrollamientos están conectados en serie con el inducido.



Figura 2.11. Motor en serie²⁶

En la aplicación de este tipo de motores, es recomendable utilizarlo en accionamientos mecánicos; en donde siempre haya presencia de carga, como: un

²⁵ www.telecable.es/personales/cosmos/fotos/lmg_1314.jpg

²⁶ 1.bp.blogspot.com/_8jaslqrITQg/SOTRkXihVHI/AAAAAAAAAC0/Opqn6EkbZuk/s1600-h/Motor+serie+2.JPG

tren de engranajes, trenes eléctricos, grúas y malacates eléctricos. No es recomendable aplicarlos con un sistema de bandas debido a que el rompimiento de la banda originaría que el motor trabaje en vacío, provocando que la velocidad del inducido del motor aumente y con ello su fuerza contraelectromotriz inducida, E_c .

Como la tensión de alimentación $E_1 = E_c + I.R$ al aumentar E_c la intensidad disminuye al igual que el campo magnético, ocasionando que el inducido aumente de velocidad, culminando con la destrucción del motor; ya que ni las delgas del conmutador ni los devanados del inducido soportan fuerzas centrífugas extremas, ocasionando su desprendimiento inmediatamente.

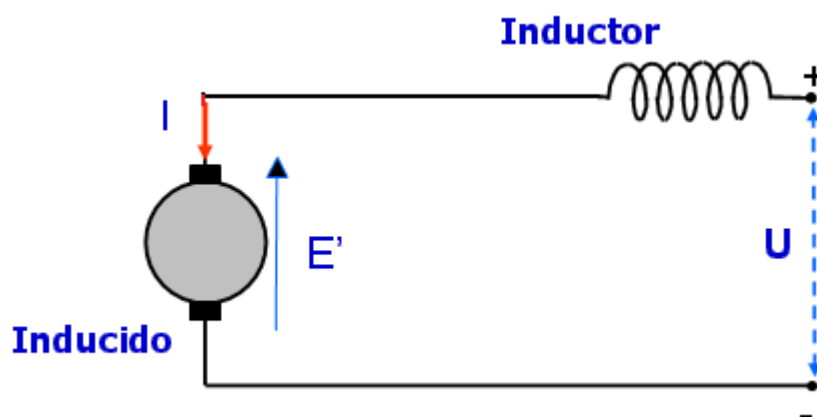


Figura 2.12. Esquema de un motor en serie

Las principales características de este tipo de motor son:

- Se acelera descontroladamente cuando trabaja en vacío.
- A cualquier velocidad su potencia es casi constante.
- Posee un par alto de arranque.

2.5.1.2. Motor Shunt

El motor shunt o motor de derivación tiene sus arrollamientos conectados paralelamente al inducido y directamente a la fuente. Debido a este tipo de conexión, la intensidad del campo no depende de la corriente que circula por el inducido.



Figura 2.13. Motor Shunt MGFRK²⁷

En el diseño de este tipo de motor se utiliza una resistencia de arranque o de aceleración conectada en serie con el inducido, para limitar la corriente que será suministrada al inducido en el momento del arranque. Esta resistencia tiene la función de proteger los arrollamientos del rotor, y reducir el par motor en el momento del arranque, hasta que el motor obtenga su velocidad de funcionamiento.

²⁷ www.ctiautomation.net/Images/Lenze/Lenze-MGFRK-DC-Motors.jpg

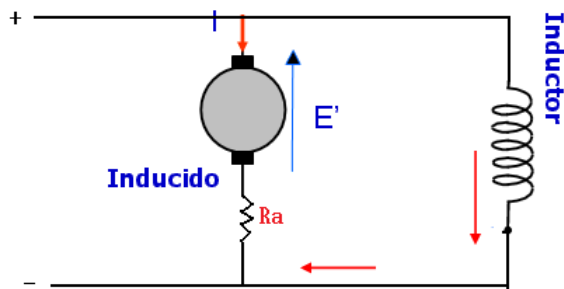


Figura 2.14. Esquema de un motor shunt

Estos motores se emplean frecuentemente en el accionamiento de cargas variables.

Las principales características de este tipo de motores son:

- Tienen una buena regulación de la velocidad de trabajo a diferentes condiciones de carga.
- Tienen un par motor de arranque bajo.

2.5.1.3. Motor Compound o motor compuesto

El motor compound está compuesto por dos conjuntos de devanado de campo, uno en serie y otro en derivación con el inducido, las mismas que al estar unidas la fuerza electromotriz de ambos campos se suman logrando así adquirir las características de los motores de derivación y los de en serie que son:

- Un par alto de arranque.
- Velocidad constante y razonable al accionar cargas variables.



Figura 2.15. Motor Compound²⁸

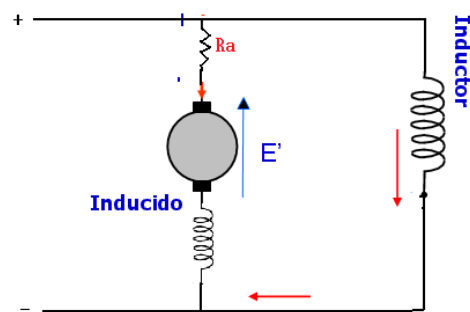


Figura 2.16. Esquema de un motor compound

2.5.1.4. Motor eléctrico sin escobillas

El motor eléctrico sin escobillas, como su nombre lo indica, no posee escobillas, ni conmutador para efectuar el cambio de polaridad en el rotor. Entre las ventajas que brindan estos motores, en comparación con los distintos motores de corriente directa de las mismas condiciones y potencia, tenemos:

- Su mantenimiento es casi nulo.
- No emanan partículas de polvo por desgaste de las escobillas.
- Poseen una vida útil mayor.

²⁸ www.alibaba.com/product-gs/201110161/DC_Motor_Compound_Motor_/showimage.html

- No producen arcos eléctricos; por lo que puede trabajar en zonas de alta inflamabilidad.
- Son más eficientes.

Entre las desventajas de estos motores, tenemos:

- Son muy costosos
- Son de tamaño mayor, en comparación con el resto de motores, por la implementación de los circuitos eléctricos y componentes electrónicos; pero su motor, en sí, es más pequeño que el resto de motores de la misma potencia.

Estos motores en su gran mayoría se aplican en:

- Vehículos y aviones a radiocontrol que funcionan con pilas.
- Lectores de CD-ROM.
- Ventiladores de ordenadores.



Figura 2.17. Motor sin escobillas.

De acuerdo al diseño y tipo de construcción, estos motores, se clasifican en:

2.5.1.5. Clasificación de los motores eléctricos sin escobillas

a) Motores de conmutación electrónica

Este tipo de motores poseen un estator devanado y un rotor del tipo de imán permanente. Contiene un sensor (transductor) de posición del rotor que sirve como enlace con el sistema de conmutación de estado sólido.

La conmutación electrónica se la puede realizar, a través, de la detección fotoeléctrica, transductores magnéticos, de efecto Hall, sensores electrostáticos, y bobinas de inducción electromagnética. Siendo la más empleada, la primera anteriormente mencionada.

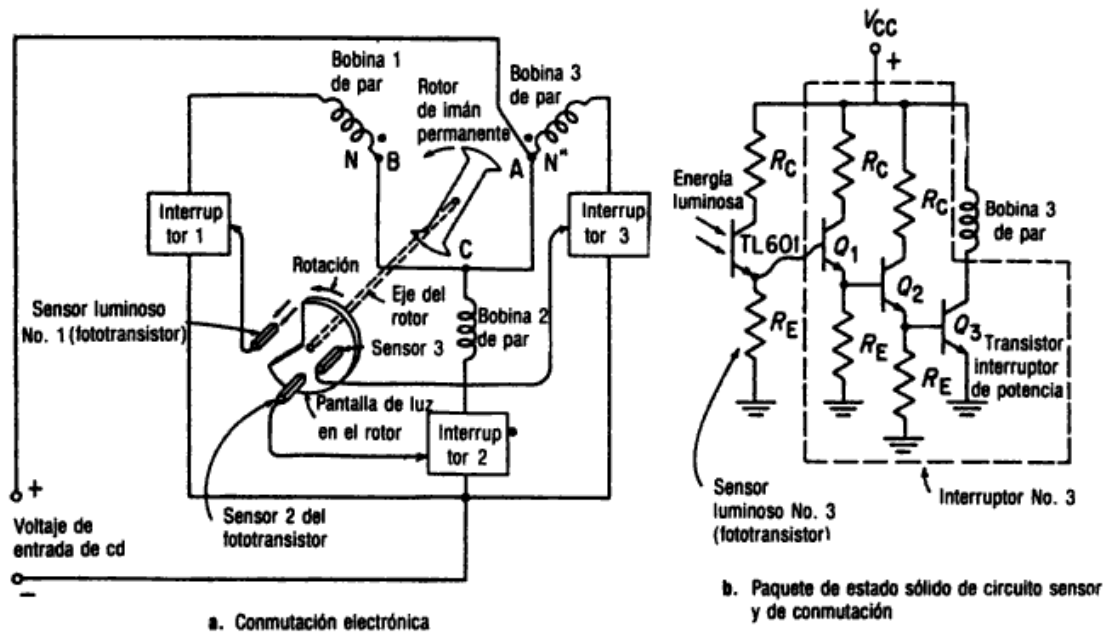


Figura 2.18. Conmutación electrónica para el motor de corriente continua sin escobillas²⁹

²⁹ KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. México, Prentice-Hall Hispanoamérica Editores, 1993, Pág. 421

En el motor de conmutación electrónica con detección fotoeléctrica se incorpora un número de interruptores (transistores), conectados en serie, en estado sólido; dependiendo del número de devanados del estator. Además, en el eje del rotor va asegurado una pantalla de luz, en forma de leva; la misma que censa la posición del rotor para activar el interruptor del transistor correspondiente y poder excitar el devanado del estator correspondiente.

b) Motor cd/ca inversores (sin escobillas) que trabajan con suministros de cd

Estos motores se componen del trabajo conjunto de un paquete electrónico inversor de cc /ca y el uso motores eléctricos de corriente alterna (**ver motores de corriente alterna**), que pueden ser un servomotor, motores de inducción de capacitor y motores sincrónicos monofásicos tipo de histéresis.

Los inversores electrónicos tienen entradas de voltaje de 12v-24v y de salida desde 50 Hz, 60 Hz, 400 Hz, esta variedad de frecuencias y voltajes de salida se da con el fin de dar una diversidad de velocidades de salida.

Las características principales de este motor son:

- Es el más grande, por su grupo inversor, con respecto al motor con conmutador y al motor de rotación limitada.
- Es menos eficaz pero posee una mejor regulación de la velocidad con respecto al motor con conmutador electrónico.

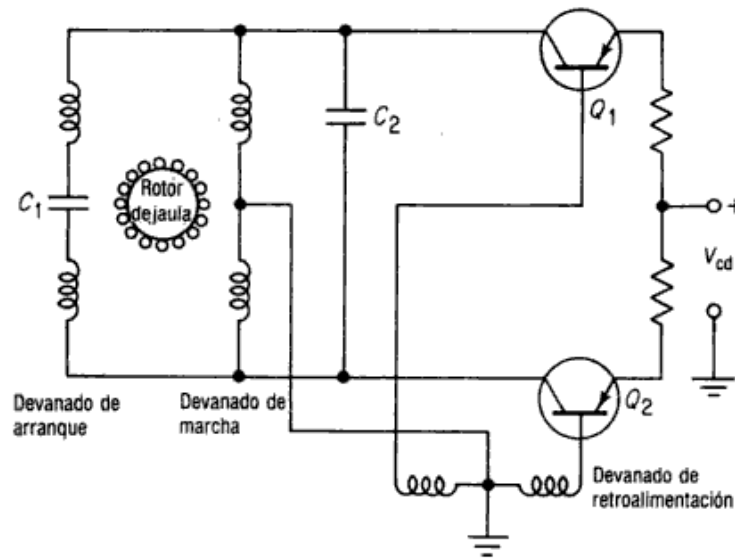


Figura 2.19. Esquema de un motor sin escobillas tipo inversor cd/ca.³⁰

c) Motores de rotación limitada (sin escobillas)

Este tipo de motores a diferencia de los dos hablados anteriormente su principal característica, es que su rotación es limitada, solo proporciona un par máximo de salida de 180° ($\pm 90^\circ$), en dirección de las manecillas del reloj o viceversa. No requiere el uso de sistemas electrónicos para la conmutación, ya que este no necesita invertir el sentido de corriente para producir rotación continua.

Los impulsos de rotación limitada se dan por la implementación de un rotor de imán permanente de forma achatada con conductores de circuito impreso y estatores bobinados toroidalmente. Cuando se aplica voltaje al motor, se energiza al estator, el rotor de imán permanente comienza girar (hacer palanca) en el sentido que se aplique la corriente (polaridad).

³⁰ KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. México, Prentice-Hall Hispanoamérica Editores, 1993, Pág. 423

Las aplicaciones de este tipo de motor sin escobillas se usan para situar mecanismos como:

- Soportes universales de giroscópicos en elementos estables de plataformas espaciales.
- Motores para plumillas de registradoras gráficas.
- Motores para instrumentos tacométricos.

2.5.1.6. Motor paso a paso

La rotación de este tipo de motores se produce por la conmutación de devanados conectados en secuencias predeterminadas para producir pasos separados de giro en magnitud uniforme al aplicarle pulsos eléctricos a sus bobinas. Este tipo de motor posee la característica de ser un motor con una buena precisión.

Los motores paso a paso se utilizan en su mayoría en:

- En la robótica.
- Impulsores de papel de impresoras y graficadores X – Y.
- Tecnología aeroespacial.
- Control de discos duros, unidades de CR-ROM, DVD.



Figura 2.20. Motor paso a paso.³¹

De acuerdo a su forma constructiva y conexión existen 3 tipos de motores fundamentales que son:

2.5.1.7. Tipos de motores paso a paso

a) Motor de imán permanente

Este tipo de motor posee un rotor de imán permanente con un número par de polos, elaborado de una aleación de acero de alta retentividad; alnico. Los devanados del estator son similares a los de un motor de inducción de dos, tres o más fases; saliendo de cada uno de los devanados terminales para su respectiva excitación de corriente.

Cuando se introduce corriente a las bobinas del estator, estas empiezan a trabajar como electroimanes y el rotor se empieza a alinear de acuerdo al campo establecido por las bobinas energizadas, en ese momento.

³¹ upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/49/Motori_passo-passo.jpg

Tabla 2.1. Funcionamiento de un motor de imán permanente (orden de fases).

Paso	Terminal 1 Bobina A	Terminal 2 Bobina A	Terminal 1 Bobina B	Terminal 2 Bobina B	Imagen
Paso 1	+Vcc	-Vcc			
(Semi-)Paso 2	+Vcc	-Vcc	+Vcc	-Vcc	
Paso 3			+Vcc	-Vcc	
(Semi-)Paso 4	-Vcc	+Vcc	+Vcc	-Vcc	
Paso 5	-Vcc	+Vcc			
(Semi-)Paso 6	-Vcc	+Vcc	-Vcc	+Vcc	
Paso 7			-Vcc	+Vcc	
(Semi-)Paso 8	+Vcc	-Vcc	-Vcc	+Vcc	

En estos motores podemos encontrar pasos angulares de 7.5, 11.25, 15, 18, 45, o 90; y el ángulo de rotación se lo obtiene dividiendo 360° para el número de polos en el estator.

b) Motor de reluctancia variable

El motor de reluctancia variable posee un rotor de imán de hierro dulce, suave o de baja retentividad, cilíndrico y dentado. Su par de rotor es un par de reluctancia; debido al material de diseño de su rotor, estos motores se diseñan con menores grados de paso (generalmente de 15° de paso). Además sus bobinas estáticas son similares a los motores de imán permanente.

Su principal desventaja, con respecto a los motores de imán permanente, es:

- Tienen un par motor menor, por el material de su rotor.

Su funcionamiento se basa en que el rotor se alinea con las bobinas del estator que brinden menor reluctancia. Es decir, mientras se van energizando las bobinas del estator, una a una o en conjunto, el rotor irá tomando su alineación correspondiente.

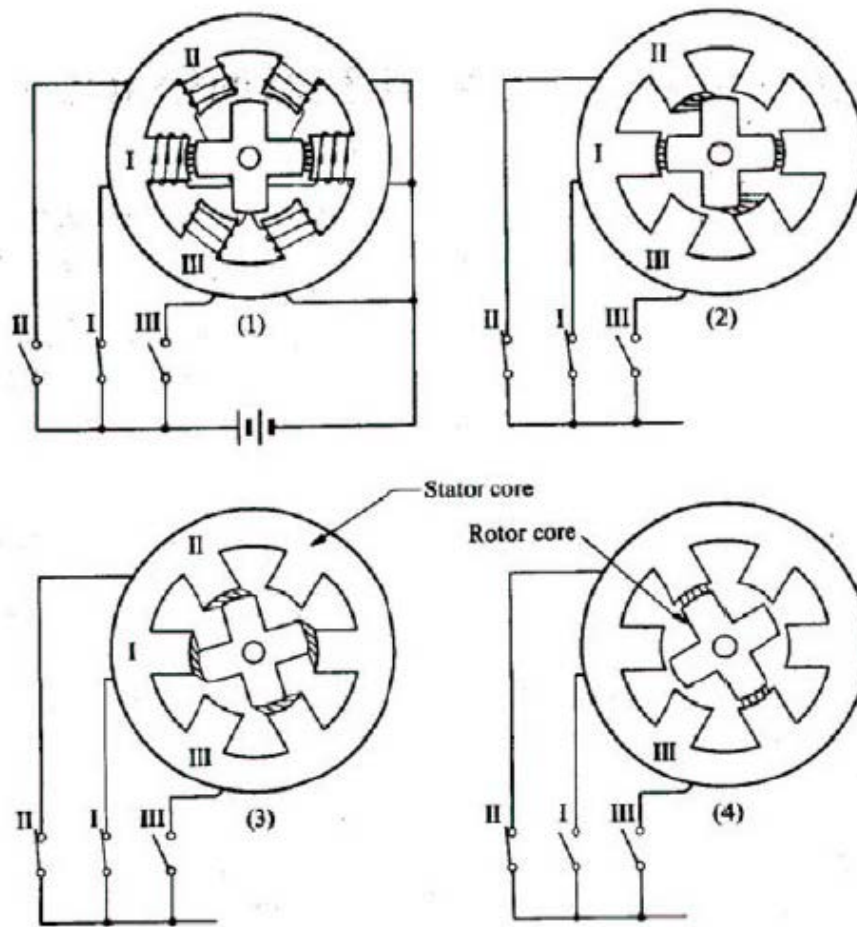


Figura 2.21. Funcionamiento de un motor de reluctancia variable.³²

c) Motor paso a paso híbrido

El motor paso a paso híbrido es una combinación del motor de imán permanente y el de reluctancia variable. Consiste en un estator dentado y un rotor de tres partes.

- El **estator**, generalmente, posee ocho polos y entre dos y cuatro dientes por polo, además, contiene dos fases por los ocho polos (una fase por cada cuatro polos)

³² www.sapiens.itgo.com/control/Images/step-motor_img_1.jpg

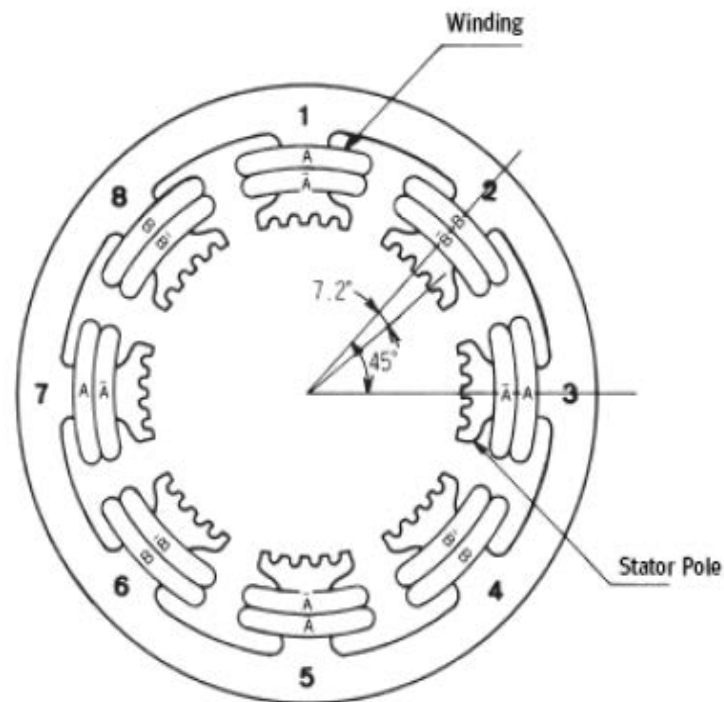


Figura 2.22. Estator de un motor paso a paso híbrido.³³

- El **rotor** contiene dos fragmentos de polos separados por un imán permanente magnetizado. Sus dientes están desfasados en una mitad de salto de diente para tener un mayor número de pasos. Generalmente, Para determinar la longitud del paso (cambio de excitación del rotor), la obtenemos de la siguiente fórmula:

$$\alpha = 90^\circ / P$$

En donde:

α = longitud del paso en grados

P = número de dientes del rotor

³³ www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf

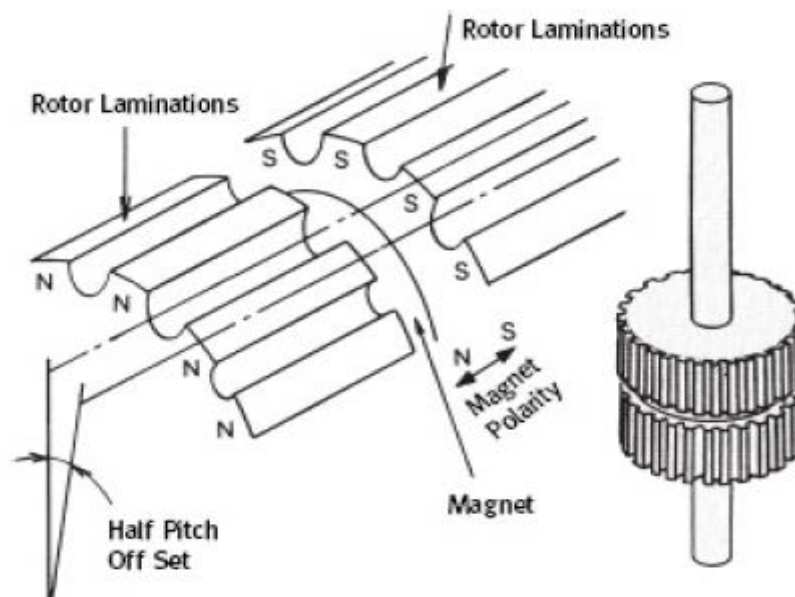


Figura 2.23. Rotor de un motor paso a paso híbrido³⁴

Su funcionamiento radica en la excitación de las bobinas del estator, basándonos en la ilustración siguiente:

- Primer paso, excitación de las bobinas impares, el rotor se alineará con el campo correspondiente; en un
- Segundo paso, excitación de las bobinas pares, el rotor se alineará y se desplazará un cuarto de paso; en un
- Tercer paso, nuevamente excitación de las bobinas impares, el rotor se desplazará otro cuarto de paso; y así, cada cinco pasos hechos por las bobinas del estator, se logrará la rotación de un paso de diente del rotor.

Por lo tanto, con muy poco número de bobinas se podrá obtener pasos muy chicos; de hasta 0.9° por paso.

³⁴ www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf

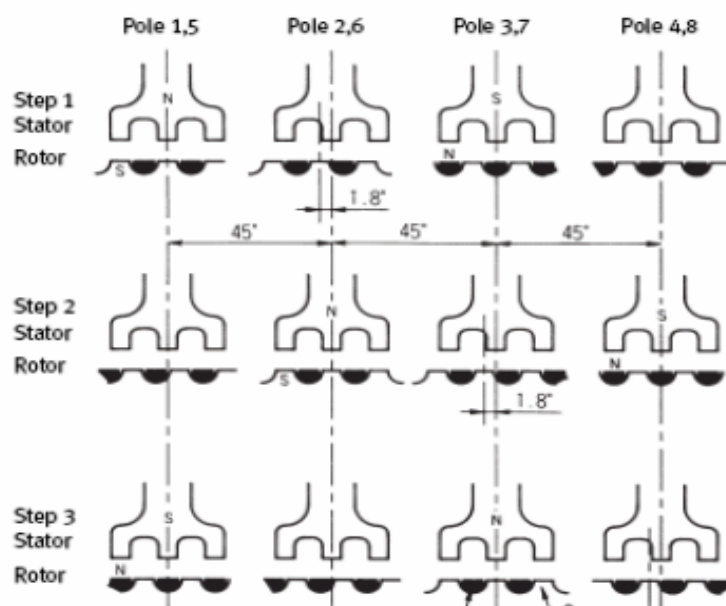
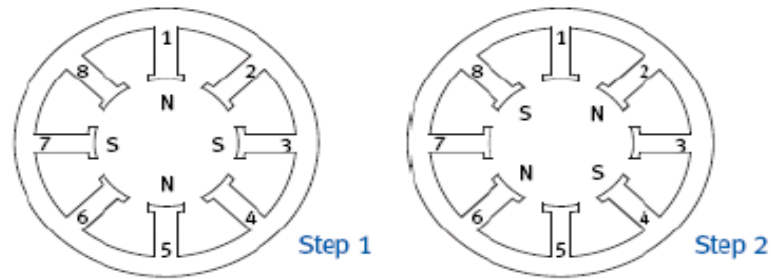


Figura 2.24. Funcionamiento de un motor paso a paso híbrido.³⁵

2.5.1.8. Servomotor

Los servomotores c.d. son motores de corriente directa que reciben la corriente de funcionamiento a partir de:

- Amplificadores electrónicos de cd o ca con demoduladores internos o externos
- Reactores saturables
- Tiratrones
- Amplificadores rectificadores controlados de silicio

³⁵ www.ib.cnea.gov.ar/nmayer/monografias/pasoapaso.pdf

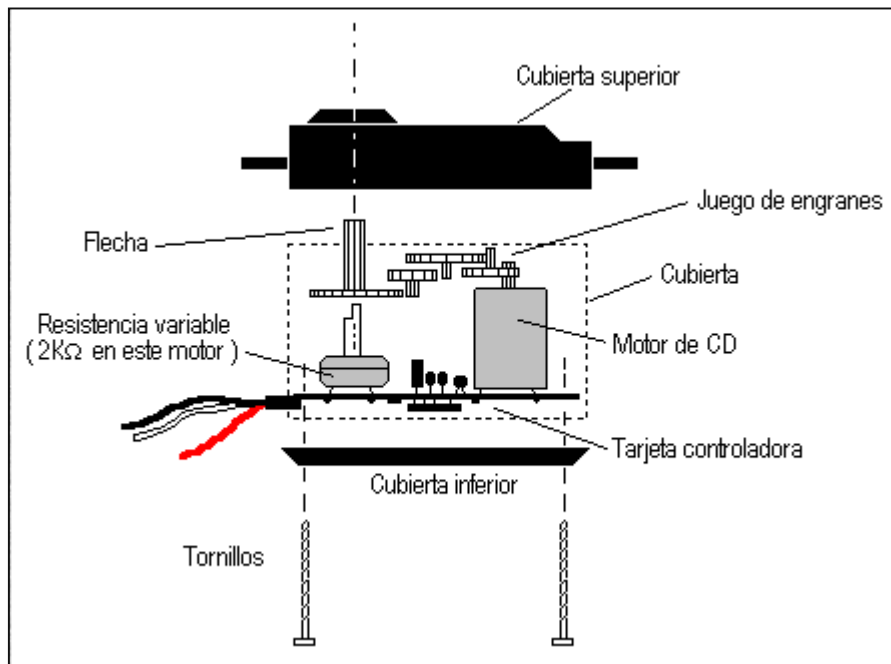


Figura 2.25. Partes de un servomotor³⁶

Existen servomotores desde 0.05 HP hasta 1000HP; y sus características principales, a tener en cuenta, son:

- Poseer un par de salida del motor proporcional a su voltaje de control aplicado
- La polaridad instantánea del voltaje de control determinará la dirección del par motor

Los servomotores tienen diferentes aplicaciones, debido a su alto rendimiento, debido a la precisión que se tiene en el arranque y la detención, como:

- Movimientos de: palancas, timones, ascensores, etc.
- Radio control
- Robótica

³⁶ 3.bp.blogspot.com/_Tomt7QwRu8I/S8TQcao_C8I/AAAAAAAAABk/XH6J5_Ms8AU/s320/Dibujo1.bmp

De acuerdo a su diseño, los servomotores se clasifican en:

2.5.1.9. Clasificación de los servomotores

a) Servomotor de corriente directa de campo controlado

Como su nombre lo indica, este tipo de servomotor trabaja a través del control electrónico de su campo.

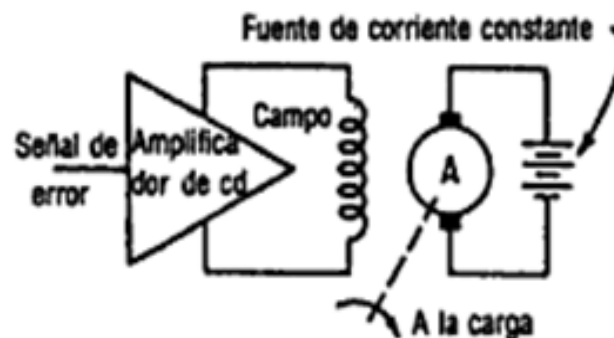


Figura 2.26. Esquema de un Servomotor de corriente directa de campo controlado.³⁷

- Su par motor es cero cuando su amplificador de error no le brinda excitación a su campo
- Su rotor siempre tendrá una corriente constante
- El par motor variará de acuerdo a la corriente que llegue al campo y a la generación de su flujo magnético
- Al invertir la polaridad del campo, se invertirá el sentido de giro del motor
- Este tipo de control se emplea, sólo en servomotores pequeños porque no es deseable suministrar una corriente grande, como la que se requiere en los servomotores grandes cc. Además, por su tiempo alto de inducción en el

³⁷ KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. México, Prentice-Hall Hispanoamérica Editores, 1993, Pág. 415

campo, su respuesta dinámica es lenta con respecto al servomotor de armadura (rotor) controlado.

b) Servomotor de corriente directa de armadura controlada

Este tipo de servomotor, a diferencia del anterior, el elemento a controlar es su armadura o rotor.

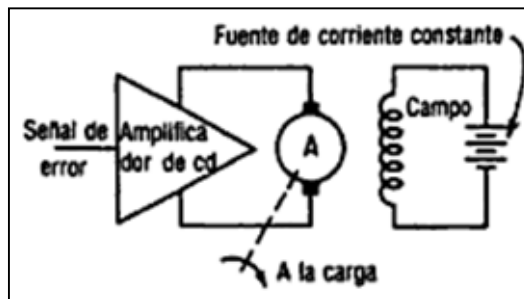


Figura 2.27. Esquema de un Servomotor de corriente directa de armadura controlada³⁸

- Su campo experimenta una constante excitación, por tener su fuente fija
- Un pequeño cambio de voltaje en su rotor, ocasionado por una señal de error, provocará un cambio rápido en su par motor; ya que este tipo de control es resistivo, mientras que el anterior es inductivo.
- Por su diseño, se emplea este tipo de control en servomotores de hasta 1000hp
- Al invertir la señal de error y el voltaje del rotor, el motor invierte su giro.

³⁸ KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. México, Prentice-Hall Hispanoamérica Editores, 1993, Pág. 415

c) Servomotor de corriente directa de imán permanente de armadura controlada

Estos servomotores poseen un imán permanente y un rotor controlado electrónicamente.

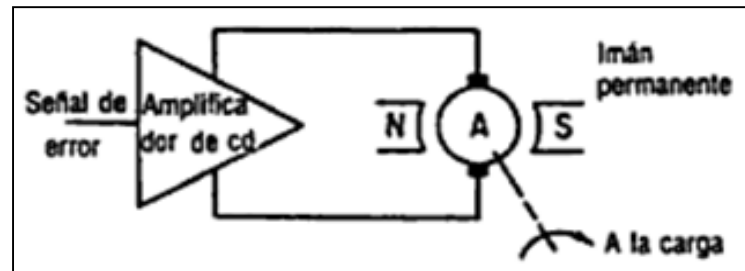


Figura 2.28. Esquema de un Servomotor de corriente directa de imán permanente y armadura controlada.³⁹

- Existen de 6v y 28v (pequeños), y 150v (caballajes integrales hasta 2hp)
- Su estructura de campo (imanes) puede ser de alnico o cerámica; siendo generalmente de aleación de alnico colado o vaciado, formando un anillo magnético de flujo fuerte y constante alrededor de la armadura (rotor)
- El diseño de sus devanados, en las zapatas polares, so laminadas para reducir el arco en las escobillas cuando se produce un giro inverso del motor.

d) Servomotores de serie de corriente directa de campo dividido

Los servomotores de serie cd de campo dividido poseen dos devanados con excitación separada y campo controlado. Los dos devanados, uno principal y el otro auxiliar, se enrollan alrededor de los polos del campo en dirección inversa, entre si.

³⁹ KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. México, Prentice-Hall Hispanoamérica Editores, 1993, Pág. 415

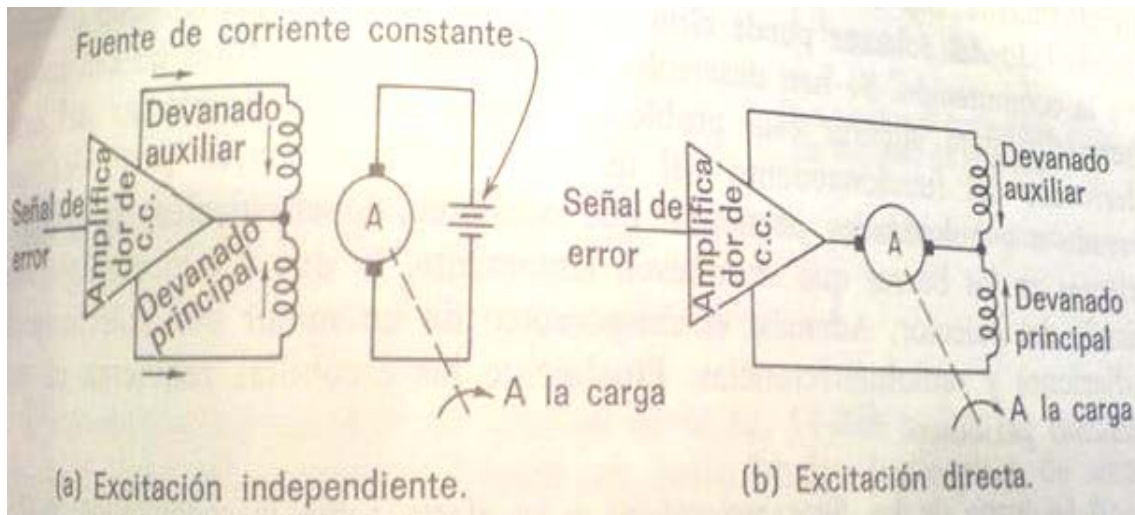


Figura 2.29. Esquema de un Servomotor de serie de corriente directa de campo dividido.⁴⁰

- Debido al arrollamiento inverso y la excitación por separado de los devanados, el campo permitirá un control mejor de la armadura (rotor); ya que la dirección de rotación de éste, dependerá de la diferencia de corriente producida entre los devanados (principal y auxiliar).
- La corriente del rotor del motor de campo dividido es la suma de la corriente de los devanados, auxiliar y principal.
- Cuando las corrientes del campo son iguales y opuestas, no se produce par motor.
- El servomotor serie produce un alto par de arranque y una respuesta rápida y eficiente al a respuesta de error del controlador electrónico
- Debido a que se los emplea en servosistemas, su regulación de velocidad es mala; porque su carga es fija.

⁴⁰ KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. México, Prentice-Hall Hispanoamérica Editores, 1993, Pág. 419



2.5.1.10. Motor sin núcleo

Un motor sin núcleo es un motor de imanes permanentes, que en su rotor no posee el núcleo de hierro; favoreciendo a que cuente con una masa ligera y permita fuertes aceleraciones y paradas.

- Son conocidos también como motores de baja inercia, por la ligereza de su rotor.
- Su rotor es en forma de disco, como un circuito impreso; en donde, las escobillas rozarán ortogonalmente sobre un bobinado colocado a ambos lados del disco y que gire en medio de los imanes permanentes.
- Su aplicación se basa en la robótica, instrumentos médicos, etc; donde requieren gran precisión.

Tabla 2.2. Características de los diferentes tipos de motores sin núcleo.

TIPOS DE MOTORES SIN NÚCLEO (de acuerdo a sus características)	
	Motor eléctrico DC sin núcleo 2", 240 oz-in, 400W, 18V

	<p>Motor eléctrico DC sin núcleo 2", 450 oz-in, 440W, 24V</p>
	<p>Motor eléctrico DC sin núcleo 2.3", 450 oz-in, 450W, 48V</p>

2.5.1.11. Controladores de frecuencia

Es un conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos, cuya misión es controlar la velocidad giratoria de los motores, proporcionando un mejor control de los procesos y el ahorro de energía.

Las ventajas de controlar la velocidad de un motor son:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Control del par motor.

Los variadores de corriente continua, pueden controlar la velocidad de los motores en serie, en derivación, compuestos y de imanes permanentes ya que son fácilmente controlables y esto lo logran actuando sobre el campo mediante accionadores.

Un controlador de frecuencia moderno está compuesto principalmente por: relés, contactores, componentes magnéticos y dispositivos de estado sólido (diodos, tiristores o transistores), los mismos que han reducido el costo de producción y su tamaño, mejorando su confiabilidad y eficiencia.



Figura 2.30. Controlador de velocidad de un motor de corriente directa⁴¹

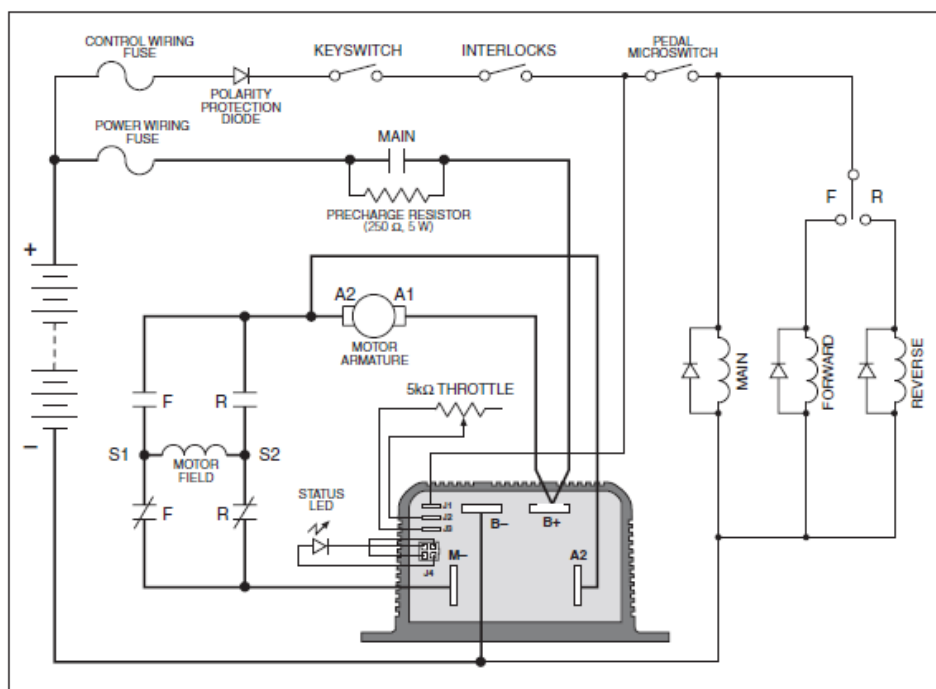


Figura 2.31. Esquema de conexión de un controlador de velocidad de un motor de corriente directa.⁴²

⁴¹ www.curtisinstruments.com/images/products/120405.jpg

⁴² www.curtisinstruments.com/index.cfm?fuseaction=Datasheets.downloadmanual&prodid=532

Para determinar matemáticamente la velocidad del motor lo hacemos mediante la expresión:

$$n = \frac{Ec \times 10^8 \times P_l}{\emptyset \times Z \times p}$$

Ec= f.c.e.m. inducida.

P_l = número de circuitos en paralelo entre los terminales del inducido.

Z= número de conductores en el inducido.

∅= flujo por polo.

p= número de polos por campo.

DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN

$$n = \frac{Ec \times 10^8 \times P_l}{\emptyset \times Z \times p}$$

DESCRIPCIÓN

P_l, **Z** y **p** son valores constantes para cada motor, lo cual deducimos que:

$$k = \frac{P_l \times 10^8}{Z \times p}$$

k es una constante.

La velocidad del inducido se expresa:

$$n = \frac{k \times Ec}{\emptyset}$$

El valor de E_c normalmente no se lo conoce, pero sí, la tensión aplicada al motor, E_a . Entonces utilizamos la expresión $E_c = E_a - I_a R_l$, a partir de esta ecuación tendremos que para un motor de excitación en paralelo su expresión viene dada:

$$n = \frac{k (E_a - I_a R_l)}{\phi}$$

Mediante esta expresión matemática se confirma que la velocidad crece al igual que la **tensión aplicada** E_a , presentando una reducción del **flujo por polo** ϕ . Entonces se llega a la conclusión y afirmación de lo antes explicado que los controladores o variadores de frecuencia de los motores de cc basan su funcionamiento en el control de estas variables.

De acuerdo a su forma de controlar la velocidad de los motores de corriente continua, los controladores de frecuencias se dividen en:

2.5.1.12 Clasificación de los controladores de frecuencia

a) Control de velocidad con resistencia en serie con el inducido

Se caracteriza por poseer una resistencia variable conectado en serie con el inducido lo que permite controlar la velocidad por debajo de la velocidad de base. En este circuito se va aumentar la resistencia provocando que la tensión que llega al inducido disminuya; al igual que su velocidad.

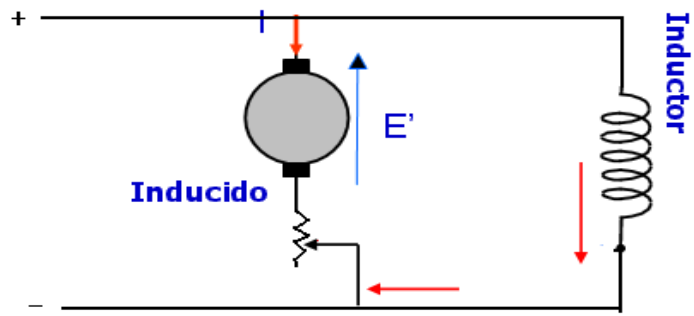


Figura 2.32. Esquema de control de la velocidad con resistencia en serie con el inducido.

Si se considera que la tensión de alimentación E_a es constante, el flujo por polo ϕ también lo será; entonces a partir de la fórmula general de la velocidad del inducido:

$$n = \frac{k \times E_c}{\phi}$$

Se deduciría,

$$n = k E_c$$

Siendo

$$E_c = E_a - I_a(R_1 + R_s)$$

R_s es la resistencia en serie con el inducido.

Para calcular la resistencia R_s emplearíamos la siguiente expresión:

$$R_s = \frac{k (E_a - I_a R_1) - n}{k I_a}$$

No es recomendable para periodos largos de trabajo porque presenta una pérdida de potencia muy elevada y una regulación de velocidad muy baja.

b) Control de velocidad con resistencia en serie con el campo

Este tipo de control se caracteriza por tener la resistencia variable conectada con el campo. Lo que permite controlar la velocidad del inducido mediante la variación del campo provocado por la inducción del reóstato; es decir al disminuir el campo magnético de los estatores evita el frenado del inducido, produciendo un aumento de velocidad.

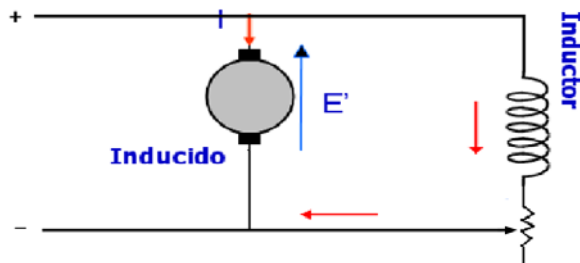


Figura 2.33. Esquema de control de velocidad con resistencia en serie con el campo.

Estos controladores se caracterizan porque al aumentar la intensidad del campo magnético de los estatores, la reducción de la velocidad del inducido no es menor a la velocidad nominal del motor.

c) Sistemas modernos para arranque, aceleración y control de velocidad

Estos sistemas modernos de control para los motores de corriente continua se basan en la electrónica de potencia. Es decir, son convertidores electrónicos de potencia; constituidos, generalmente, de tiristores o de cualquier otro componente de estado sólido; los cuales conforman un paquete electrónico de control.

Un tiristor es un componente electrónico, de estado sólido, constituido de elementos semiconductores que le permiten trabajar como un conmutador biestable. Es decir puede pasar de un estado no conductor a un conductor.

Por su composición, presenta tres terminales:

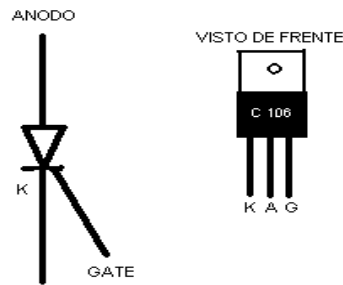


Figura 2.34. Símbolo y representación gráfica de un tiristor.⁴³

Su funcionamiento radica en conducir una corriente desde su ánodo hasta su cátodo, única y exclusivamente cuando llega un voltaje de excitación a la compuerta (gate).

Dependiendo de la fuente de alimentación empleada, existen dos tipos de convertidores:

2.5.1.13 Tipos de convertidores de corriente

a) Convertidores de ca-cc

Los convertidores de ca – cc utilizan como fuente de alimentación una red de corriente alterna y generalmente se lo utilizan en el campo industrial, para el accionamiento de motores de corriente continua.

⁴³ www.electronica2000.com/temas/imagenestem/scr.gif

b) Conversores de cc-cc

Los conversores de cc –cc usan como fuente de alimentación una línea de corriente continua (batería) y su aplicación se concentra en vehículos de tracción eléctrica (trolebuses, trenes, autos, etc)

Los controladores de velocidad electrónicos, están diseñados para proporcionar un control suave y silencioso de la velocidad y torque del motor.

2.5.2 Motores de Corriente Alterna

Los motores de corriente alterna son los más usados en la actualidad, y esto se debe en gran parte a la facilidad de obtención de la energía eléctrica alterna.

Las principales características de los motores de corriente alterna son:

- Construcción sencilla, excluyendo en su mayoría, colectores y escobillas, de acuerdo al diseño y aplicación de cada motor.
- Necesitan poco mantenimiento.
- La corriente aplicada, solo circula por el estator, y no por el rotor, quedando éste aislado, de las demás partes del motor.

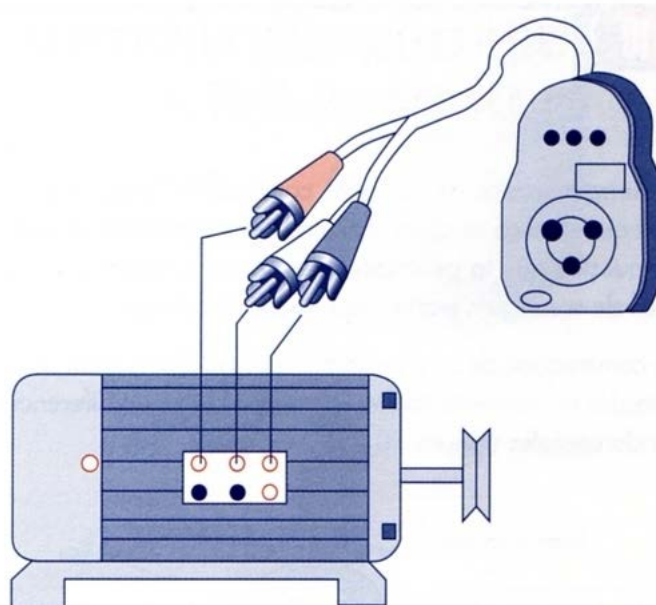


Figura 2.35. Motor de corriente alterna.⁴⁴

De acuerdo a forma de construcción y funcionamiento los motores de corriente alterna se dividen en:

2.5.2.1 Asíncrono o de inducción

Los motores de inducción como su nombre lo indica, inducen corriente del estator al rotor por medio de un campo magnético; es decir, si aplicamos corriente alterna al estator se produce un campo magnético que gira con una velocidad en función de la frecuencia de la corriente de red de alimentación. Este campo magnético induce corriente bien sea a las bobinas o placas de bronce del rotor, cualquiera que sea su forma o tipo de construcción; originando un nuevo campo magnético, el del rotor, que tratara de igualarse con la velocidad del estator permitiendo de esta forma que el rotor gire según el sentido de giro del campo del estator.

⁴⁴ html.rincondelvago.com/000758547.png

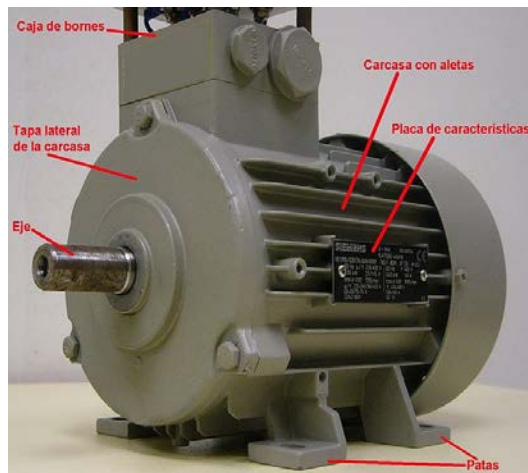


Figura 2.36. Motor Asíncrono

a) Jaula de ardilla

En el motor jaula de ardilla, su principal característica constructiva, es que no posee devanado en el rotor o inducido, sino, que está formado por chapas magnéticas prensadas que forman el núcleo del motor, longitudinalmente está atravesado por barras de cobre, bronce o aluminio, que se unen por ambos lados a un anillo de cobre o latón.

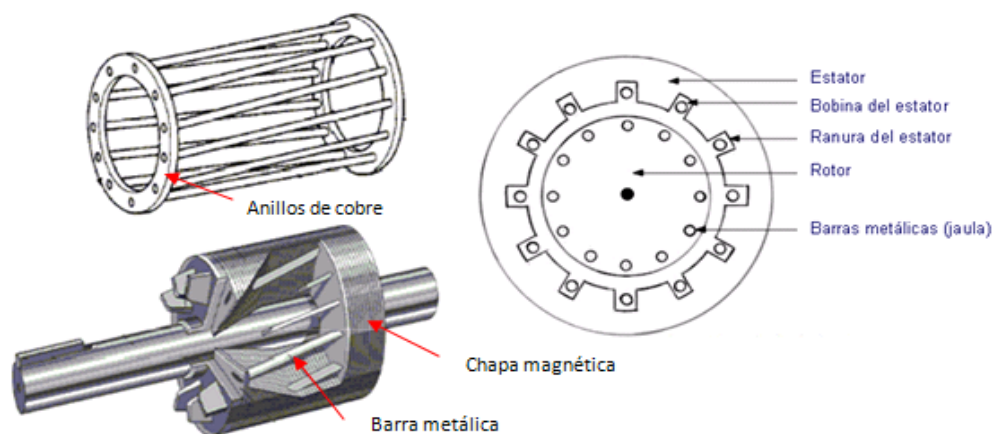


Figura 2.37. Estructura de un rotor jaula de ardilla.⁴⁵

⁴⁵ www.tuveras.com/maquinaasincrona/esquemajaula.gif

En este tipo de motor la corriente inducida por el campo magnético del estator, circula por las barras de cobre, bronce o aluminio del rotor creando un campo magnético en él mismo, lo cual le permite girar. Es así, que podemos evidenciar claramente que no hay un contacto eléctrico entre los arrollamientos del estator y del rotor.

A partir del principio de funcionamiento del motor de jaula de ardilla, éste de acuerdo a su conexión o estructura se divide en:

a.1 Monofásicos

Como su nombre lo indica, los motores monofásicos tienen un solo devanado en el estator, el mismo que está compuesto por bobinas distribuidas por toda su superficie.

Este tipo de motores en su mayoría son de baja potencia y suelen tener potencias de hasta 1kw, pero, en casos especiales hasta 10 kw. Se usan generalmente en:

- Electrodomésticos.
- Bombas.
- Ventiladores de baja potencia.
- Máquinas de escribir.
- Máquinas herramientas.
- Aire acondicionado.

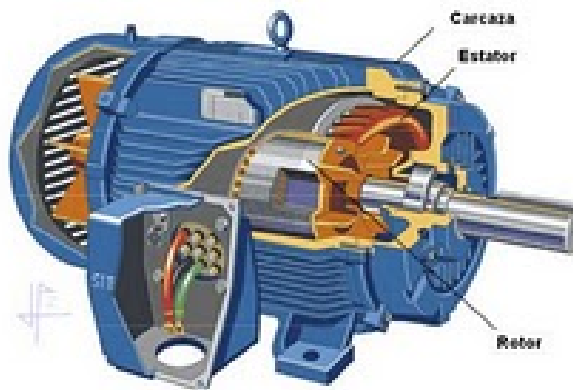


Figura 2.38. Motor Monofásico⁴⁶

Principio de Funcionamiento

Cuando se aplica una corriente al devanado, éste genera un campo magnético fijo, que varía con el tiempo (frecuencia), induciendo una **fem** produciendo una corriente en las barras del rotor.

Cuando el motor está parado, tanto el campo del estator como del rotor, son iguales en magnitud, pero se encuentran en sentido opuesto de modo que no se produce ningún par de arranque, pero, sí se utilizara un medio auxiliar para dar inicio un buen par de arranque este giraría continuamente.

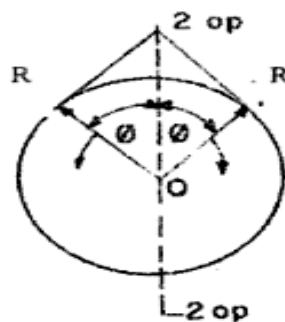


Figura 2.39. Principio de funcionamiento, motor parado.

⁴⁶ 1.bp.blogspot.com/-nRYnxP9hg7E/TVrFgJVLtI/AAAAAAAAAB4/nF-eHONmZm0/s1600/motor.jpg

Debido al comportamiento de las fuerzas del campo magnético, estos motores no poseen un arranque, es por ello, que es necesario aplicar un método de arranque auxiliar, en el cual se basa su clasificación:

a.1 Motor de arranque a resistencia

Este tipo de motor de arranque a resistencia se caracteriza por poseer dos devanados: uno principal o de campo y el otro de arranque o auxiliar, con sus ejes desfasados 90° .

- El devanado de arranque se diferencia del devanado de campo por poseer un bobinado de hilo de menor diámetro y un menor número de espiras. Esto le permite tener una mayor resistencia y menor reactancia.
- El devanado principal está hecho de un bobinado de hilo más grueso y con un número elevado de espiras hechos con el fin de reducir las pérdidas por efecto joule.

El principio de funcionamiento de este tipo de motor se basa principalmente, en el desfase existente entre los dos devanados y la construcción de cada uno de ellos; ya que el devanado de arranque solo funcionará hasta que el motor alcance un 75% de su velocidad nominal de trabajo, gracias a un interruptor centrífugo que se encuentra conectado en serie con éste.

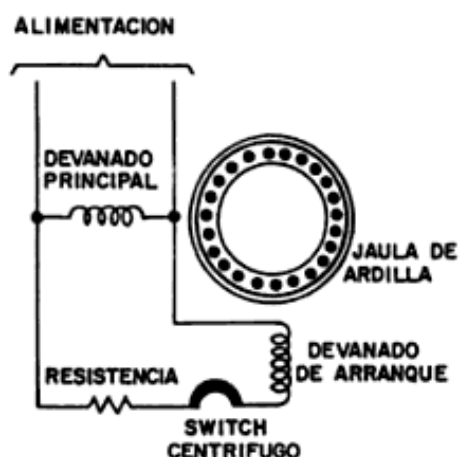


Figura 2.40. Diagrama de conexiones de un motor de fase partida y arranque con resistencia⁴⁷

Entre las principales características de este motor, tenemos:

- Si el interruptor centrífugo no trabaja, pues, los devanados se quemarían.
- Su velocidad es constante en cualquiera de las cargas de trabajo presente
- Estos motores se aplican con cargas de poca inercia y pocas exigencias de arranque (aplicados en equipos industriales y domésticos).

a.1.2 Motor de arranque a condensador

Este tipo de motores de arranque a condensador, a diferencia del motor de arranque a resistencia; emplea un condensador, del tipo cilíndrico, conectado en serie con su devanado auxiliar.

Este motor, además de poseer las mismas características de un motor de arranque a resistencia, puede brindar:

- Un par de arranque de hasta 350% del par motor a plena carga

⁴⁷ ENRIQUEZ, Harper, Gilberto, El ABC de las máquinas eléctricas, volumen 2, México DF: Editorial Limusa.2004. Pág. 271

- Se los emplean a menudo en motores de 1hp – 10hp

La capacidad del condensador de arranque de un motor monofásico de fase dividida puede ser calculada mediante la expresión:

$$C = \frac{P \times 3,18 \times 10^6}{E^2 \times \cos \varphi}$$

Donde:

C = capacidad en microfaradios (μF).

P= potencia del motor en kilovatios (kW).

E= tensión de alimentación en voltios.

cos φ = factor de potencia de la máquina.

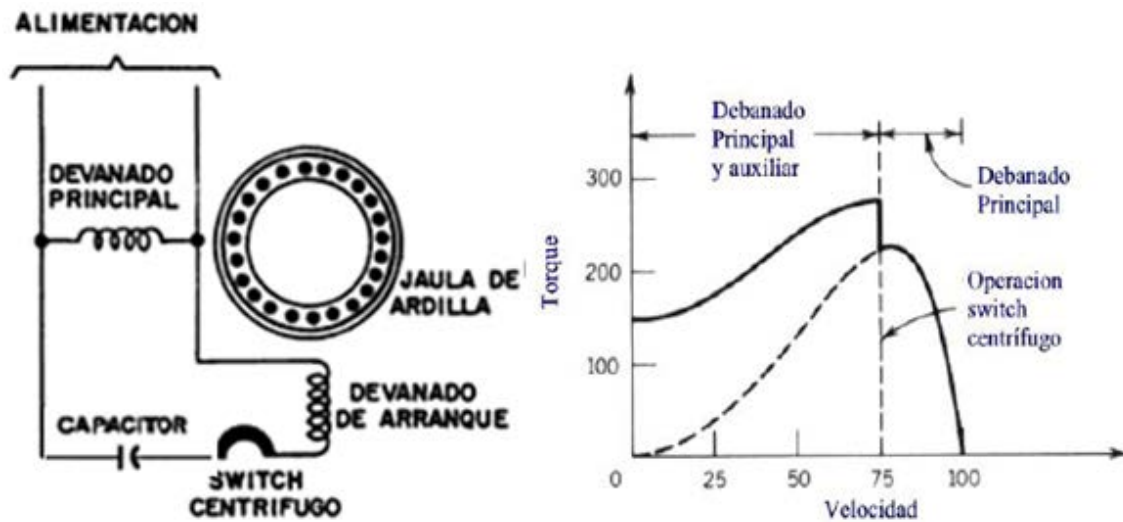


Figura 2.41. Diagrama de conexiones y curvas características de un motor monofásico de arranque con capacitor.⁴⁸

⁴⁸ ENRIQUEZ, Harper, Gilberto, El ABC de las máquinas eléctricas, volumen 2, México DF: Editorial Limusa.2004. Pág. 271

a.1.3 Motor de marcha

Este tipo de motor monofásico posee, así mismo que los anteriores, dos devanados, uno principal y otro auxiliar (de arranque) desfasados 90° . En este motor encontramos un condensador conectado en serie con el devanado de arranque; pero las únicas diferencias, son:

- El condensador y el devanado de arranque, siempre estarán conectados durante el funcionamiento del motor. Debido a la eliminación del switch centrífugo.
- Debido a la eliminación del switch centrífugo, se deben emplear condensadores más costosos (condensadores de papel impregnados de aceite)

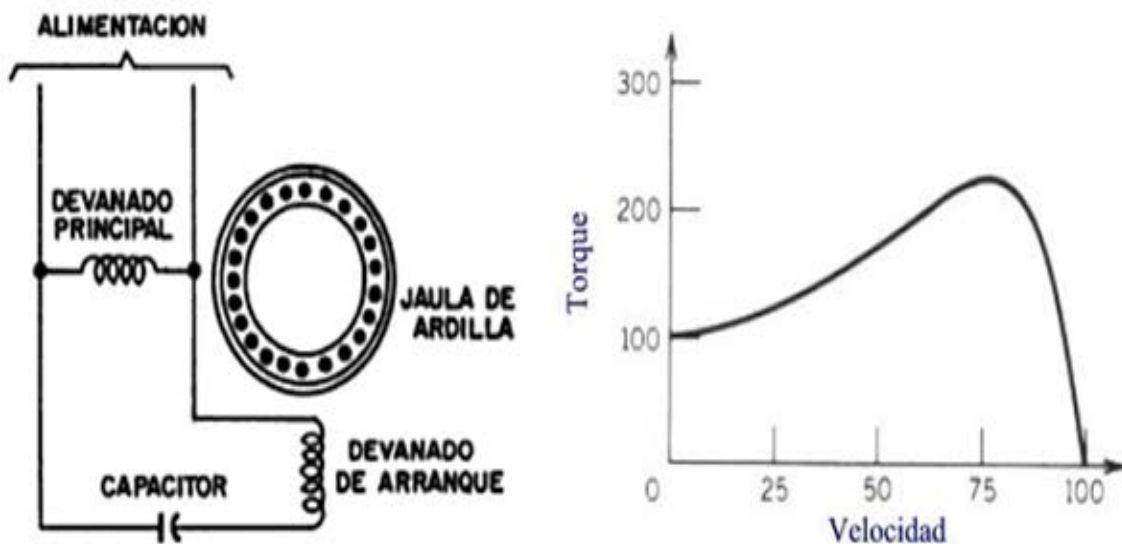


Figura 2.42. Diagrama de conexiones y curvas características de un motor monofásico con capacitor de marcha.⁴⁹

⁴⁹ ENRIQUEZ, Harper, Gilberto, El ABC de las máquinas eléctricas, volumen 2, México DF: Editorial Limusa.2004. Pág. 271

Conectados permanentemente en el circuito el devanado de arranque con su condensador, el par motor se reduce, pero se vuelven estos motores más silenciosos.

a.1.4 Motor de doble capacitor

En este tipo de motor se implementa dos condensadores, uno conectado en serie en con el switch centrífugo, mientras que el otro se encuentra conectado en paralelo con éste.

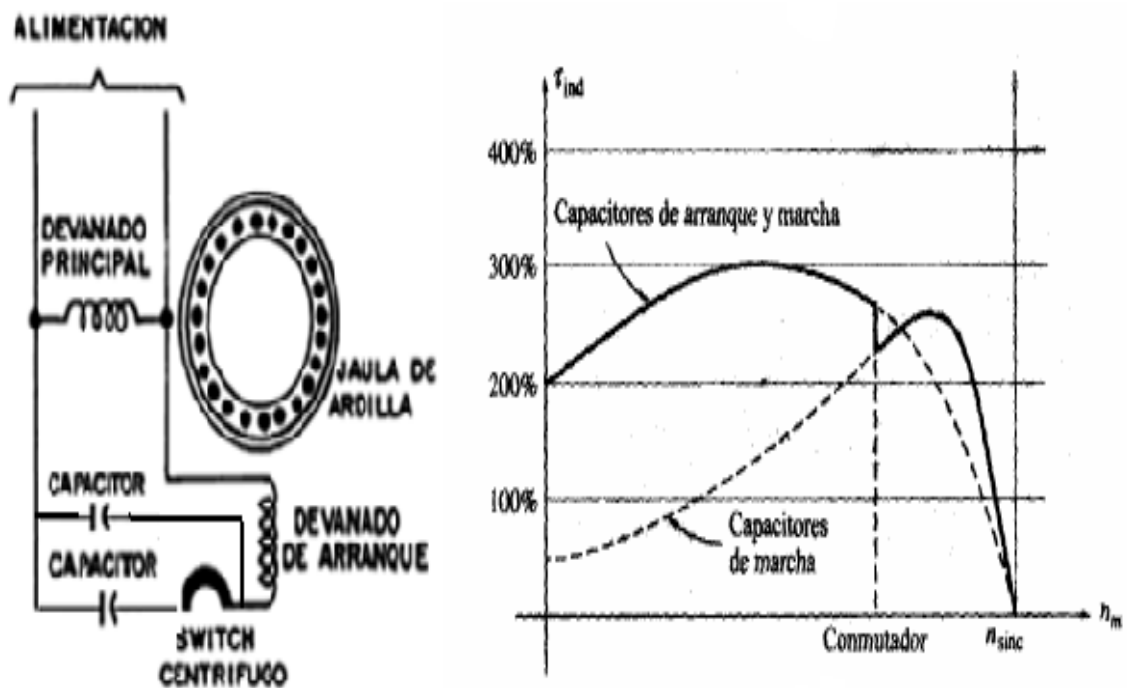


Figura 2.43. Diagrama de conexiones y curvas características de un motor monofásico de doble capacitor.⁵⁰

Entre las principales características de este motor, tenemos:

⁵⁰ ENRIQUEZ, Harper, Gilberto, El ABC de las máquinas eléctricas, volumen 2, México DF: Editorial Limusa.2004. Pág. 272

- Su funcionamiento es casi silenciosos con un alto par de arranque y un buen par de funcionamiento.

Combina las características de los motores monofásicos de arranque de condensador y los motores monofásicos con condensador de marcha, explicados anteriormente.

a.1.5 Motor de polos sombreados

Los motores de polos sombreados presentan en su estator polos salientes, provistos cada uno de su propia bobina de excitación.

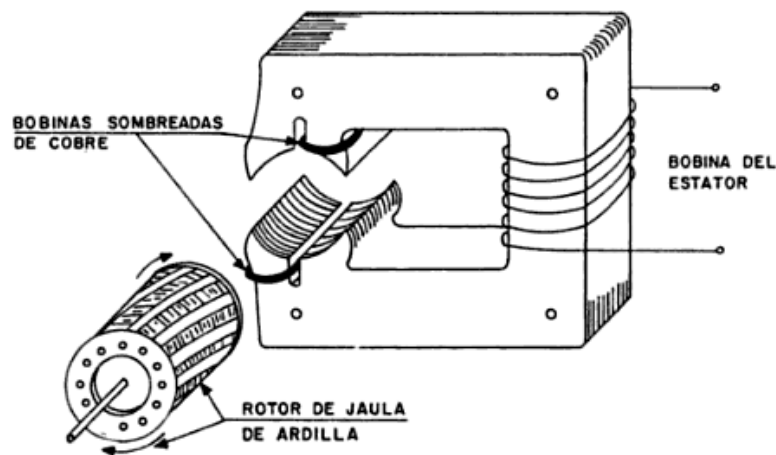


Figura 2.44. Composición de un motor de polos sombreados.

Un polo sombreado es un polo magnético que se encuentra físicamente seccionado y que poseen pequeños segmentos que están rodeados por una espira gruesa de cobre (bobina sombreada), ubicadas cada una a 180° en la periferia del estator como se aprecia en el **gráfico 2.44**. Esta bobina permite que el campo magnético se desplace hacia atrás y pase por la cara de la pieza polar.

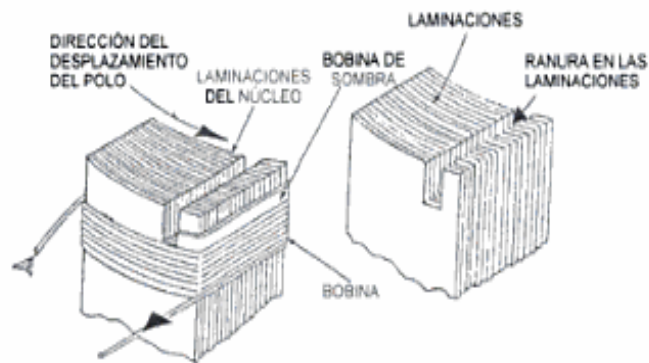


Figura 2.45. Estructura de un polo sombreado.

Principio de funcionamiento

Cuando se aplica un voltaje alterno a la bobina polar, en ella circula una **corriente** I_1 , la misma que produce un **flujo 1**. Este flujo induce una **corriente** I_2 , en la bobina sombreada y en las barras del rotor, produciendo los **flujos 2 y 3** opuestos al **flujo 1**.

Cuando los **flujos 2 y 3** en el instante de arranque, son más grandes, que el **flujo 1**, estos se atraen desde el polo norte al sur, provocando que el motor gire (efecto campo deslizante).

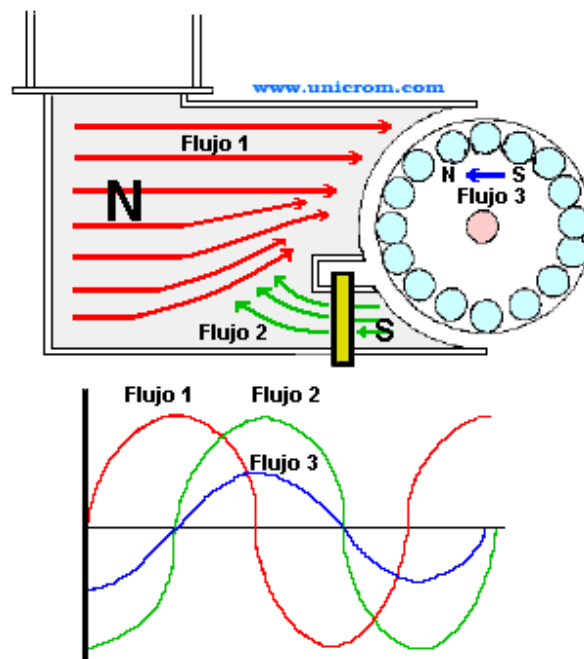


Figura 2.46. Principio de funcionamiento de un motor de polos sombreados.

En los motores con polos sombreados para el cálculo de su velocidad teórica de funcionamiento lo podemos hacer mediante la expresión:

$$n = \frac{60 \times f}{p}$$

Donde:

n = velocidad teórica de funcionamiento en rpm.

f = frecuencia de la corriente alterna.

p = número de polos principales del estator.

Entre las características principales de este tipo de motor tenemos:

- Son motores que trabajan con baja potencia y pequeño par de arranque.
- Funcionan solo con corriente alterna.
- El sentido de rotación del motor lo determina la posición de las bobinas de sombreado.
- En la mayoría de motores de este tipo, no disponen de un sistema de enfriamiento.
- Son de simple fabricación y no requieren un mantenimiento frecuente.
- Son utilizados frecuentemente en ventiladores, tocadiscos, etc.

a.2 Trifásicos

Los motores trifásicos asíncronos, como su nombre lo indica, son motores de tres fases. Es decir, poseen tres bobinas desfasadas 120°, cada una correspondiente

a cada una de las fases. Este motor presenta sus bobinas conectadas en estrella o en triángulo.

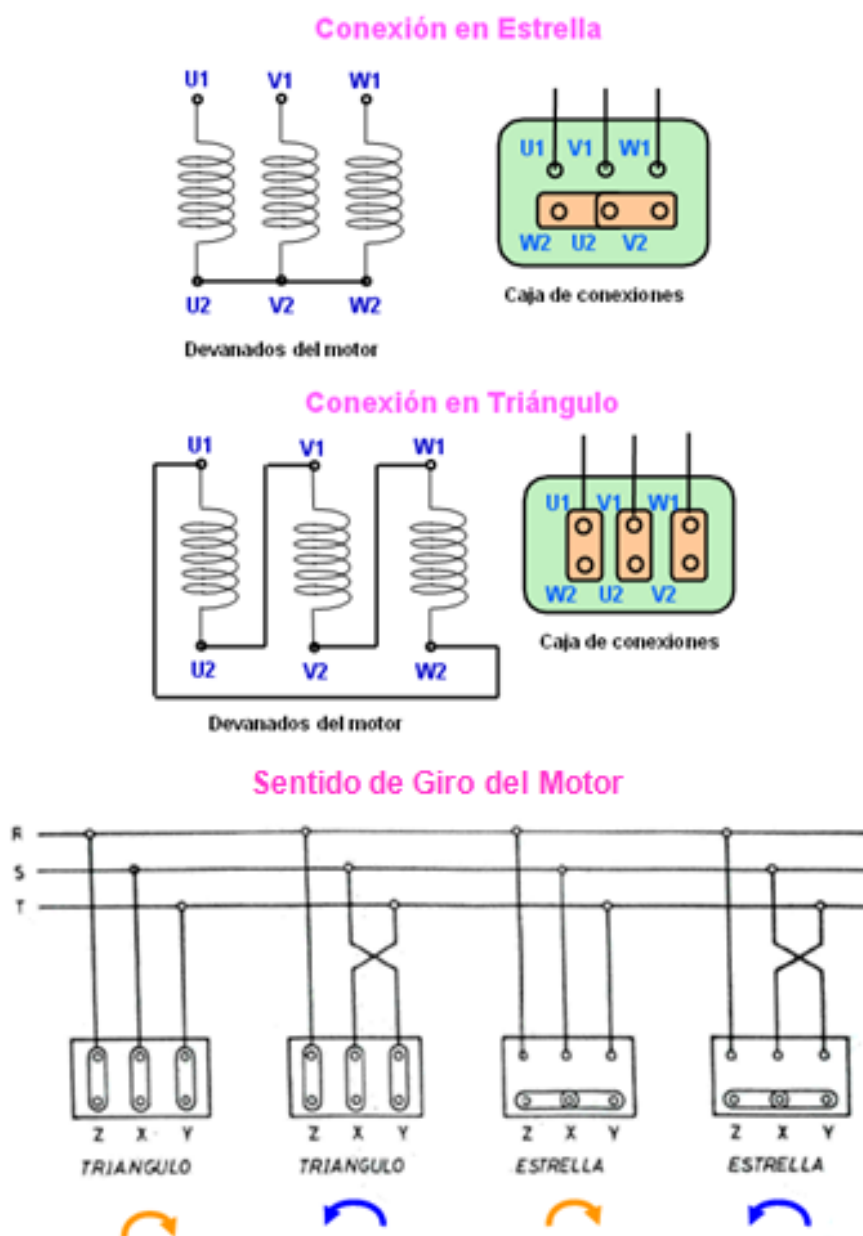


Figura 2.47. Conexión y sentido de giro de un motor trifásico asíncrono

a.2.1 Motor de Inducción

El motor trifásico asíncrono o de inducción con jaula de ardilla está constituido por tres bobinas desfasadas 120° y un rotor del tipo jaula de ardilla.

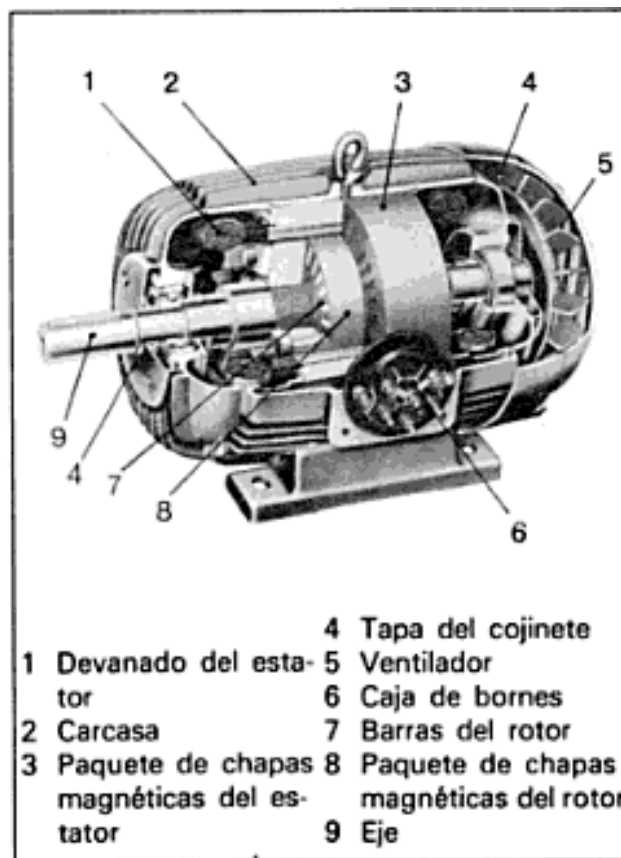


Figura 2.48. Motor trifásico asíncrono de rotor jaula de ardilla.

Su funcionamiento se basa en aplicar una corriente sobre las bobinas inductoras trifásicas; las cuales crearán un campo magnético giratorio que cortará los conductores del rotor y se formará una fuerza electromotriz que inducirán al rotor, jaula de ardilla, una tensión, y lo pondrá en movimiento.

b) Rotor Devanado

Estos motores asíncronos de rotor devanado tiene el mismo principio de funcionamiento que un motor jaula de ardilla, la única diferencia radica en su rotor

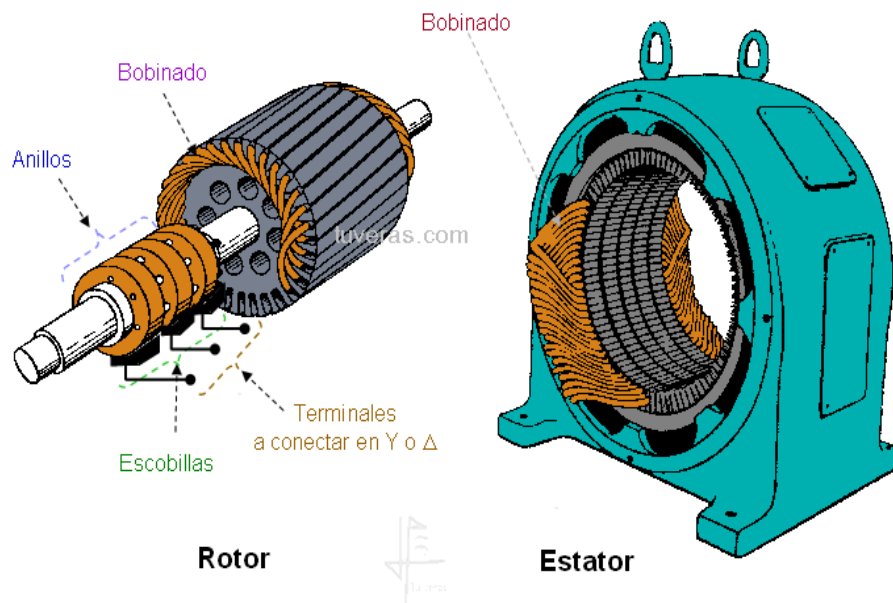


Figura 2.49. Motor de rotor devanado

El rotor está constituido de bobinas; las mismas que están conectadas por sus terminales a unos anillos rozantes de cobre, montados sobre el mismo eje. Estos anillos, conjuntamente, con unos resistores; colocados al exterior del circuito permiten controlar las características par – velocidad de estos motores.

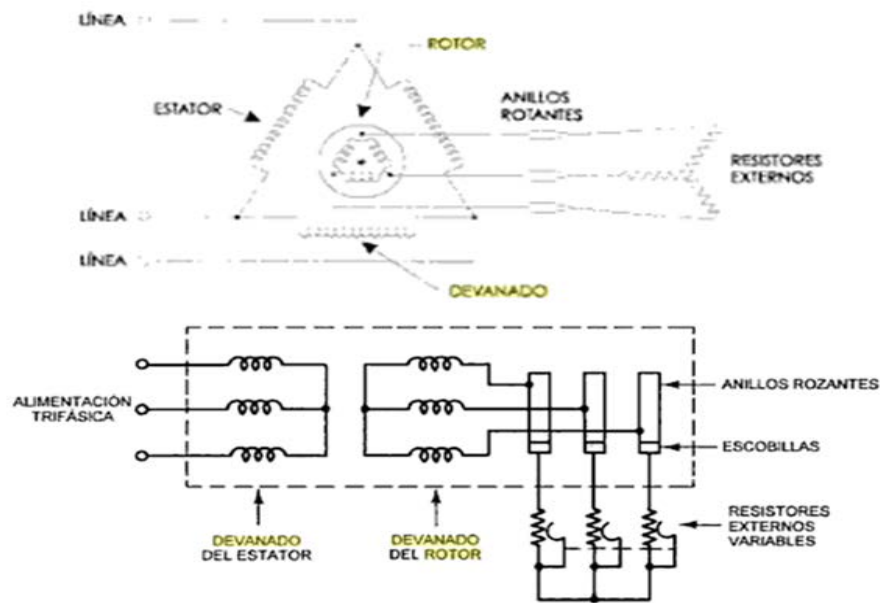


Figura 2.50. Diagramas esquemáticos de un motor de inducción con rotor devanado

El par motor de estos motores está controlado por el diseño de su rotor; mientras, su velocidad estaría controlada por los resistores externos utilizados.

b.1 Monofásicos

b.1.1 Motor Universal

Los motores universales del tipo de rotor bobinado tienen su funcionamiento similar a los motores en serie de corriente continua, pues, su diferencia radica en que pueden trabajar con corriente continua o con corriente alterna.

Su construcción y diseño es muy semejante con respecto al de motor en serie, teniendo ciertas modificaciones en:

- Sus núcleos y circuitos magnéticos están elaborados de chapas de hierro de silicio, están tan bien diseñadas que reducen las pérdidas de energía que se

ocasionan por las energías parasitas que se dan al conectarse el motor a una fuente de corriente alterna.

- Presentan un menor número de espiras en los devanados estáticos, para evitar la saturación magnética del rotor. Mientras que en el rotor se aumenta el número de espiras en sus bobinas para compensar la reducción que se hace en las bobinas estáticas
- Presentan un mayor par de arranque y de velocidad con respecto a los motores de inducción en serie.

Estos motores tienen su aplicación en herramientas portátiles, y electrodomésticos pequeños.



Figura 2.51. Motor Universal

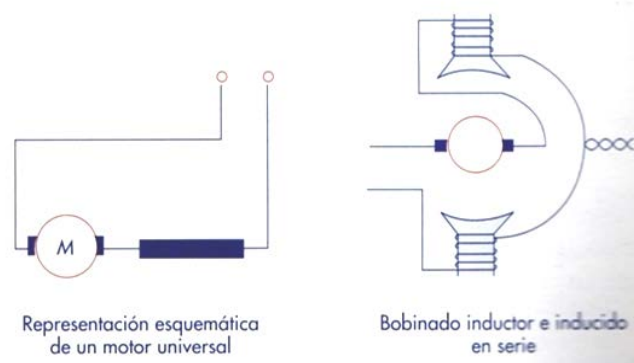


Figura 2.52. Esquema de conexión de un motor universal

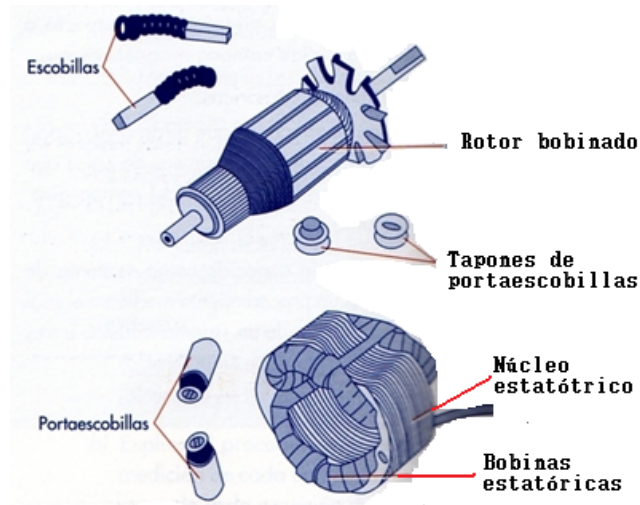


Figura 2.53. Despiece de un motor universal.

b.1.2 Motor de Inducción-Repulsión

Los motores monofásicos asíncronos de inducción-repulsión tienen características semejantes a las de un motor en serie. Este posee:

- El estator tiene en su interior solo un devanado de campo (devanado monofásico).
- Un rotor que posee bobinas, que están conectadas a los segmentos del conmutador con escobillas cortocircuitadas.
- Portaescobillas y escobillas.
- Switch centrifugo.

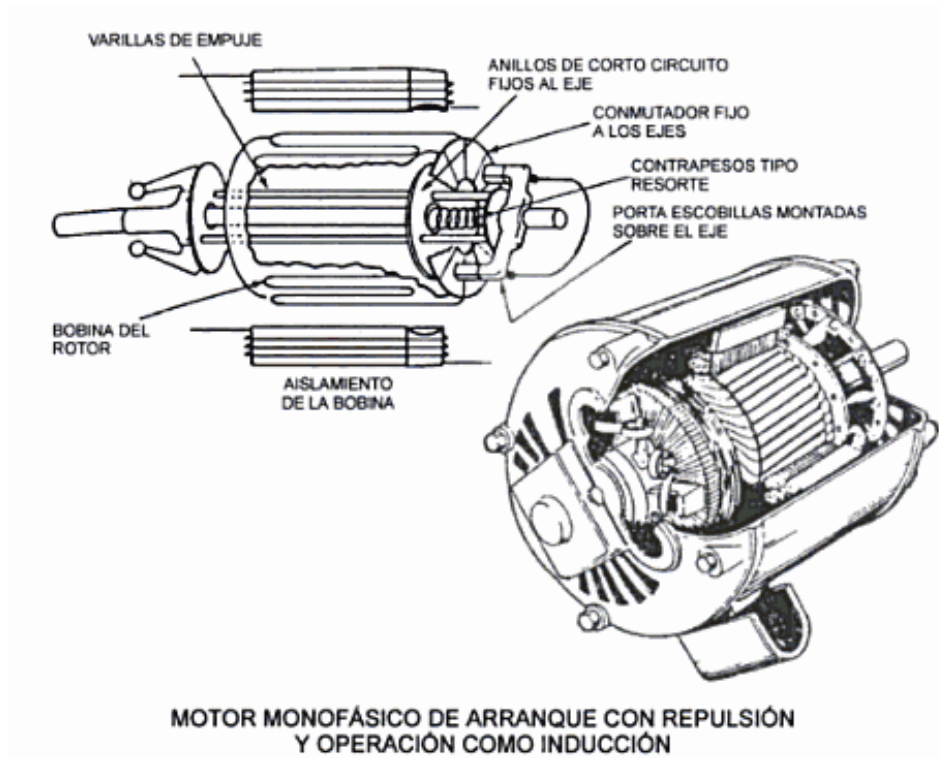


Figura 2.54. Partes del motor de impulsión repulsión.

Principio de Funcionamiento.

Cuando el motor está parado, el switch centrífugo mantiene en contacto el conmutador con los anillos de cortocircuito. Al aplicar una tensión circula corriente por el devanado de campo del estator, a la vez se induce una corriente en las bobinas del rotor, provocando un campo magnético, en donde el polo norte del rotor queda cerca del polo norte del estator produciéndose una repulsión, originando el movimiento del motor.

La repulsión solo se da en una dirección debido a la rotación del rotor y al movimiento de la bobina del rotor con relación al devanado de campo.

Al alcanzar el rotor el 80% de su velocidad nominal, el switch centrífugo haciéndolo funcionar como un rotor jaula de ardilla (motor de inducción).

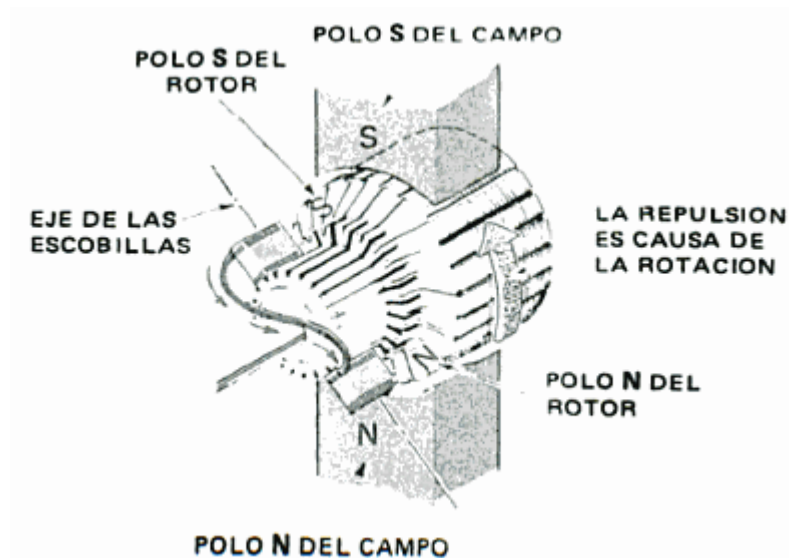


Figura 2.55. Motor monofásico de impulsión repulsión con escobillas cortocircuitadas.

Estos tipos de motores se aplican para arrancar cargas pesadas sin solicitar demasiada corriente. Su potencia varía desde 0,5 HP – 20 HP, y se los utilizan generalmente en compresores de aire, equipos de refrigeración, etc.

b.2 Trifásicos

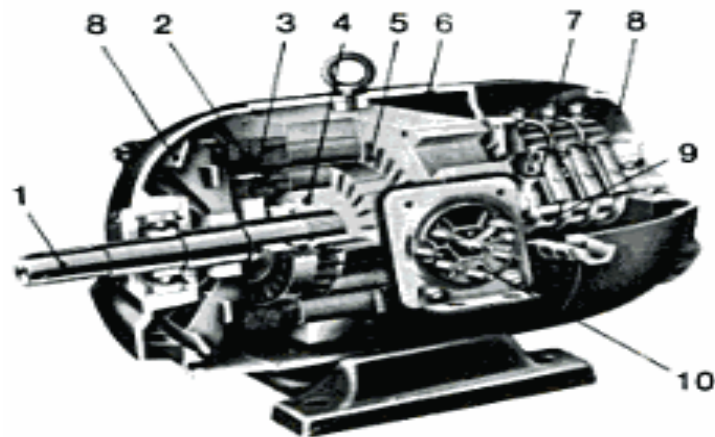
b.2.1 Motor de rotor devanado

Los motores de rotor devanado se caracterizan por:

- Tiene un rotor que aloja en sus ranuras un conjunto de bobinas que están conectadas al exterior por anillos deslizantes.
- Posee un mismo número de bobinas en el rotor como en el estator.
- Su tipo de conexión es generalmente en estrella y el contacto de los anillos deslizantes con los bornes lo hace a través de escobillas de carbón.

- Posee una resistencia alta para dar un par de arranque elevado que va desde 200% - 300% del par a plena carga.
- Posee una velocidad de aceleración buena.
- En el momento de su accionamiento, se debe aplicar una fuente de alimentación trifásica del mismo valor y frecuencia que vienen especificados en cada motor.

El principio de funcionamiento del motor trifásico de rotor devanado es idéntico que el de rotor de jaula de ardilla, con la diferencia que en el rotor devanado su corriente se la puede controlar por los resistores conectados al exterior del circuito del rotor.



- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1 Eje | 6 Carcasa |
| 2 Devanado del estator | 7 Soporte de las escobillas |
| 3 Devanado del rotor | 8 Tapa del cojinete |
| 4 Paquete de chapas del rotor | 9 Anillos rozantes |
| 5 Paquete de chapas del estator | 10 Caja de bornes |

Figura 2.56. Partes de un motor trifásico de rotor devanado.

2.5.2.2. Síncrono

Los motores síncronos se caracterizan por:

- Su velocidad es constante en cualquier estado de carga; es decir el rotor gira a la misma velocidad que el campo magnético del estator.
- La velocidad de giro del motor depende de la frecuencia de la tensión que se le aplica al motor y su número de pares de polos. (Velocidad de sincronismo).
- El motor síncrono utiliza el principio del campo magnético giratorio producido por el estator.
- El rotor tiene un grupo de polos salientes que son excitados por un devanado; por el cual circulará una corriente directa, suministrada por un excitador externo. Además, en sus endiduras lleva un devanado tipo jaula de ardilla (similar al de un motor asíncrono trifásico), que permitirá el arranque del motor.
- El estator posee un núcleo magnético ranurado con un devanado imbricado trifásico, idéntico al de un motor de inducción trifásico.

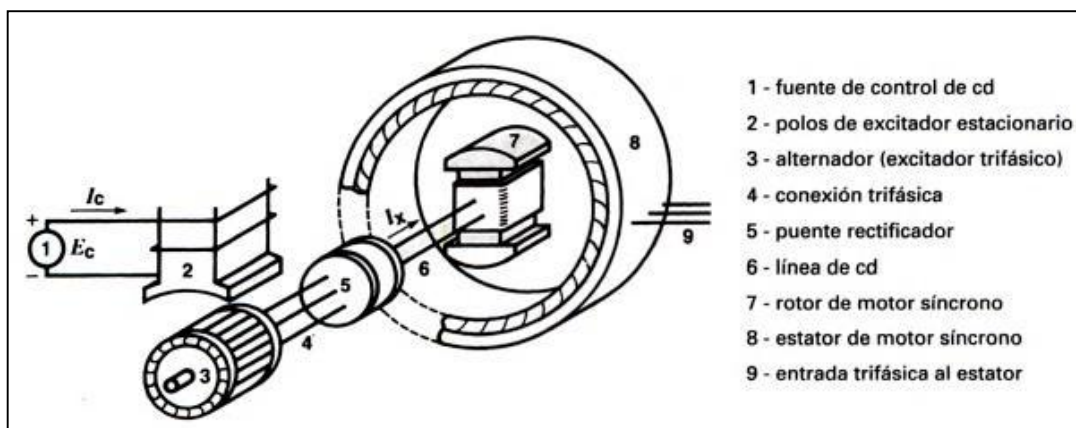


Figura 2.57. Componentes principales de un excitador sin escobillas para un motor síncrono

Principio de Funcionamiento

El principio de giro de los motores síncronos, inicia con la aplicación de una alimentación de corriente alterna a las bobinas estatóricas; esta alimentación permite generar un campo magnético que va a interactuar con el devanado tipo jaula de ardilla del rotor. Esta interacción permite que el motor empiece a girar, y empieza a acelerarse hasta una velocidad próxima de sincronización. Mientras el rotor funciona cerca de la velocidad de sincronización se excita el rotor con corriente directa produciendo polos **N** y **S** alrededor de la circunferencia del rotor lo que permite que se acople enseguida con los polos opuestos a estos que se generan en el estator.

Es importante, tener presente que la excitación de corriente directa del rotor debe ser en el momento exacto, por lo que se provee de los arrancadores de motores de síncrono.

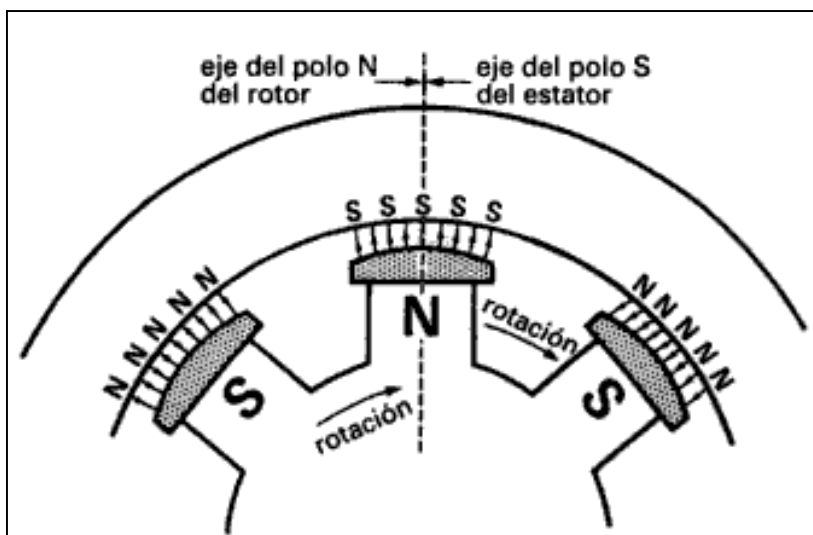


Figura 2.58. Representación del momento de sincronización del rotor con el estator.

(Los polos del rotor son atraídos por los polos opuestos del estator).

Para calcular la velocidad o los parámetros que influyen en ella, se lo puede hacer mediante la expresión:

$$n = \frac{60 \times f}{p}$$

Donde:

n = revoluciones por minuto (velocidad de sincronización).

f = frecuencia de la red a la que se conecta el motor.

p = número de par de polos que tiene el motor.

2.5.2.3. Controladores de Frecuencia

Tomando en consideración los distintos parámetros que influyen en la variación de la velocidad del motor, de acuerdo a la formula:

$$n = \frac{60 \times f}{p}$$

Podemos deducir que se lo puede realizar modificando o variando:

- La frecuencia de la red de alimentación del motor.
- El número de polos del motor.

El procedimiento más factible y práctico es variar la frecuencia de alimentación suministrada al motor, mediante un controlador de frecuencia.

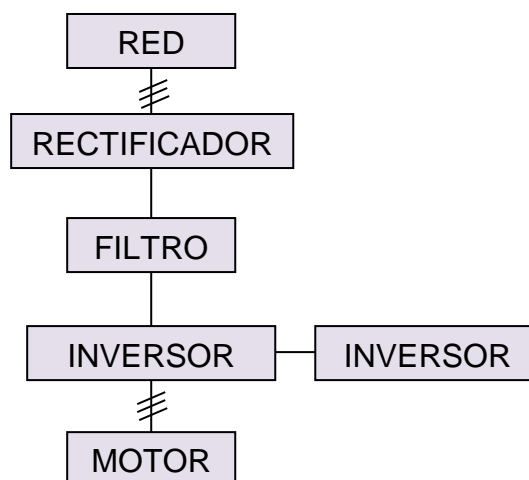
El controlador de frecuencia es un instrumento electrónico destinado a modificar la frecuencia de la fuente de alimentación y la velocidad rotacional del motor.



Figura 2.59. Controlador de Frecuencia (modelo 1234)

Principio de Funcionamiento

Su funcionamiento inicia con el paso de la corriente alterna de 50 Hz por un rectificador (tiristores) para ser convertidos a corriente directa, luego pasan a un filtro, para que la salida sea lineal. Una vez que la tensión continua es purificada pasa a la etapa de conmutación para convertirse en corriente alterna; para esta vez ser controlada por un conjunto de transistores PWM o tiristores.



Este sistema de disparo de tiristores o transistores PWM pueden modificar la frecuencia de 0 – 440 Hz, lo que permitirá un aumento o disminución de la velocidad del rotor.

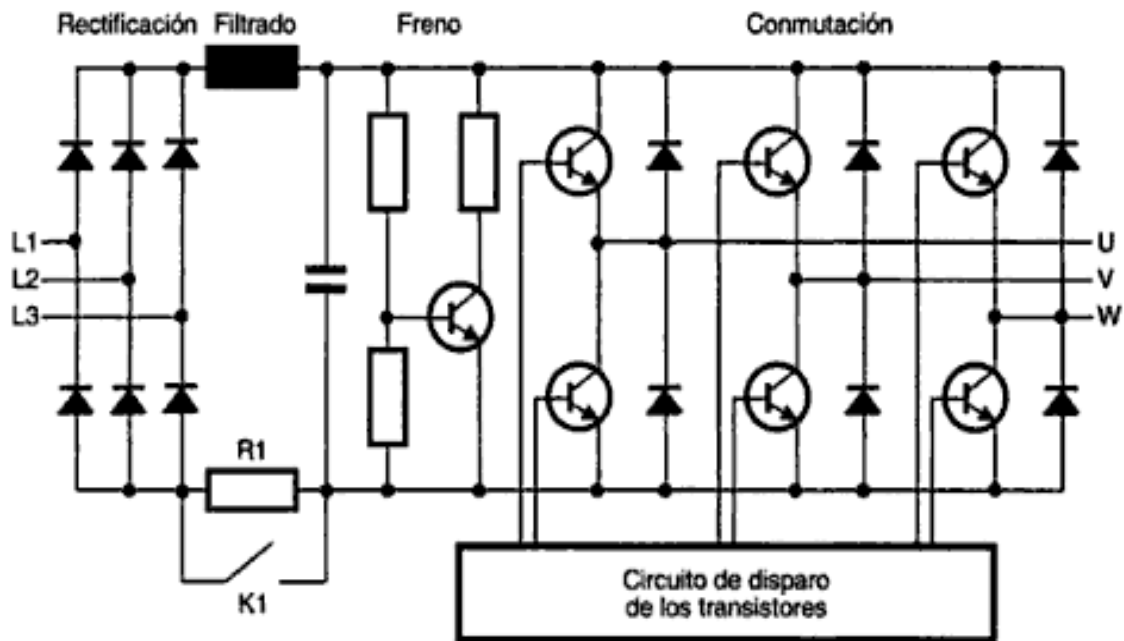


Figura 2.60. Esquema de un controlador de frecuencia controlado por transistores.

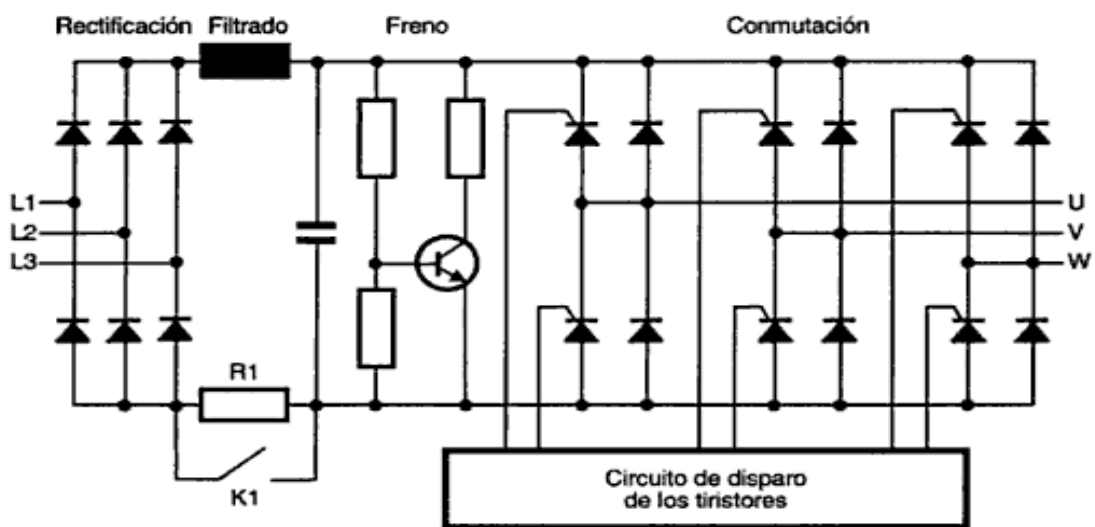


Figura 2.6.1. Esquema de un controlador de frecuencia controlado por tiristores.

Ventajas de un controlador de frecuencia.

- No necesita de mantenimiento.
- Se los pueden utilizar en motores estándar.
- Se los pueden utilizar en los motores sin hacerles modificaciones.
- Puede ser controlado a cualquier distancia.
- Se puede mantener una velocidad constante a cualquier acoplamiento de carga.
- Se puede programar su funcionamiento.

2.6. APLICACIONES Y FALLAS DE LOS MOTORES ELECTRICOS

APLICACIONES DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS	
MOTOR	APLICACIÓN
Motor en serie CD	<ul style="list-style-type: none">• Trenes eléctricos.• Grúas y malacates eléctricos, etc.
Motor shunt CD	<ul style="list-style-type: none">• En los accionamientos para los generadores de corriente continua en los grupos motogeneradores de corriente continua
Motor compound CD	<ul style="list-style-type: none">• Máquinas herramienta.• Máquinas de tracción.

<p>Motor eléctrico sin escobillas CD</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vehículos y aviones a radiocontrol que funcionan con pilas. • Lectores de CD-ROM. • Ventiladores de ordenadores. • Motores para plumillas de registradoras gráficas. • Motores de en tacométricos.
<p>Motor paso a paso CD</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En la robótica. • Impulsores de papel de impresoras y graficadores X – Y. • Tecnología aeroespacial. • Control de discos duros, unidades de CR-ROM, DVD.
<p>Servomotor CD</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Movimientos de: palancas, timones, ascensores, etc. • Radio control • Robótica
<p>Motor sin núcleo CD</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Robótica. • Instrumentos médicos, etc.
<p>Motor asíncrono jaula de ardilla AC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Electrodomésticos. • Bombas. • Ventiladores de baja potencia. • Máquinas de escribir.

	<ul style="list-style-type: none"> • Máquinas herramientas. • Aire acondicionado.
Motor asíncrono rotor devanado AC	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas portátiles. • Electrodomésticos pequeños. • Compresores de aire. • Equipos de refrigeración.
Motor síncrono AC	<ul style="list-style-type: none"> • En el campo industrial. • Relojes eléctricos. • Reguladores automáticos, etc.

FALLOS EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS	
SÍNTOMAS	POSIBLES PROBLEMAS
EL MOTOR NO ARRANCA	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión muy por debajo de la tensión nominal del motor. <p><i>Fallas mecánicas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de lubricación de los cojinetes • Mal acoplamiento (trabamiento) del motor con su carga <p><i>Fallas eléctricas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mala conexión del motor con su fuente de alimentación • Cortocircuito de uno de sus

bobinados

- Deterioro de los colectores y escobillas

En motores monofásicos asíncronos

- Atasco del interruptor centrífugo
- Mal estado del relé de arranque
- Mal estado del condensador (motores con capacitor)

TEMPERATURA ELEVADA EN EL MOTOR

(temperatura de trabajo= 30 – 40 c más de la temperatura ambiente, dependiendo del tipo de aislamiento del bobinado del motor)

- En motores trifásicos, cortocircuitos parciales en las bobinas de campo, y del rotor; en el caso de motores con rotor devanado.
- En motores monofásicos, no se abre el interruptor centrífugo o el relé de arranque; lo que provoca la explosión del condensador instalado en el circuito del motor con capacitor

RUÍDOS, ZUMBIDOS Y TREPIDACIONES

Trepidaciones:

- Falta de lubricación de los cojinetes
- Cojinetes deteriorados

Zumbidos:

- Cortocircuito en las bobinas del motor, que a su vez producen una pequeña vibración en el motor

2.7. CARACTERÍSTICAS DE TORQUE Y POTENCIA DE LOS PRINCIPALES MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA Y MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

MOTORES	POTENCIA	TORQUE
Motor en serie CD	Su arranque debe realizarse con carga, y este puede alcanzar: <ul style="list-style-type: none">• Sin reóstato hasta 0,75Kw• Con reóstato sobrepasa los 0,75Kw• Su potencia oscila entre 0,18Kw - 15Kw	En su arranque puede alcanzar del 400 % al 450% de su par a plena carga.
Motor Shunt CD	Su arranque debe efectuarse sin carga y este puede alcanzar: <ul style="list-style-type: none">• Sin reóstato hasta 0,75Kw	En su arranque puede alcanzar del 125 % al 250% de su par a plena carga.

	<ul style="list-style-type: none"> • Con reóstato sobrepasa los 0,75Kw • Su potencia oscila entre 0,18Kw - 15Kw 	
Motor Compound CD	<p>Su arranque puede efectuarse con o sin carga de cualquier forma este puede alcanzar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con reóstato sobrepasa los 0,75Kw • Su potencia oscila entre 0,18Kw - 15Kw 	<p>En su arranque puede alcanzar del 300% al 400% de par a plena carga.</p>
Motor eléctrico sin escobillas CD	<p>Su potencia en la mayoría de motores va desde 0,01Kw – 1Kw</p>	<p>En su arranque puede alcanzar un par de 0,023Nm – 2,1Nm</p>
Motor paso a paso CD	<p>Su potencia en la mayoría de motores va desde 0,015Kw – 0,16Kw</p>	<p>En su arranque puede alcanzar un par de 0,035Nm – 0,214Nm</p>
Motor Sin Núcleo CD	<p>Su potencia en la mayoría de motores va desde 0,030Kw – 0,6Kw</p>	<p>En su par de arranque puede alcanzar un par de 0,09Nm – 5Nm</p>

<p>Motor Asíncrono Monofásico CA</p>	<p>Su potencia en la mayoría de motores va desde 0,1Kw – 4Kw</p>	<p>Su par estará seccionado de acuerdo a su tipo de arranque:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sin condensador es 175 % del par nominal. • Con condensador es 350 % del par nominal. • Con doble condensador es 150 % del par nominal.
<p>Motor Asíncrono Trifásico CA</p>	<p>Su potencia en la mayoría de motores va desde 0,09Kw – 525Kw</p>	<p>En su arranque puede alcanzar del 180% - 250 % del par nominal.</p>
<p>Motor Síncrono CA</p>	<p>Su arranque debe efectuarse sin carga, en la mayoría de motores su potencia va desde 0,0005W – 31,3Kw</p>	<p>En su arranque puede alcanzar un par de 0,0055Nm – 203Nm</p>

2.8. COMPARACIÓN DE MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA Y MOTORES DE CORRIENTE CONTINÚA

MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA	MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA
Fácil control	Difícil control
Construcción compleja	Construcción sencilla
Precio alto	Precio bajo
Mayor mantenimiento	Poco mantenimiento.
Rendimiento medio	Rendimiento excelente
Controlador de velocidad sencillo y poco costoso	Controlador de velocidad complejo y de alto costo
Potencia va de 0,05 HP hasta 30 HP en su mayoría	Potencia va de 0,16 HP hasta 50 HP en su mayoría.

CAPÍTULO 3

3. APLICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

3.1. ADAPTACIONES MECÁNICAS

3.1.1. Carrocería

ANTES



Figura 3.1 Camioneta Datsun 1000 antes de modificar su carrocería.

DESPUES



Figura 3.2 Camioneta Datsun 1000 después de modificar su carrocería.

3.1.1.1. Alivianamientos

Antes de convertir un auto con motor de combustión interna, lo primero en tomar en cuenta es su peso y la velocidad que se quiere alcanzar, bajo estos dos parámetros se calcula el tipo de motor y el banco de baterías a utilizarse; si se desea tener mejor rendimiento y eficiencia del motor una vez calculado, es primordial reducir el peso del auto al máximo para aumentar la autonomía de energía de las baterías.



Figura 3.3 Pesando la camioneta (660 kg)



Figura 3.4 Camioneta antes de ser alivianado su peso



Figura 3.5 Desprendiendo el guardachoque posterior



Figura 3.6 Guardachoque posterior desmontado



Figura 3.7 Partes eliminadas de la camioneta



Figura 3.8 Alivianamiento de las puertas

3.1.1.2. Reemplazo de partes en mal estado (lateado)

Las partes en mal estado se reemplazaron con lata galvanizada desde 0,75 mm hasta 1,10 mm de espesor y se utilizó suelda autógena para soldarlas. En casos especiales como la estructura de puertas, y reforzamiento del balde para el banco de baterías se utilizó suelda eléctrica con electrodo 6011 para unir la lata galvanizada de 1,10 mm y las platinas de acero cuyo espesor fue desde 2 mm hasta 6,35 mm.

a) Guardafango

En el guardafango a más de reemplazar las partes en mal estado, se realizo algunas modificaciones a su forma y diseño, debido al alojamiento de los paneles solares, guías y la base de los generadores eólicos.

ANTES



Figura 3.9 o Partes en mal estado antes de ser cambiadas.

DESPUES



Figura 3.10 Partes arregladas con lata galvanizada de 0,9 mm de espesor en la parte posterior y 0,75 mm de espesor en la parte frontal y superior.

b) Cabina

ANTES



Figura 3.11 Partes en mal estado antes de ser cambiadas.

DESPUES



Figura 3.12 Las partes en mal estado del túnel fueron reemplazadas con lata galvanizada de 0,9 mm de espesor y el parante con lata galvanizada de 0,75 mm de espesor.

c) Balde

En el balde a más de cambiar las partes en mal estado, se hicieron algunas modificaciones para el alojamiento de los paneles solares, guías posteriores y se reforzó los puentes donde van ir alojadas las baterías con lata galvanizada de 1,10 mm de espesor.

ANTES



Figura 3.13 o Partes en mal estado antes de ser cambiadas y modificadas

DESPUES



Figura 3.14 Balde reparado en los costados con lata galvanizada de 0,9 mm de espesor y puente reforzado con lata galvanizada de 1,1 mm de espesor para las baterías.

3.1.1.3. Estética de la camioneta.

ANTES



Figura 3.15 Camioneta antes de ser pintada

DESPUES



Figura 3.16 Camioneta pintada

3.1.2. Transmisión

3.1.2.1. **Maquinado de la placa de aluminio que acopla el motor eléctrico con la caja de cambios original de la camioneta.**

Antes de desmontar el motor de combustión interna se debe tomar como medida de referencia la posición de la caja de cambios con respecto a la carrocería, para una perfecta alineación posterior del motor eléctrico con la caja de cambios y pueda estar en su posición original.

En la unión del motor eléctrico con la caja de cambios utilizamos dos placas de aluminio.

- La primera placa de aluminio posee un diámetro de 175 mm con un espesor de 11 mm la misma que tiene la forma del motor eléctrico.
- La segunda placa de aluminio posee la forma de la caja de cambios con un espesor de 17 mm.

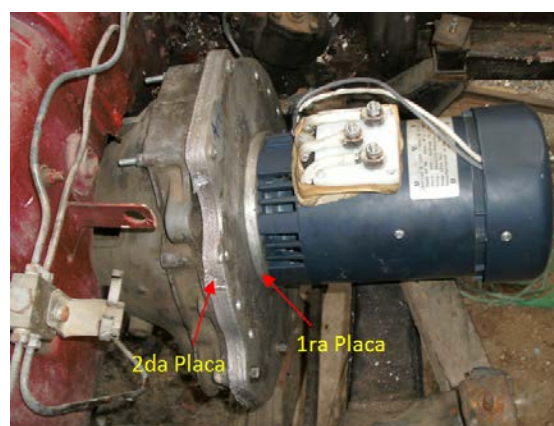


Figura 3.17 Placas de aluminio que acoplan el motor eléctrico con la caja de cambios

3.1.3. Adaptación del motor eléctrico

JUSTIFICACIÓN DEL MOTOR ELECTRICO

El motivo por el cual elegimos el motor eléctrico Ac-15 de 43Hp a 72 voltios fue que el peso del vehículo sobrepasa los 1100kg entonces necesitamos un motor que nos entregue el torque suficiente para poder abastecer las necesidades a las cuales va a estar expuesto el mismo es ahí donde entra el motor eléctrico antes mencionado que decidimos elegir después de calcular la potencia necesaria en base al peso total del vehículo mediante la fórmula:

Suponiendo peso del vehículo de 1100 Kg total con pasajero.

$$\text{Fuerza debido al peso sobre el piso} = 1100 \times 9,8 = 10780 \text{ (N)}$$

$$\text{Coeficiente asfalto} = 0,017$$

$$\text{Fuerza de fricción cinética} = F_k = 0,017 \times 10780 = 183,26 \text{ (N)}$$

$$\text{Fuerza por fricción con el aire} = F_a = 0,0332 \times 80 \times 80$$

$$F_a = 212,48$$

$$\text{Resistencia (fricción)} = F_k + F_a = 183,26 + 212,48 = 395,74 \text{ Newton}$$

$$\text{Potencia} = 395,74 \times 80 / 3,6 \text{ en Watt.}$$

$$\text{Si velocidad es de 80 Km/H entonces Potencia} = 8794,22 \text{ (W)}$$

Considerando pérdidas mecánicas totales de un 50% tendremos:

Potencia motor = $8795/0.5 = 17590$ (W)=24HP

Este vehículo que pesa aproximadamente 1100 kg requiere una potencia mínima de 24 HP.

3.1.3.1. Motor eléctrico

El Motor eléctrico que utilizamos en la conversión es un motor de inducción AC de 43 HP con un torque máximo de 68 pies/libra y puede alcanzar un régimen de 7500 rpm, cuyo voltaje de operación es de 72 V y posee un peso de 46 libras.



Figura 3.18 Motor eléctrico de inducción AC de 43 HP

3.1.3.2. Maquinado del acople del motor eléctrico con el volante motor.

Antes de desmontar el volante motor del motor de combustión se debe medir la distancia existente entre los 2, ya que mediante esa medida se procede a fabricar

el acople, el cual puede exceder su medida hasta un 50% máximo con el fin de evitar roces con la caja de cambios.



Figura 3.19 Medición de la distancia del volante motor al motor de combustión interna

Una vez tenida la medida, se procede a fabricar la pieza de acople, el mismo que se recomienda fabricar en acero de transmisión para que resista altas torsiones y fuerzas.



Figura 3.20 Mecanizando la pieza de acople del volante y el motor eléctrico



Figura 3.21 Volante motor y motor eléctrico unidos mediante el acople de acero de transmisión

3.1.3.3. Embrague

El embrague a utilizar en este auto sigue siendo el mismo, el cual antes de su instalación se debe observar que este en perfecto estado, para una buena transmisión del movimiento del motor eléctrico a la caja de cambios, ya que este tipo de motor eléctrico puede alcanzar sin dificultad hasta 7500 rpm.



Figura 3.22 Disco de embrague

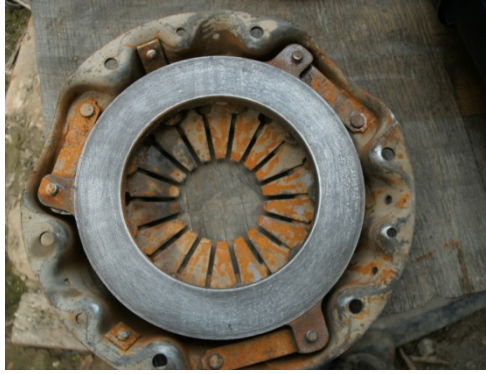


Figura 3.23 Plato de embrague



Figura 3.24 Embrague instalado en el volante motor

3.1.3.4. Instalación del motor eléctrico a la caja de cambios

Una vez que han sido fabricadas las piezas de acople y comprobado el perfecto armado de todos los elementos de acople y transmisión de movimiento en forma individual, se procede armar todas las piezas, en forma ordenada y correcta para su posterior instalación en la caja de cambios cuyo orden es:

1. Armar al motor eléctrico la pieza de acople del motor eléctrico con el volante motor.
2. Armar las placas aluminio 1 y 2 al motor eléctrico y poner la placa original que viene entre el motor de combustión y la caja de cambios.

3. Armar el volante motor a su pieza de acople.
4. Armar el embrague al volante motor
5. Armar todo el conjunto a la caja de cambios.



Figura 3.25 Conjunto de motor, acoples, volante y embrague

3.1.4. Frenos

El sistema de frenos es una de los sistemas de seguridad del auto muy importante a tener en cuenta antes de subirse a un auto, y al menos en un auto eléctrico su funcionamiento debe ser óptimo, debido a que en este tipo de vehículos no se puede bajar la velocidad mediante contramarchas, ya que es fácil vencer la inercia de este tipo de motores, es por ello que lo aconsejable es mejorar en lo más mínimo este sistema.

3.1.4.1. Reemplazo de la bomba de freno.



Figura 3.26 Bomba de freno en mal estado

3.1.4.2. Reemplazo de cañería en mal estado.



Figura 3.27 Cañerías en mal estado

3.1.4.3. Reemplazo de purgas y cilindros.



Figura 3.28 Reemplazo de cilindros y purgas en mal estado

3.1.4.4. Limpieza y regulación.



Figura 3.29 Limpieza de frenos



Figura 3.30 Regulación de frenos

3.1.4.5. Instalación del freno de mano



Figura 3.31 Adaptación de cables de freno de mano

3.1.5. Suspensión

3.1.5.1. Instalación de amortiguador faltante



Figura 3.32 Amortiguador

3.1.5.2. Reemplazo de abrazaderas que sujetan la funda de la corona con las hojas de los ballestas.



Figura 3.33 Abrazaderas de los hojas de ballestas

3.1.5.3. Fabricación de la base del amortiguador izquierdo.



Figura 3.34 Base del amortiguador izquierdo

3.1.6. Dirección

3.1.6.1. Reemplazo de los terminales de la dirección



Figura 3.35 Terminales de la Dirección

3.1.7. Adaptación del panel solar

JUSTIFICACION DE LA SELECCION DE LOS PANELES SOLARES

En primera instancia decidimos colocar 4 paneles solares fotovoltaicos por el costo que implica la adquisición de cada uno de ellos ya que cada uno tiene un valor por encima de los 600 dólares, además de que su adquisición se dificulta ya que en el país existen pocos proveedores de dichos paneles y para adquirirlos se debe pagar un adelanto del 50% y el pedido demora cerca de 3 meses para su entrega, el segundo motivo fue que el vehículo a modificarse (camioneta Datsun 1000 año 71) no nos ofrece el suficiente espacio para poder colocar la cantidad suficiente de paneles solares para producir una autonomía total; que en cálculos reales es de 50 paneles solares de 6amp cada uno ya que el motor consume cerca de 300amp. Entonces podemos concluir que para lograr una autonomía total necesitamos 50 paneles a un costo de 600 dólares c/u necesitaríamos cerca de 30000 dólares para su adquisición monto con el cual no contamos.

Es por este motivo que decidimos adaptar 4 paneles solares produciendo así una mejora en la autonomía del 8%. Los cuales son dos paneles solares de 80w, cuyas dimensiones (1200x550x35mm) fueron idóneas para ser adaptados el uno en el techo de la camioneta y el otro en el capot del mismo. Por su parte los dos paneles restantes de 110w calzaron perfecto en la parte superior del balde de la camioneta actuando además

como tapas protectoras para el banco de baterías instalado en la parte posterior de la camioneta.

Según datos proporcionados por PROVIENTO SA durante el día tenemos 12 horas como máximo para aprovechar los rayos solares y generar energía, ya que en la noche no podemos; y dentro de este tiempo como promedio, solo 3 horas durante el día genera electricidad a su potencia nominal, es decir en nuestro sistema instalado tenemos:

2 paneles de 110 W y 2 paneles de 80 W que nos da un total de 380 W

$$380 \text{ W} \times 3 \text{ horas} = 1140 \text{ W/h por día.}$$

3.1.7.1. Adaptación de dos paneles solares de 110 watts de 12 V en la estructura del balde de la camioneta.



Figura 3.36 Base de sujeción de los paneles



Figura 3.37 Instalación de bisagras en los paneles



Figura 3.38 Paneles solares del balde instalados

3.1.7.2. Adaptación de un panel solar de 80 watts de 12 V en la parte del techo de la camioneta.



Figura 3.39 Proceso de adaptación del panel solar en el techo

3.1.7.3. Adaptación de un panel solar de 80 watts de 12 V en la parte del capot de la camioneta.



Figura 3.40 Proceso de adaptación del panel solar en el capot

3.1.7.4. Conexiones eléctricas de los paneles.

Los paneles se los conecto en serie y luego se los conecto al controlador y regulador de voltaje para ser conectados al banco de baterías.

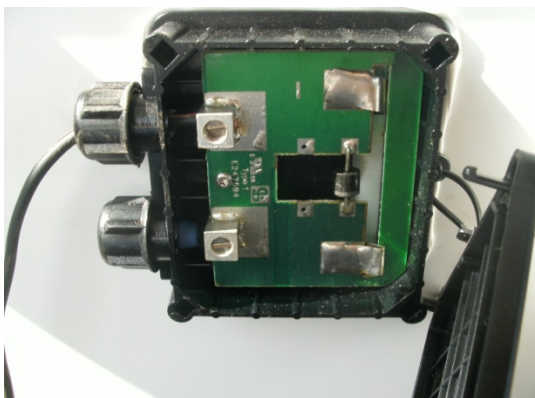


Figura 3.41 Caja de conexiones del panel



Figura 3.42 Conexiones en serie de los paneles



Figura 3.43 Conexiones al regulador de voltaje de los paneles

3.1.8. Adaptación de aspas generadoras de energía eólica

Las bases de los generadores eólicos fueron construidas con platina de acero de 1/8 x 2 pulg y varillas de acero de 8 mm de espesor.



Figura 3.44 Proceso de adaptación de los generadores eólicos

3.1.9. Adaptación de transformador de corriente eléctrica doméstica a corriente continúa.

Para cargar las baterías del vehículo instalamos un cargador Zivan NG1 de 48V con corriente de entrada de 110 AC con una capacidad de carga de 120 AH, el mismo que monitorea constantemente el estado de carga de las baterías mediante un sensor de temperatura ubicado en el banco de baterías



Figura 3.45 Cargador Zivan NG1



Figura 3.46 Sensor de Temperatura e indicador de carga de las baterías



Figura 3.47 Instalación del cargador de baterías

3.1.10. Carga del motor eléctrico

3.1.10.1. Banco de baterías.

El motor eléctrico instalado en el auto posee un voltaje de operación de 72 V, empleamos un banco de baterías de 48 V. Las baterías utilizadas en nuestro sistema son de ciclo profundo marca Trojan T105 de 6V que tienen una capacidad de almacenaje de energía de 225 Amperios; por ende pusimos un banco de 8 baterías, repartiendo su peso en la camioneta para que tenga una mejor estabilidad.

Las baterías de ciclo profundo son capaces de soportar descargas totales de energía; pero es recomendable descargarlas hasta en un 50 % de su capacidad de energía para alargar su vida útil.



Figura 3.48 Batería Trojan T105

Para el banco de baterías fabricamos un soporte de ángulo de acero de $\frac{3}{16}$ x $1\frac{1}{2}$ pulg. y como tapa utilizamos ángulo de acero de $\frac{1}{8}$ x $\frac{3}{4}$ pulg, sujetos a la base mediante barillas de acero soldados en un extremo pernos de $\frac{1}{4}$ x 3 pulg de largo.



Figura 3.49 Soporte de las baterías del balde



Figura 3.50 Banco de baterías posterior de la camioneta



Figura 3.51 Soporte de las baterías en la parte delantera.



Figura 3.52 Banco de baterías frontal de la camioneta

3.1.10.2. Controlador de frecuencia

En el auto se utilizó un controlador curtis modelo 1238 de 48 V que se utiliza comúnmente en prestaciones de alta tracción y velocidad, que puede ser compatible con cualquier tipo de motores de AC. Además permite monitorear mediante CAN BUS, todo el sistema desde la temperatura, consumo de amperios y revoluciones del motor, así como el voltaje del banco de baterías, y la velocidad del auto.



Figura 3.53 Controlador Curtis 1238



Figura 3.54 Display Curtis monitoreando voltaje de baterías



Figura 3.55 Display Curtis monitoreando la velocidad



Figura 3.56 Display Curtis monitoreando el consumo de amperios del motor



Figura 3.57 Display Curtis monitoreando el numero de revoluciones del motor



Figura 3.58 Display Curtis monitoreando la temperatura del motor

Además este tipo de sistema junto con el motor AC 15 que pusimos en la camioneta proporciona un monitoreo de la generación de electricidad al desacelerar el motor, es decir en el momento que se deja de acelerar y la camioneta sigue en movimiento por la inercia de la velocidad que llevaba, este conjunto motor-controlador permite la generación de electricidad permitiendo que las baterías se carguen.



Figura 3.59 Display Curtis monitoreando la generación de electricidad

3.1.11. Señal de arranque.



Figura 3.60 Sistema de arranque apagado



Figura 3.61 Señal de arranque en el display curtis off



Figura 3.62 Sistema de arranque encendido

3.3 MOTO-GENERADOR

El sistema eléctrico de moto-generador se basa en el principio de que un motor eléctrico puede ser utilizado como generador. En resumen podemos decir que el principio de funcionamiento del sistema moto-generador en un motor eléctrico instalado en un vehículo consiste de la siguiente manera; cuando al motor lo estamos alimentando con corriente está realizando la función de un consumidor de esta manera el vehículo se pone en marcha pero cuando dejamos de alimentarlo con corriente este actúa de una manera tal que las terminales de alimentación se convierten en suministradoras de energía permitiendo de esta manera reducir la velocidad de dicho vehículo, transformando parte de su energía cinética en energía eléctrica es decir cuando se deja de acelerar el vehículo (suministrar corriente al motor) la inercia del mismo hace que el motor siga girando pero en este caso se convierte en un generador de corriente, la misma que será almacenada para su uso futuro. En vehículos de baterías y vehículos híbridos la energía generada por la inercia del motor es almacenada en un banco de baterías como es el caso de nuestro vehículo 100% Eléctrico. El sistema moto-generador se puede decir que funciona de manera efectiva al reducir la velocidad de un vehículo siempre y cuando esté girando a niveles bajos de velocidad. Si el movimiento del vehículo es decelerado, el flujo de corriente a través de la armadura del motor durante la desaceleración debe de ser contrario al que se utiliza para accionar al motor. Durante el frenado, las conexiones del motor de tracción son modificadas, mediante un dispositivo electrónico, para que funcione como un generador eléctrico.

Por ejemplo, los motores de corriente continua *brushless* (del inglés, sin escobillas), cuentan, normalmente, con sensores de efecto Hall para determinar la posición del rotor del motor, lo que permite tener información del vehículo y calcular cómo se ha de frenar la corriente generada en el motor hacia los sistemas de almacenamiento.

3.3.1 Esquema eléctrico del sistema moto-generator



Figura 3.65 Esquema de funcionamiento del sistema moto-generator ⁵¹

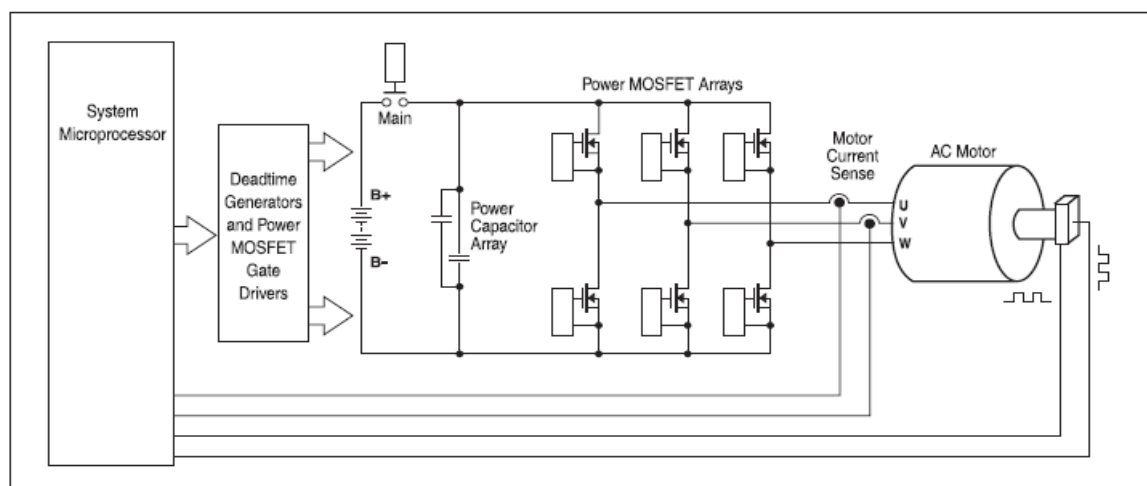


Figura 3.66 Esquema eléctrico del sistema moto-generator ⁵²

⁵¹ www.mecanicavirtual.org/images-hibridos/hibrido-funcion4.jpg

⁵² CURTIS Instruments, Curtis 1234/36/38 Manual. p/n 37022 Rev. D: July 2008, Pag A-3

CAPÍTULO 4

4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1 CONDUCCIÓN LINEAL

- El vehículo eléctrico en conducción lineal su velocidad va desde 1km/h - 80km/h con 2 pasajeros con un peso aproximado de 1000 Kg.
- En el arranque o inicio de marcha el motor consume 126 Amperios aproximadamente y su voltaje inicial es de 51.5 V



Figura 4.1 Vehículo en el inicio de marcha

- A una velocidad de 30 Km/h en tercera marcha el motor consume 70 Amperios a 931 rpm con una temperatura del motor de 116°C y su voltaje se encuentra en 49 V con un recorrido de 3 Km, cabe indicar que cuando se deja de acelerar el voltaje aumenta a 50.3 V. Además cabe indicar que a 15 Km/h las aspas de los generadores eólicos de arriba comienzan a generar electricidad y a una velocidad de 25 Km/h las aspas frontales comienzan a generar electricidad.



Figura 4.2 Conducción a 30 km/h

- A una velocidad de 60 Km/h en cuarta marcha el motor consume 110 Amperios a 1800 rpm con una temperatura del motor de 85°C y su voltaje se encuentra en 48,2 V en un recorrido de 24,3 Km.
- A una velocidad de 80 Km/h en cuarta marcha el motor consume 330 Amperios a 2600 rpm con una temperatura del motor de 110°C y su voltaje se encuentra en 38 V en un recorrido de 26,5 Km.



Figura 4.3 Conducción a 80 Km/h

4.2 CONDUCCIÓN EN DESCENSO

- En conducción en descenso acelerando el auto alcanza una velocidad de 90 Km/h el motor consume 387 Amperios a 3200 rpm con una temperatura del motor de 115°C y su voltaje se reduce hasta 37,5 V.
- En conducción en descenso desacelerando el auto con una velocidad inicial de 80 Km/h el motor genera 43 Amperios a 2500 rpm con una temperatura de 108°C y su voltaje pasa de 38 V a 46 V.



Figura 4.4 Conducción en descenso

4.3 CONDUCCIÓN EN ASCENSO

- En subida con una buena pendiente se conduce en primera marcha, el motor consume 157 Amperios a una velocidad de 10 Km/h a 1500 rpm y con una temperatura de 97°C.
- En una pendiente no muy pronunciada a una velocidad de 60 Km/h el motor consume 200 A a 2000 rpm y con una temperatura de 103°C.



Figura 4.5 Conducción en subida

4.4 PRUEBAS DE FRENADO

- A una velocidad de 40 Km/h el vehículo en el momento que se aplicó los frenos se detuvo a una distancia de 2,7 m.
- A una velocidad de 80 Km/h el vehículo en el momento que se aplicó el freno se detuvo a una distancia de 6,5 m.

4.5 AUTONOMÍA

La autonomía del vehículo a una velocidad promedio de 45 Km/h es de 60 Km.

En la autonomía y rendimiento de la energía de las baterías dependen mucho de la aceleración y esfuerzo que se le al vehículo, a mayor aceleración hay un mayor consumo de amperaje y por ende las baterías se descargan con mayor rapidez.

AUTONOMÍA DEL AUTOMÓVIL		
VOLTAJE (V)	RECORRIDO (Km)	VELOCIDAD (Km/h)
51,5	5	50
50,2	10	50
49,7	15	50
49,1	20	45
48,8	25	45
48	30	45
46	35	45
44,6	40	45
40	45	45
39,2	50	30
37,5	55	20
33,1	60	15

Tabla 4.1 Autonomía del automóvil

CONSUMO DE AMPERAJE EN FUNCIÓN DE RPM	
<i>RPM</i>	<i>AMPERIOS</i>
1000	53
1300	81
1960	120
2152	165
2438	280

Tabla 4.2 Consumo de amperaje

4.6 VELOCIDAD MÁXIMA

La velocidad máxima que alcanza el vehículo en conducción lineal es de 80 Km/h.

4.7 VELOCIDAD MÍNIMA.

La velocidad mínima que alcanza el vehículo en conducción es de 1Km/h.

CAPITULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- En la actualidad el proyecto de implementar un auto eléctrico no es viable por los costos de los equipos necesarios para la transformación de un vehículo a gasolina a un vehículo 100% ecológico.
- Debido a costos y falta de facilidad de obtención de generadores eólicos de gran potencia, no se logro tener mucho rendimiento en la aplicación de este tipo de generación de energía, a pesar que en países desarrollados están iniciando la implementación de este tipo de generación en algunos autos que están como prototipos explícitamente se está dando en la marca porche.
- La aplicación de la energía solar fotovoltaica para maximizar la autonomía del vehículo nos ayudo con un 8.18% de rendimiento ya que el espacio que ofrece un vehículo estándar es muy limitado como para colocar la cantidad de paneles solares necesaria para lograr una mejor autonomía.

- La relación peso y velocidad a querer obtener en un vehículo son los elementos claves para una buena elección del tipo de motor eléctrico a emplear en su vehículo.
- La forma de conducir en este tipo de autos, influye notablemente en la autonomía final del auto, mientras más se acelera sin necesidad alguna y en marchas inadecuadas el consumo de amperaje es alto y además ocasiona que los cables se calienten demasiado.

5.2 RECOMENDACIONES

- En conducción en ciudad como un día ordinario de actividades es recomendable una vez que se estacione dejar accionado el interruptor de carga de los paneles solares.
- Es recomendable manejar en ciudad en cuarta marcha, solo en casos necesarios se debe poner marchas bajas debido a que mientras menor sea el recorrido del pedal del acelerador menor es el consumo de amperaje y por ende su autonomía.
- Aplicar grasa en los bornes de baterías como protección ante la sulfatación.
- Proteger los cables de alta tensión con tubo PVC por el aumento considerable de temperatura en aceleraciones bruscas.
- Mantener libre de polvo y suciedades todos los componentes electrónicos y el motor eléctrico.
- No aplicar agua en ningún elemento electrónico y motor eléctrico.

BIBLIOGRAFIA

- MARTINEZ Domínguez, Fernando. Reparación y Bobinado de Motores Eléctricos. Spain: Thomson Editores. 2001.
- NAVARRO SALAS, Rodolfo, Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. 6° Ed. Pearson Educación de México, SA. 2007.
- ROLDAN Vitoria, José. Motores Eléctricos. Accionamiento de Maquinas. 30 Tipos de Motores. 3° Ed. Spain: Thomson Editores. 2001.
- HENRIQUEZ Harper, Gilberto. Control de Motores Eléctricos. 4° Reimpresión. México: Limusa Editores. 2002.
- PAUL. NASAR. UNNEWEHR. Introducción a la Ingeniería Eléctrica. Maquinas Eléctricas. 1° Ed. México: McGraw-Hill Interamericana. 1991.
- PERAGALLO Torreira, Raúl. Manual Básico de Motores Eléctricos. 4° Ed. Spain: Editorial Paraninfo. 2000.
- FITZGERALD, Arthur E. KINGSLEY, Charles. UMANS, Stephen D. Maquinas Eléctricas. 6° Ed. México: McGraw-Hill Interamericana. 2003.
- KOSOW, Irving L. Máquinas eléctricas y transformadores, Segunda Edición. México, Prentice-Hall Hispanoamérica Editores, 1993.
- ORGANIZACIÓN AUTO LIBRE, Curso de Conversión.