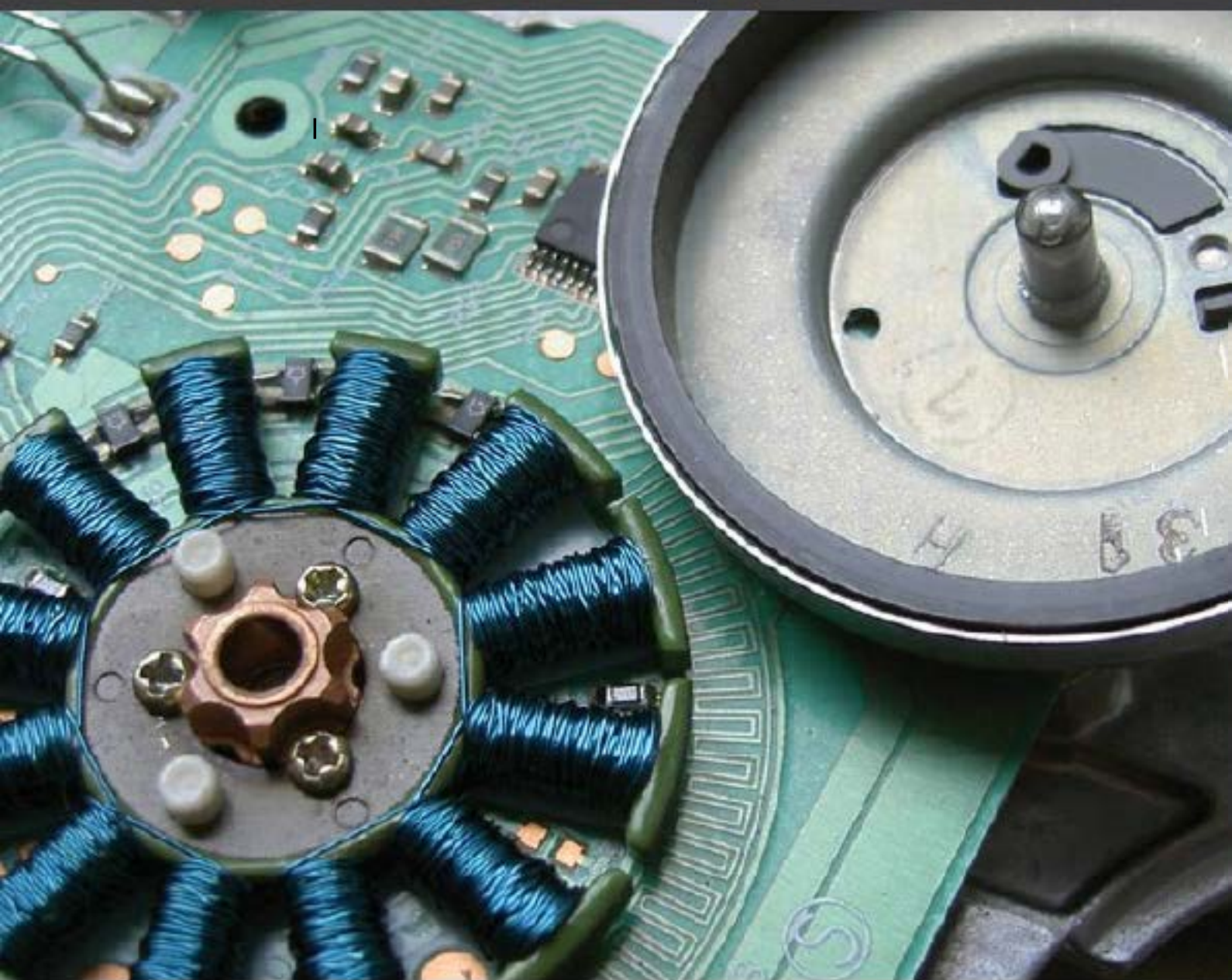




# **MATRIX** | ELECTRICAL MACHINES

Electrical machines for installation/Manual control



**MATRIX**

CP4160

[www.matrixtsl.co](http://www.matrixtsl.co)

Copyright 2009 Matrix Technology Solutions Limited

| <b>Tema</b>                                                                | <b>Página</b> |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Seguridad                                                                  | 3             |
| Introducción                                                               | 4             |
| Fuentes de alimentación                                                    | 5             |
| Recorrido por el kit                                                       | 6             |
| Puesta en marcha                                                           | 8             |
| Exploración de la fuente de alimentación de CC                             | 9             |
| Modulación por ancho de pulsos                                             | 10            |
| Actividad 1 - Ejercer par                                                  | 12            |
| ¿Qué es el par?                                                            | 13            |
| Actividad 2 - Explorando el motor de CC                                    | 14            |
| Actividad 3 - Explorando la dinamo                                         | 19            |
| Conceptos básicos del motor en serie y en derivación                       | 21            |
| Actividad 4 - Investigar el motor shunt                                    | 23            |
| Actividad 5 - Investigación del motor en serie                             | 25            |
| Uso de osciloscopios                                                       | 27            |
| Actividad 6 - Exploración del motor universal                              | 28            |
| El motor de inducción                                                      | 30            |
| Actividad 7 - El motor de inducción                                        | 31            |
| La corriente alterna trifásica                                             | 35            |
| Actividad 8 - El motor trifásico                                           | 36            |
| El motor de corriente continua sin escobillas                              | 38            |
| Actividad 9 - Investigación del motor de corriente continua sin escobillas | 39            |
| Manual del alumno                                                          | 40            |

## Seguridad

El diseño de este producto refleja el cuidado puesto en abordar los riesgos potenciales presentes al estudiar motores eléctricos.

*Lea atentamente las secciones siguientes.*

### Choque eléctrico

El riesgo es mínimo. La salida de la unidad de control está limitada a 24 V CA o CC.

El dinamómetro genera tensiones de CC.

A velocidad máxima, en torno a 3.000 rpm, la tensión generada es inferior a 30 VCC.

La unidad de control sólo funciona si hay un motor conectado al dinamómetro. Esto impide el uso de motores de terceros con el sistema.

### Choque físico

#### ¡El equipo es pesado!

Si a alguien se le cae un dispositivo, puede causar lesiones importantes. Debes decidir el nivel de responsabilidad que asumen los alumnos en este sentido.

El riesgo se reduce mediante:

- colocación de los equipos en los bancos listos para su uso;
- permanecer sentado mientras se utiliza el equipo.

Las piezas giratorias expuestas crean riesgos potenciales, ya que el pelo y la ropa pueden quedar atrapados en ellas. El uso de motores de potencia relativamente baja reduce el riesgo. La protección de plástico situada entre el dinamómetro y el motor sometido a prueba evita la exposición de piezas giratorias.

#### Por favor:

Si se produce un accidente durante el uso del equipo, notifíquenoslo a la dirección indicada más abajo para que podamos estudiar cómo hacer que el equipo sea aún más seguro.

Equipo de diseño  
Matrix TSL  
33 Gibbet Street  
HX1 5BA

El curso tiene como objetivo prepararle para las siguientes unidades dentro de City and Guilds

diplomas 2357 y 2365-03:

- Unidad 302 - "Principios de la Ciencia Eléctrica" Resultado de aprendizaje 3;
- Unidad 609 - "Conocimiento de los principios eléctricos asociados al diseño, construcción, instalación y mantenimiento de equipos y sistemas eléctricos".

Resultado de aprendizaje 8.

A medida que avanzas en el curso, los diseños te muestran cómo construir los sistemas

y cada tarea detalla cómo probarlas. Hay una gran variedad de tareas diferentes, identificadas por una serie de iconos:

| Icono                                                                               | Significado                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | El contenido da información sobre la electricidad o explica alguna terminología              |
|   | Actividad práctica                                                                           |
|  | Relaciona la actividad actual con los puestos de trabajo en el sector industrial / doméstico |
|  | Actividad abierta diseñada por los alumnos                                                   |
|  | Cuestiones relacionadas con la salud y la seguridad                                          |
|  | La actividad implica una fórmula o un cálculo                                                |
|  | Resultados de la investigación                                                               |

Para que lo sepas:

- es importante que lleve un registro preciso de lo que hace;
- Se publicará un Manual del Estudiante para ayudar con estos registros;
- Además, tome las notas que considere necesarias para ayudarle en esta tarea.



## Fuente de alimentación:

- conduce la corriente por el circuito aplicando una tensión.
- tiene dos terminales (puntos de conexión), uno "positivo" y otro "negativo";
- la corriente fluye del terminal positivo al negativo.

### Fuente de alimentación de CC - (CC = corriente continua):

- un terminal es siempre positivo, el otro siempre negativo;
- tráfico unidireccional: la corriente circula siempre en el mismo sentido por el circuito.

### Fuente de alimentación de CA - (CA = corriente alterna):

- los terminales cambian de polaridad repetidamente, uno positivo, el otro negativo y luego se intercambian;
- circulación en ambos sentidos: la corriente circula en el sentido de las agujas del reloj y luego en sentido contrario.

### CA o CC: ¿cuál se utiliza?



Cada uno tiene su utilidad.

La electricidad suele generarse y transmitirse como corriente alterna. porque:

- Los alternadores (CA) suelen ser más eficaces que las dinamos (CC);
- Los transformadores "elevadores" y "reductores" pueden modificar la tensión y la corriente para permitir una distribución más eficaz.

Los aparatos electrónicos -teléfonos móviles, ordenadores, televisores, etc.- suelen necesitar corriente continua.

La corriente alterna puede convertirse en continua mediante los procesos de rectificación y regulación.

La corriente continua puede convertirse en alterna mediante un dispositivo llamado inversor.

### Fuentes de alimentación de CC:

- **batería** - las reacciones químicas generan tensiones continuas, por ejemplo, las baterías de "plomo-ácido";
- **célula solar** - Las células fotovoltaicas transforman la energía luminosa en energía eléctrica continua;
- **dinamo** - una bobina giratoria de alambre cerca de un imán genera corriente continua proporcionada una El "conmutador" conecta la bobina al resto del circuito.

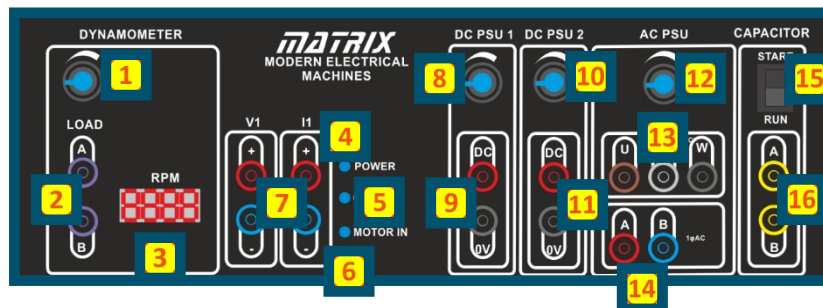
### Fuentes de alimentación de CA

- alternador: otro ejemplo de bobina giratoria de alambre cerca de un imán;
- un "anillo colector" conecta con el resto del circuito;
- la bobina puede girar gracias al vapor a alta presión de una central eléctrica, al viento (aerogenerador) o a la caída de agua (hidroelectricidad).



## La unidad de control:

ofrece una selección de fuentes de alimentación variables de CC y CA, incluidas fuentes de CA monofásicas y trifásicas y otras funciones de control de motores.

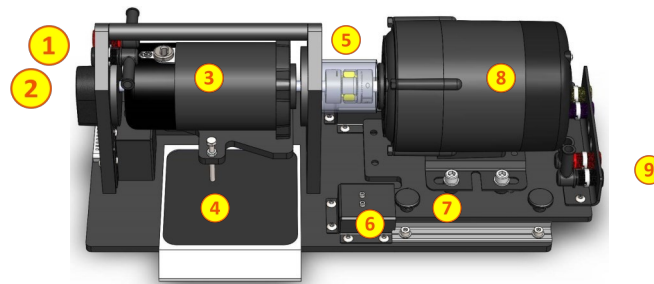


- 1 Ajuste de la resistencia (carga) del dinamómetro:  
Controla la carga impulsada por el dinamómetro y, por lo tanto, controla su intensidad de trabajo.  
(Una resistencia eléctrica baja significa una carga grande y viceversa)
- 2 Tomas de carga para dinamómetro.
- 3 La pantalla muestra la velocidad del motor en revoluciones por minuto (rpm).
- 4 El LED 'Power' se ilumina cuando la unidad de control está encendida.
- 5 El LED 'COMMS' se ilumina cuando la unidad de control está conectada a un PC.
- 6 El LED 'Motor In' se enciende cuando se enchufa una máquina al dinamómetro.
- 7 Conexiones al software interno 'amperímetro' y 'voltímetro'.
- 8 Control de salida de la fuente de alimentación "CC 1".
- 9 Tomas de salida de la fuente de alimentación "CC 1".
- 10 Control de salida de la fuente de alimentación "CC 2".
- 11 Tomas de salida de la fuente de alimentación "CC 1".
- 12 Control de frecuencia de CA.
- 13 Tomas de corriente trifásicas.
- 14 Tomas de alimentación
- 15 Conmutador selector del "modo condensador". Permite seleccionar el condensador conectado al motor: 'START' y 'RUN'.
- 16 Tomas utilizadas para conectar el condensador elegido al motor.



## El dinamómetro:

mide la fuerza producida y la velocidad de una máquina giratoria (en este caso, un motor eléctrico). Se utilizan para calcular el par y la potencia de salida.



- 1 Tomas para conectar la carga, ajustada en la unidad de control, al dinamómetro.
- 2 Codificador - genera señales utilizadas por la unidad de control para medir la velocidad de rotación del dinamómetro.
- 3 El dinamómetro.
- 4 La balanza digital utilizada para medir la fuerza producida por el dinamómetro.
- 5 El acoplamiento blindado entre el dinamómetro y el motor sometido a prueba.
- 6 Interruptor de seguridad utilizado para comprobar si un motor está conectado al dinamómetro.
- 7 Una de las abrazaderas de tornillo utilizadas para sujetar el motor.
- 8 El motor a prueba.
- 9 Las tomas utilizadas para conectar el motor a la fuente de alimentación.

En este dinamómetro, la fuerza creada puede medirse de dos maneras:

- la balanza digital que se muestra en el diagrama;
- una célula de carga (detrás del dinamómetro y oculta por él en el diagrama anterior) conectada a la unidad de control y que utiliza el software que contiene.

El sentido de giro del dinamómetro determina si se utiliza la balanza o la célula de carga.

## Características de seguridad:

- Los motores sometidos a prueba se fijan mediante el acoplamiento protegido por un tubo de plástico para evitar que la ropa y el pelo se enganchen en el mecanismo.
- El dinamómetro dispone de dos microinterruptores. A menos que un motor de prueba está en su lugar, la unidad de control no se activará.

Los motores varían enormemente en tamaño, forma y estructura. Sin embargo, dentro de una misma familia de motores, por ejemplo los motores de corriente continua, el rendimiento es similar, independientemente del tamaño físico y la tensión de funcionamiento.



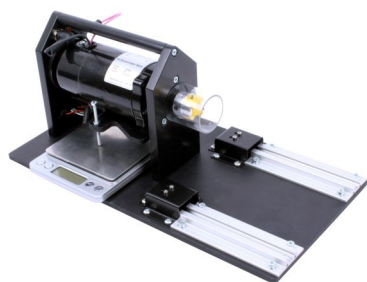
Esta sección muestra cómo configurar el equipo.



Entonces pueden empezar las pruebas.

Conecte la unidad de control a la red eléctrica mediante el conector de alimentación IEC.

La pantalla de 7 segmentos y el LED de encendido de la unidad de control deben encenderse.



Conecte el dinamómetro a la unidad de control con el cable tipo D de 25 vías.

Asegúrese de que el software y el controlador de la unidad de control están correctamente instalados.

Cuando la unidad de control **no está conectada** a un PC con el cable USB, está en modo manual: los potenciómetros del panel frontal determinan las salidas de la unidad de control.

Asegúrese de que la "araña" de goma, el amortiguador entre el dinamómetro y el motor, está en su lugar. El sistema funcionará sin esto - sólo será ruidoso.

Alinee el motor de corriente continua en las ranuras del banco de pruebas del dinamómetro. Si es necesario, afloje las abrazaderas de tornillo de la placa base del motor. (¡Puede que tenga que empujar con fuerza!)

Cuando empuje el motor a su posición inicial, oirá un "clic" en los microinterruptores de seguridad del soporte del dinamómetro.

Apriete las abrazaderas de los tornillos para asegurarse de que el motor de corriente continua está bien sujeto en su sitio. Coloque la balanza digital y retire ambas cubiertas protectoras de plástico.

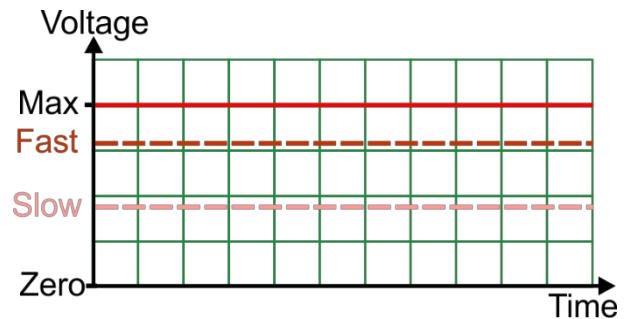


# Explorar la fuente de alimentación de CC

**i** El motor de corriente continua se controla variando la salida de la fuente de alimentación.

Sin embargo, no se trata simplemente de aumentar o disminuir una tensión continua constante, sino de una forma de control, denominada

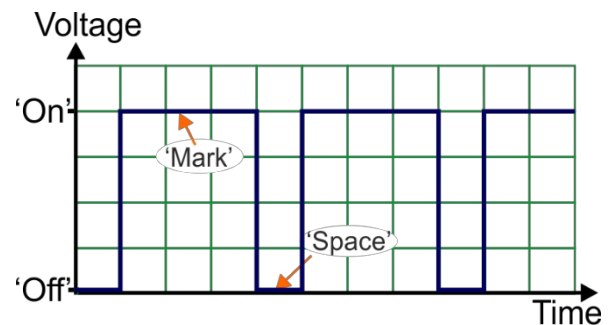
"analógico" - ilustrado en el diagrama.



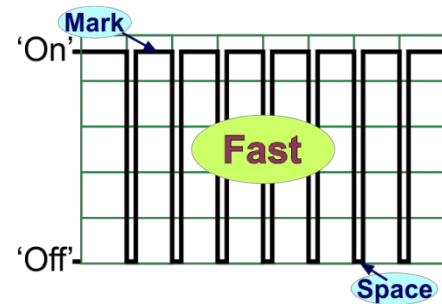
En su lugar, la fuente de alimentación emite una serie de impulsos de "encendido/apagado".

La parte "encendida" del impulso se conoce como "marca" y la parte "apagada" como el "espacio".

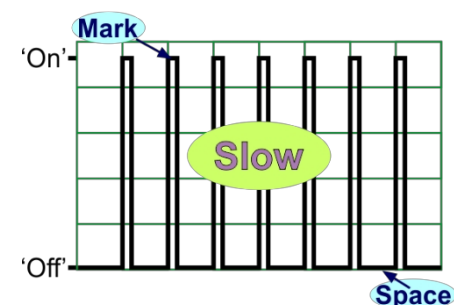
Los impulsos llegan tan rápido que el motor no puede seguirlos con exactitud - simplemente corre.



Aumentar la producción significa que la marca aumenta y el espacio disminuye - el motor está más tiempo encendido y menos tiempo apagado. Como resultado, funciona más rápido.



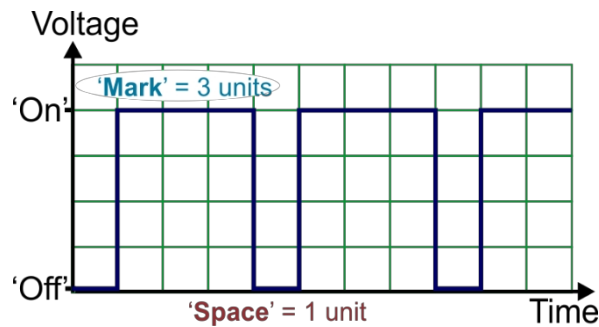
Disminuir la potencia significa que el motor está más tiempo apagado y menos tiempo encendido- más espacio y menos marca. Como resultado, funciona más lentamente.



Descubra por qué se prefiere esta forma de control al simple control analógico.

# Modulación de ancho de pulso

**i** Esta forma de control se denomina modulación por ancho de pulsos (PWM). El motor se controla modulando (modificando) la anchura del impulso, es decir, cambiando la "relación marca:espacio" (m:s) del impulso, es decir, la relación encendido:apagado.



En el diagrama, el "marca" dura tres unidades de tiempo, mientras que el "espacio" dura sólo una. Esto da un m:s de 3:1.

Esto también puede describirse utilizando el término "ciclo de trabajo": la fracción de la señal durante la cual el motor está "encendido". Un m:s de 3:1 equivale a un ciclo de trabajo del 75%.

La fotografía superior muestra un osciloscopio que muestra una señal PWM con un m:s de 3:1.



La segunda fotografía muestra una señal PWM con un m:s de 2:3, es decir, un ciclo de trabajo del 40%.



*i* Sin el uso de un osciloscopio para medir el ciclo de trabajo, dependemos de un multímetro.

Con una frecuencia de impulsos baja, el medidor seguiría los cambios de tensión y mostraría la lectura real. Las salidas DC1 y DC2 pulsan a una frecuencia de casi 8 kHz, demasiado rápida para el medidor, que muestra la tensión media.

Las salidas DC1 y DC2 dan una tensión de pico de 24V.

La tensión media cuando el m:s es 3:1 es:

$$\frac{(3 \times 24) + (1 \times 0)}{4} = 18V.$$

En general, esta salida media de CC se calcula a partir de la fórmula:

tensión media = ciclo de trabajo x tensión de pico.

***No es lo mismo que el valor "rms", ¡aún no hemos llegado a ese punto!***

La tabla muestra los resultados para otros valores del ciclo de trabajo:

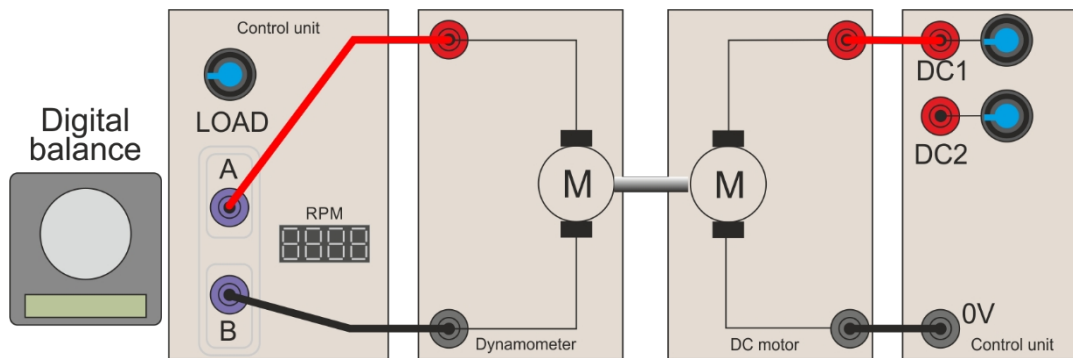
| Ciclo de trabajo | Producción media tensión |
|------------------|--------------------------|
| 30%              | 7.5                      |
| 50%              | 11.9                     |
| 70%              | 16.2                     |

# Actividad 1 - Ejercer la torsión



Coloque la balanza digital bajo el brazo oscilante del dinamómetro y gire encendido.

El equipo está ahora configurado como se muestra en el siguiente diagrama:



Encienda la unidad de control.

Compruebe que el LED "Motor In" está encendido. Si no es así, retire el motor y vuelva a colocarlo. Gire los potenciómetros de alimentación de DC1 y DC2 al mínimo.

(totalmente en sentido antihorario.)

Gire lentamente el potenciómetro DC1 hasta que el motor de corriente continua empiece a girar.

¿Hay lectura en la balanza? Si no es así, intercambia las conexiones positiva y negativa del motor para cambiar el sentido de giro.

Al girar en sentido antihorario, se ejerce presión sobre el volante.

Al girar en el sentido de las agujas del reloj, la presión se ejerce sobre la célula de carga, situada en la parte posterior del dinamómetro.



Para cambiar el sentido de giro de un motor de corriente continua, invierta las conexiones eléctricas.

El dinamómetro de brazo oscilante puede girar en ambos sentidos. El par producido es el mismo para ambos.

El par es una medida importante del rendimiento de un motor. En la página siguiente se explica qué se entiende por "par".

## ¿Qué es el par?

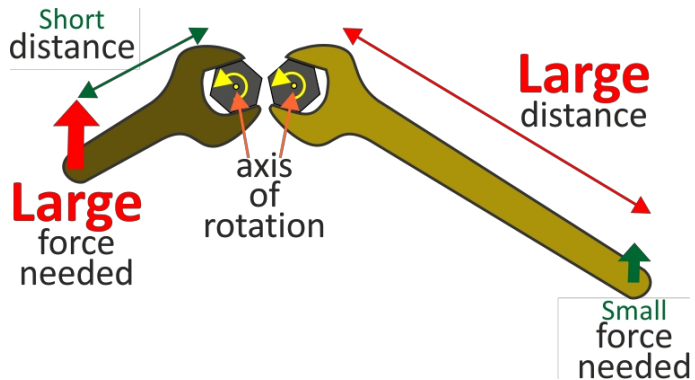
### *i* ¿Qué es el par?

El par es el *efecto de giro* de una

fuerza. Depende de:

- el tamaño de la fuerza;
- hasta dónde se aplica del eje de rotación .

Por eso es más fácil utilizar una llave larga que una corta (o ninguna) para girar una tuerca.



El par **T** se calcula a partir de la ecuación:

$$\mathbf{T = fuerza \times distancia \ del \ eje}$$

Para el dinamómetro, esta distancia = 0,04 m.

El par se mide en unidades denominadas Newton.metros (N.m).

### *i* ¿Qué mide la balanza digital?

Mide la **masa**, la cantidad de materia de un cuerpo, no la fuerza. La fuerza y la masa están relacionadas por "g", la intensidad del campo gravitatorio, es decir, la fuerza con la que la gravedad de la Tierra tira de un cuerpo.

materia - alrededor de 10N de fuerza por cada kilogramo. Esto significa que la fuerza que presiona la balanza, generada por el dinamómetro, = 10 x lectura de la balanza.

### Un ejemplo:

Calcule el par que produce una lectura de 250 g en la balanza digital.

**X<sup>2</sup>**

$$1000\text{g} = 1\text{kg}$$

$$\text{so } 250\text{g} = 0,25 \text{ kg}$$

Esto corresponde a una fuerza (debida a la gravedad) de  $0,25 \times 10 = 2,5\text{N}$ .

Esta fuerza se aplica a una distancia de 0,04 m del eje de rotación del dinamómetro y produce

$$\text{un par de } 2,5 \times 0,04 = \mathbf{0,1\text{N.m}}$$

## Actividad 2 - Exploración del motor de corriente continua



Gire el potenciómetro de salida de carga hasta la mitad. Esto añade una carga a la salida del motor, haciendo que convierta su energía rotacional (cinética) en calor.

Investiga el efecto de cambiar la tensión DC1 girando el potenciómetro:

- un tercio de la vuelta;
- dos tercios de la vuelta;
- al máximo.

En el Manual del alumno, registre la velocidad, mostrada en la pantalla de 7 segmentos y la lectura de la balanza digital, en g, para cada ajuste de la fuente de alimentación (es decir, complete el

segunda y tercera columnas de la tabla,).

**X<sup>2</sup>**

A continuación, convierte la lectura de la balanza (actualmente en gramos) a kilogramos dividiendo por 1000 y anota tus respuestas en la cuarta columna de la tabla.

Ahora, utiliza las lecturas de la balanza (en kg) para calcular el par producido por el motor para cada ajuste de la fuente de alimentación. utilizando:

$$\text{Fuerza} = \text{lectura de la balanza (kg)} \times 10.$$

$$\text{Par} = \text{fuerza} \times 0,04 = \text{lectura de la balanza (kg)} \times 10 \times 0,04.$$

Anota tus respuestas en la quinta columna de la tabla.



A medida que aumenta la tensión media de alimentación:

- el motor gira más rápidamente;
- aumenta el par que genera.

## Actividad 2 - Exploración del motor de corriente continua

Podemos utilizar estas lecturas para calcular el rendimiento del motor a estas velocidades.

**i** La eficiencia es una medida de la cantidad de energía suministrada por la unidad de control que se utiliza eficazmente y la cantidad que se desperdicia (normalmente en forma de calor).

Se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{energía suministrada por el motor a la carga}}{\text{energía suministrada por la unidad de control}} \times 100\%$$

En este caso, es más fácil trabajar con potencia que con energía. La potencia es la velocidad a la que de energía suministrada, es decir, la energía suministrada por segundo.

La fórmula se convierte en:

**i** 
$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{potencia mecánica desarrollada por el motor}}{\text{potencia eléctrica suministrada por la unidad de control}} \times 100\%$$

La potencia mecánica se calcula mediante la fórmula

$$\text{Potencia mecánica} = (2 \times n \times \pi \times T) / 60$$

donde **n** es la velocidad del motor en rpm y **T** es el par desarrollado.

La potencia eléctrica se calcula mediante la fórmula

$$\text{Potencia eléctrica suministrada} = V_{IN} \times I_{IN}$$

donde **V<sub>IN</sub>** = tensión de entrada e **I<sub>IN</sub>** = corriente de entrada.

**X<sup>2</sup>**

Utiliza tus resultados para completar la siguiente tabla:

| Ajuste de la fuente de alimentación | Alimentación eléctrica del motor | Potencia mecánica entregada a la carga | Eficacia |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|----------|
| Un tercio                           |                                  |                                        |          |
| Dos tercios                         |                                  |                                        |          |
| Máximo                              |                                  |                                        |          |



Investiga qué ocurre con la velocidad, el par, la corriente y la tensión de alimentación cuando cambias los ajustes de carga. Intenta explicar tus resultados.

## Actividad 2 - Exploración del motor de corriente continua

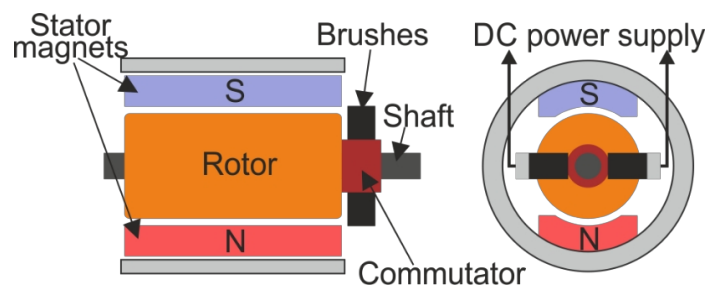
### El motor de corriente continua (con escobillas)

se compone de:

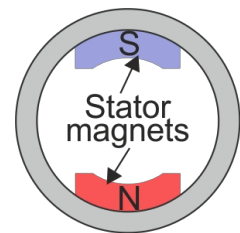
- estator,
- rotor (o inducido),
- conmutador y escobillas.



El **estator** genera un campo magnético utilizando imanes permanentes o electroimanes. Este campo rodea el rotor.



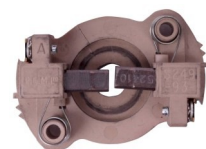
El **rotor** (también llamado inducido) está formado por una serie de bobinas aisladas. Cuando éstas pasan una corriente, generan un campo magnético, que interactúa con el generado por el estator, haciendo girar el rotor.



El **conmutador** se encarga de invertir el flujo de corriente alrededor de los devanados del rotor para mantenerlo girando. Consta de un tambor unido al rotor, dividido en varias secciones.



Las **escobillas** se deslizan sobre el conmutador a medida que el motor gira. Al hacerlo, entran en contacto con diferentes segmentos del conmutador, que están unidos a diferentes devanados del rotor.

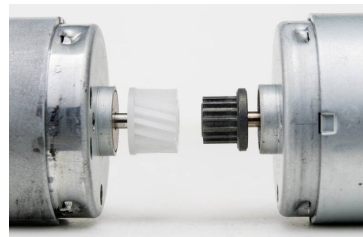


Los campos magnéticos así producidos interactúan con el campo del estator para mantener el motor en rotación.



## Actividad 2 - Exploración del motor de corriente continua

Los distintos tipos de motor tienen características diferentes, como la velocidad máxima, el par a distintas velocidades, la tensión/corriente nominal, la potencia de salida y el rendimiento.



### Características del motor de corriente continua de imanes permanentes (PMDC):

- La velocidad del motor depende de la tensión de alimentación.
- El par del motor depende de la corriente de alimentación.
- ***Una mayor tensión de alimentación hace que el motor gire más rápido.***

No es ninguna sorpresa. Mayor tensión  $\Rightarrow$  mayor corriente  $\Rightarrow$  campo magnético más intenso en los devanados del rotor  $\Rightarrow$  mayor fuerza magnética en el rotor por su interacción con el campo magnético del estator  $\Rightarrow$  **¡más rápido gira el motor!**

- ***Aumentar la carga ralentiza el motor pero aumenta la corriente que necesita.***

**O**

***Dicho de otro modo, cuanto más rápido gire el motor, menor será la corriente tomada de la fuente de alimentación.***

La explicación se basa en la "back-emf". Cuando el rotor gira en el campo magnético del estator, en sus bobinados se genera una tensión denominada "contrafase" que se opone a la tensión de alimentación. Como resultado, se reduce la tensión total aplicada a los devanados del rotor.

Cuanto más rápida sea la rotación, mayor será esta contra-emf, menor será la tensión total y, por tanto menor será la corriente resultante.

Añadir una carga al motor lo ralentiza. Así se reduce la contraemisión, aumenta la tensión total y, por tanto, la corriente.

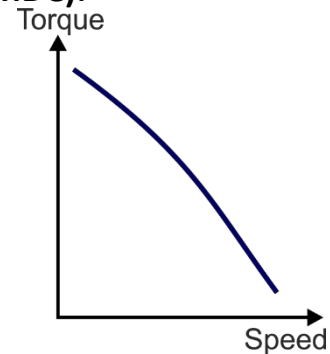
Parece lógico que cuanto más se esfuerce el motor, mayor será la corriente necesaria.

## Actividad 2 - Exploración del motor de corriente continua

### El motor de corriente continua de imanes permanentes (PMDC):

Dos ventajas del motor de corriente continua de imanes permanentes se ilustran en el gráfico característico de velocidad/par que aparece al lado:

- Tiene un elevado par de arranque.
- Su comportamiento es (casi) lineal: el doble de velocidad, la mitad de par, etc.



Una desventaja es que las escobillas se desgastan con el tiempo y son los componentes más parecidos al fracaso.



Investiga un poco para descubrir otras ventajas y desventajas del motor de corriente continua de imanes permanentes.

Los usos del motor PMDC incluyen:

- en casa -  
unidades de ordenador, cepillos de dientes eléctricos, aspiradoras portátiles  
limpiadores, batidoras, taladros portátiles, cortasetos.

La batidora de la fotografía utiliza un motor de corriente continua.



- en vehículos -  
limpiaparabrisas/lavaparabrisas, elevallunas eléctricos, ventilador calefactor.



Los coches "dodgem" de las ferias utilizan simples motores eléctricos de corriente continua que funcionan a entre 12 y 48V. Los vehículos tienen dos escobillas - una tocando el suelo metálico, para 0V, y la otra tocando el techo metálico, a una tensión positiva. El control de velocidad suele ser un simple encendido-apagado.

## Actividad 3 - Exploración de la dinamo

El motor de corriente continua de imanes permanentes gira cuando recibe alimentación eléctrica.

La dinamo (por ejemplo, la que está dentro del dinamómetro) tiene la misma estructura básica, pero funciona al revés

- al girar, genera electricidad.

La fotografía muestra una dinamo de bicicleta, utilizada para alimentar las luces de un ciclo.

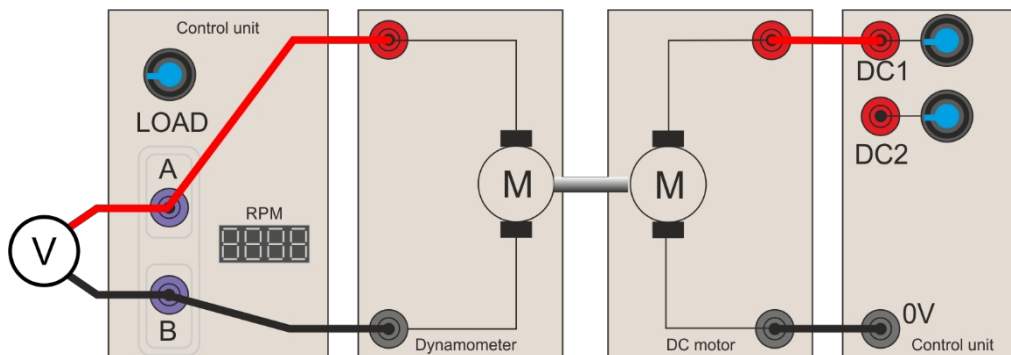


Esta sección utiliza la dinamo del dinamómetro para estudiar el comportamiento de un generador de imanes permanentes (es decir, una dinamo).



La primera investigación examina cómo la tensión de salida de la dinamo depende de su velocidad.

Instala el sistema que se muestra en el diagrama.



Gire los potenciómetros DC1 y DC2 al mínimo y encienda la unidad de control.

Encienda el multímetro y ajústelo para medir tensiones CC.

Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

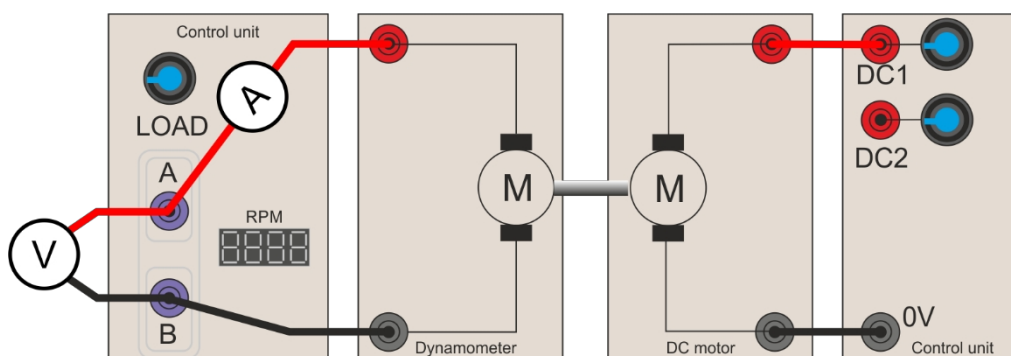
Gire lentamente el potenciómetro DC1 hasta que la dinamo gire a 200rpm.

Mide la tensión generada por la dinamo. Anótalo en el Manual del alumno. Repite la operación para las demás velocidades de la tabla.

Aumenta la carga y observa el efecto que tiene sobre la dinamo. En el Manual del alumno, comenta el efecto.



La siguiente parte investiga cómo cambia la potencia de salida de la dinamo con diferentes cargas. Monte el sistema que se muestra en el diagrama. Es idéntico al anterior, salvo que se ha añadido un amperímetro para medir la corriente de salida.



Gire los potenciómetros DC1 y DC2 al mínimo y encienda la unidad de control.

Encienda un multímetro, ajustado para medir la tensión CC y el otro para medir la corriente CC.

Gire el potenciómetro "Carga" un cuarto de su recorrido.

Gire lentamente el potenciómetro DC1 hasta que la dinamo gire a 1000rpm.

Mide la tensión y la corriente generadas por la dinamo y anótalas en el Manual del alumno.

Repita este procedimiento para las demás cargas indicadas en la tabla.



Calcula el rendimiento de la dinamo que acciona una lámpara de incandescencia:

- Desconecte la "carga" de la unidad de control y sustitúyala por una bombilla de filamento de 12 V.
- Gire el potenciómetro DC1 hasta que la dinamo gire a 400rpm.
- Utiliza la fórmula de la página 15 para calcular la potencia suministrada a la dinamo.
- Mide la tensión de salida y la corriente suministrada **por** la dinamo a la bombilla.
- Calcula la potencia de salida y, por tanto, el rendimiento de la dinamo.
- Repita esta operación para una velocidad de 800 rpm.
- Anota todas tus observaciones en el Manual del alumno.



### ¡Cuidate!

No sobrepases la tensión nominal de la bombilla, 12 V, o podrías "fundirla".

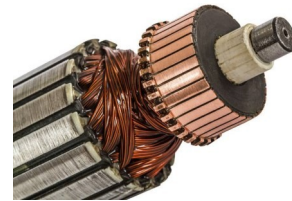
# Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación

**i** En un motor de corriente continua, el **estator** crea un campo magnético estacionario alrededor del rotor. En el motor PMDC, este campo magnético es producido por imanes permanentes.

En los motores de corriente continua con bobinado, se genera haciendo pasar corriente eléctrica a través de una bobina o bobinas de alambre, denominadas bobinados de campo, convirtiéndolos en electroimanes.

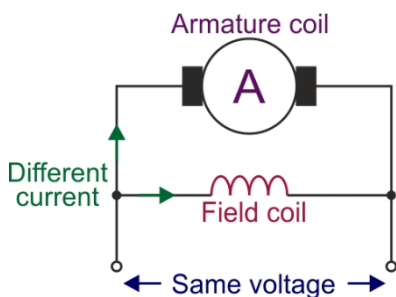
En ambos tipos, las bobinas de alambre del **rotor** (o inducido) crean campos magnéticos que reaccionan con los del estator.

La fotografía muestra un rotor bobinado con un conmutador de anillo partido. Los pares de segmentos de cobre que rodean el conmutador se conectan a los extremos de las bobinas de alambre del rotor.



Existen dos tipos de motores de corriente continua con bobinado: El motor **shunt-wound**:

- las bobinas de campo y de inducido están conectadas en paralelo;
- la corriente en la bobina de campo puede ser diferente de la de la bobina de inducido;
- ambas bobinas experimentan la misma tensión.



En la práctica, la bobina de campo debe tener una resistencia mayor que la bobina del inducido, ya que, de lo contrario, la mayor parte de la corriente pasaría de largo por la bobina del inducido, reduciendo el par creado. Como resultado, la bobina de campo utiliza un gran número de vueltas de alambre fino y, en la versión Matrix, consta de dos bobinas conectadas en serie.



**Con el motor desconectado del banco de pruebas,** utiliza un multímetro para medir la resistencia del:

- devanados de campo - (entre los terminales **rojo** y **negro**.)
- devanados del inducido - (terminales **morado** y **amarillo**.)

Anota tus resultados en la tabla del Manual del alumno y explica cómo se relacionan con la estructura de las dos tipos de motor.



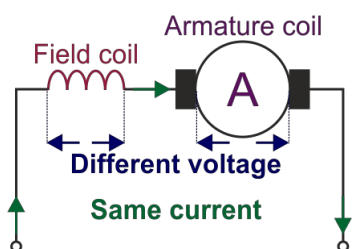
Motor de derivación

# Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación

**i** Cuando la corriente continua circula por las bobinas de un motor, el comportamiento eléctrico puede predecirse mediante la ley de Ohm. Sin embargo, una vez en marcha, los campos magnéticos giratorios del motor alteran drásticamente su comportamiento. El efecto es causado por la 'back-emf', descrita anteriormente, en la página 17. Esto aumenta a medida que aumenta la velocidad. Del mismo modo, cuando un motor se cala, la f.e.m. trasera es cero. La corriente en las bobinas aumenta significativamente y puede provocar que el motor se queme.

El motor **bobinado en serie**:

- las bobinas de campo y de inducido están conectadas en línea, una detrás de otra;
- la misma corriente fluye a través de ellos;
- suele haber una tensión diferente a través de ellos.



En la práctica, la bobina de campo del estator utiliza algunas vueltas de alambre grueso, para reducir su resistencia eléctrica. En la versión Matrix, hay dos bobinas de campo, conectadas en paralelo por la misma razón.

Una resistencia elevada en la bobina del estator reduciría la corriente que circula por el inducido y reduciría el par creado.



**Con el motor desconectado del banco de pruebas,** utiliza un multímetro para medir la resistencia del:

- devanados de campo - (entre los terminales **rojo** y **negro**.)
- devanados del inducido - (terminales **morado** y **amarillo**.)

Anota tus resultados en la tabla del Manual del alumno y explica cómo se relacionan con la estructura de las dos tipos de motor.



Motor universal / de serie

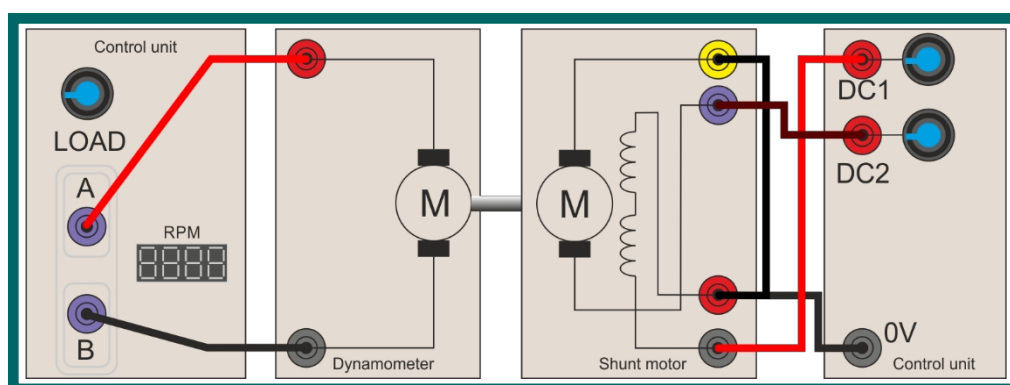
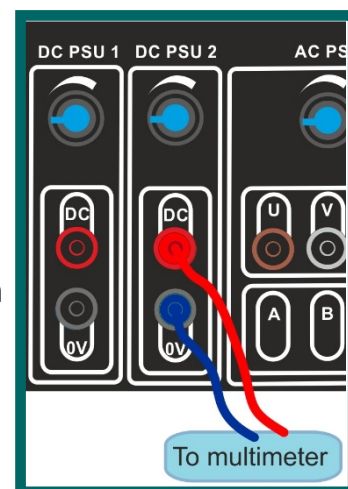
## Actividad 4 - Investigación del motor en derivación



Conecte un multímetro a las tomas de salida de corriente DC2 para medir la tensión suministrada a los bobinados del estator del motor.

Gire el potenciómetro DC2 hasta que el multímetro muestre un salida de 12V. Recuerde esta posición del potenciómetro.

Instala el sistema que se muestra en el diagrama.



Sigue el cableado entre el motor y la fuente de alimentación para convencerte de que los devanados del rotor y del estator están conectados en paralelo.

Observe que los devanados del estator se muestran como dos bobinas conectadas en serie, como se ha explicado anteriormente.

Gire los potenciómetros DC1 y DC2 al mínimo y encienda la unidad de control.

Gira el potenciómetro 'Load' hasta la mitad aproximadamente.

Gire lentamente el potenciómetro DC2 hasta la posición 12V encontrada anteriormente.

Gire lentamente el potenciómetro DC1 para aumentar la alimentación de los bobinados del inducido del motor.

Debería girar.



¿Cómo se invierte el sentido de giro?

(Existe el riesgo de que la experimentación "general" provoque un cortocircuito en la fuente de alimentación. A continuación te ofrecemos una lista de cosas 'seguras' que puedes probar).

1. Invierta las conexiones de la fuente de alimentación DC1 al estátor.
2. Invierta las conexiones de la fuente de alimentación DC2 al rotor.
3. Invierta ambos juegos de conexiones de la fuente de alimentación.

En el Manual del alumno, comenta qué efecto ha tenido, en su caso, cada uno de estos cambios en el sentido de giro del motor y ofrece una explicación.



Coloca el motor de derivación de forma que ejerza una fuerza sobre la balanza digital. Aunque la balanza da una lectura en gramos, es una medida de la fuerza con la que el dinamómetro presiona sobre ella. En otras palabras, es una medida del par exercido por el motor.

Encienda la balanza digital.

Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

Conecte un multímetro a las tomas de salida de corriente DC2 para medir la tensión suministrada al rotor.

Encienda la unidad de control y gire lentamente el potenciómetro DC2 hasta que el medidor muestre una lectura de 5V.

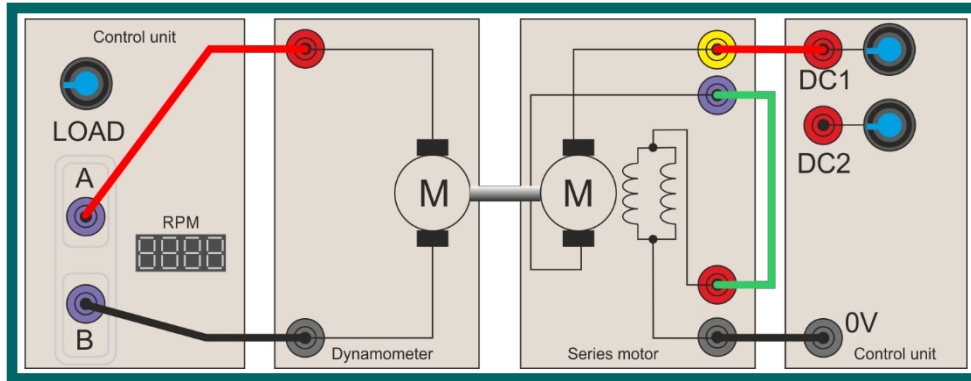
Ahora gire lentamente el potenciómetro DC1 para aumentar la tensión aplicada a los devanados del estator hasta que el motor gire a la velocidad máxima.

Anota en la tabla del Manual del alumno la lectura máxima de la balanza (medida del par máximo) y la velocidad máxima.

Repita este procedimiento para las demás tensiones del rotor, indicadas en la tabla. Anota los resultados y comenta lo sucedido.



Instala el sistema que se muestra en el diagrama.



Sigue el cableado entre el motor y la fuente de alimentación para convencerte de que los devanados del rotor y del estator están conectados en serie.

Observa que los devanados del estator se muestran como dos bobinas en paralelo, tal y como se explica en la página anterior.

Gire los potenciómetros DC1 y DC2 al mínimo y encienda la unidad de control.

Gira el potenciómetro 'Load' hasta la mitad aproximadamente.

Gire lentamente el potenciómetro DC1 para aumentar la tensión aplicada al motor. Debería girar.



¿Cómo se invierte el sentido de giro?

(Existe el riesgo de que la experimentación "general" provoque un cortocircuito en la alimentación de CA).

er suministro. A continuación le ofrecemos una lista de cosas "seguras" que puede probar).

1. Invierta las conexiones de las tomas de alimentación A y B.
2. Invierta las conexiones al rotor, intercambiando los cables en las tomas amarilla y púrpura.
3. Invierta las conexiones al estátor, intercambiando los cables en las tomas roja y negra.

En el Manual del alumno, comenta qué efecto ha tenido cada uno de estos cambios en el sentido de giro del motor, si es que ha tenido alguno.

## Actividad 5 - Investigar el motor en serie

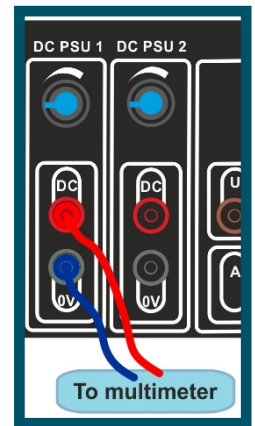


Coloca el motor en serie de forma que ejerza una fuerza sobre la balanza digital.

Encienda la balanza digital.

Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

Conecte un multímetro a las tomas de salida de corriente DC1 para medir la tensión suministrada al motor.



Encienda la unidad de control y gire lentamente el potenciómetro DC1 hasta que el medidor muestre una lectura de 5V.

El motor debería estar girando y debería haber una lectura en la balanza digital.

Anota en la tabla del Manual del alumno la lectura de la balanza y la velocidad. Repite este procedimiento para las demás tensiones de alimentación, indicadas en la tabla.

Anota los resultados y comenta lo sucedido.



La unidad de control suministra una potencia de salida de hasta 100 W. Si se sobrepasa, se desconecta y muestra el mensaje "**Err**" en la pantalla.

Experimenta para encontrar la tensión y la velocidad máximas permitidas del motor antes de que se corte la alimentación.

Además, investiga el efecto de cambiar la carga sobre estos valores. Anota tus resultados en el Manual del alumno.

### Serie frente a derivación:

El control de la velocidad es un aspecto importante del diseño de motores. Una investigación más detallada lo demostraría:

- el motor shunt ofrece una autorregulación de la velocidad realmente buena, por lo que suele utilizarse en dispositivos que deben funcionar a una velocidad constante, como los tornos.
- el motor bobinado en serie tiene el par de arranque más alto de todos los motores, por lo que es ideal para aplicaciones como cabrestantes y grúas. (Sin embargo, su velocidad depende de la carga, por lo que puede variar).

## CA frente a CC:

En un circuito de corriente continua, la corriente circula siempre en el mismo sentido. La tensión puede variar, pero nunca se invierte.

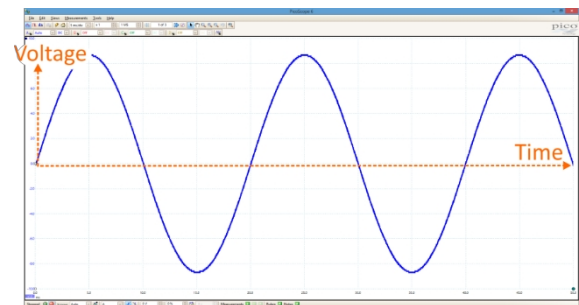
Sin embargo, en un circuito de corriente alterna, la corriente fluye en un sentido y luego en el otro.



La tensión que lo empuja es a veces "positiva" y otras veces "negativa".

La visualización de señales de CA a menudo requiere el uso de un *osciloscopio*, que produce un gráfico tensión / tiempo de la señal.

El diagrama muestra la salida de una fuente de alimentación de CA, capturada en un osciloscopio. Los ejes de tensión y tiempo aparecen en naranja. Una medida importante de una señal de CA es su frecuencia, es decir, el número de picos (o caídas) que se producen cada segundo.



Aviso:

- la tensión media es cero - la tensión es positiva la mitad del tiempo y negativo la mitad del tiempo;
- se puede decir que la señal tiene un pico de tensión de 9 V, pero la mayor parte del tiempo la tensión es mucho menor.

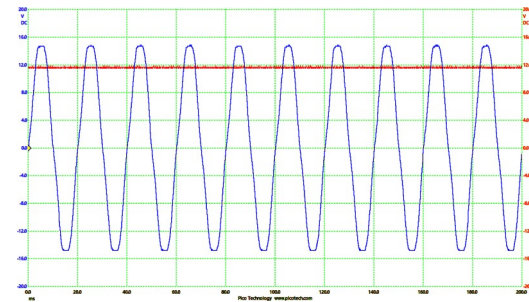
Entonces, ¿cuál es el **efecto** "medio" de una alimentación de CA? ¿Cómo podemos comparar CA y CC? La respuesta: buscando el **mismo efecto** en un dispositivo como una bombilla.

El siguiente trazo del osciloscopio muestra las señales de alimentación de CA y CC que dan a una bombilla el

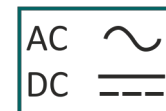
**mismo brillo.**

Obsérvese que la alimentación de CC está muy por debajo de la de CA. valor de pico. Este equivalente de CC se denomina

valor eficaz de la alimentación de CA.

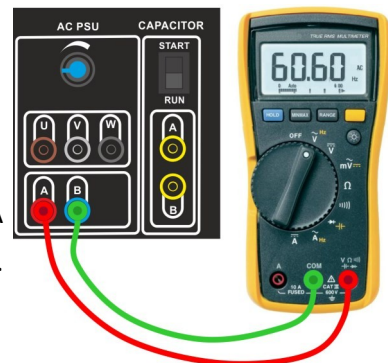
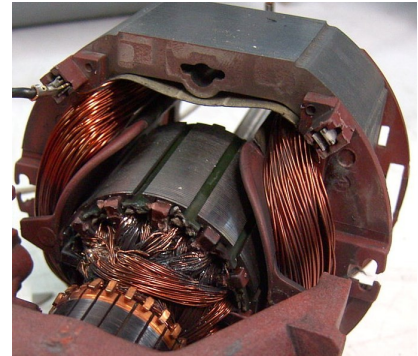


Los símbolos que aparecen en el diagrama de la derecha se utilizan a menudo para distinguir entre estas formas de energía eléctrica. Se utilizan, por ejemplo, en los multímetros



## Actividad 6 - explorar el motor universal

El motor bobinado en serie también se conoce como "motor universal", porque puede funcionar tanto con corriente alterna como con corriente continua. Gracias a esta flexibilidad, estos motores se encuentran entre los más utilizados. Las aplicaciones típicas incluyen cepillos, fresadoras, lijadoras, amoladoras, sierras, etc.



Conecta un multímetro a las salidas **A** y **B** de la fuente de alimentación de CA para leer su frecuencia.

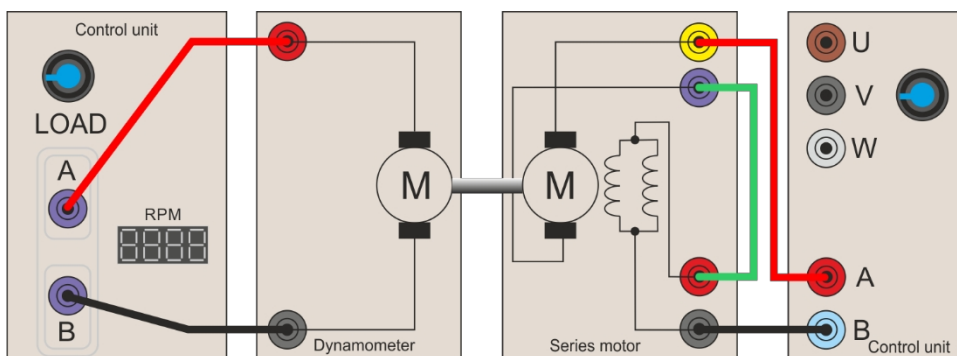
Gire todos los potenciómetros al mínimo y encienda la unidad de control.

Ahora gire **lentamente** el potenciómetro 'AC PSU'.

Observa que la frecuencia de alimentación de CA aumenta (aunque no la tensión).

Vuelva a poner el potenciómetro al mínimo y apague la unidad de control.

Ahora configure el sistema que se muestra en el diagrama.



Compare el cableado con el que se muestra para el motor en serie controlado por CC en la página 24. La única diferencia está en el tipo de alimentación utilizada.

Conecte la unidad de control y gire el potenciómetro de carga hasta la mitad aproximadamente. Gire lentamente el potenciómetro de control de frecuencia para aumentar la frecuencia aplicada al motor. Pronto debería empezar a girar.



¿Cómo se invierte el sentido de giro? Prueba lo siguiente:

1. Invierta las conexiones de las tomas de alimentación A y B.
2. Invierta las conexiones al rotor, intercambiando los cables en el enchufes amarillo y morado.
3. Invierta las conexiones al estátor, intercambiando los cables en las tomas roja y negra.



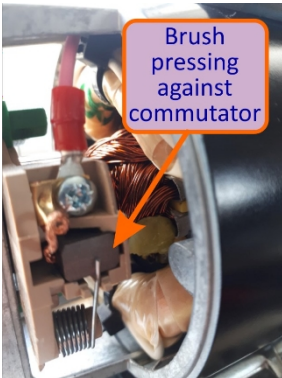
En el Manual del alumno, comenta qué efecto ha tenido, en su caso, cada uno de estos Cambios sobre el sentido de giro del motor.

Al aumentar la frecuencia de la alimentación de CA, aumentan la velocidad del motor y la lectura de la balanza digital (medida del par ejercido).

- Experimenta para encontrar la velocidad máxima y la lectura de equilibrio.
- ¿Cuál es el efecto sobre éstos de aumentar la carga?
- Sugiere una causa para la caída de velocidad a altas frecuencias. Anota tus conclusiones en el Manual del alumno.

## Un problema -

Todos los motores estudiados hasta ahora necesitan corriente eléctrica externa suministrado a los devanados del rotor para generar un campo magnético.



Esto requiere el uso de escobillas, que presionan contra el colector para establecer una conexión eléctrica.



Inducción monofásica mo-

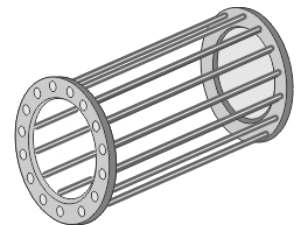
Estas escobillas se desgastan con el tiempo y es necesario sustituirlas. Inducción  
Los motores no tienen escobillas, por lo que requieren menos mantenimiento.

## ¿Qué es la inducción electromagnética?

Cuando un conductor eléctrico, como un alambre, atraviesa un campo magnético, se "induce" en él una tensión. Lo mismo ocurre cuando un campo magnético atraviesa un conductor, ocurre lo mismo. Del mismo modo, si un conductor se encuentra en un campo magnético y ese campo cambia, se induce una tensión en el conductor. Cuando el conductor forma parte de un circuito eléctrico, puede circular una corriente por el circuito.

## ¿Cómo funciona un motor de inducción?

El **rotor** suele ser una bobina de alambre o una **jaula de ardilla**. conjunto de barras de cobre o aluminio, cortocircuitadas por los anillos extremos. Por lo general, estas barras no son paralelas al eje del motor, sino que están inclinadas con respecto a él.



Rotor de jaula de ardilla

Los bobinados **del estator** están conectados a una fuente de alimentación externa y reciben corriente alterna. Esto crea un campo magnético **giratorio**, que induce una corriente eléctrica en el rotor. Esta corriente, a su vez, produce su propio campo magnético, que reacciona con el campo magnético giratorio del estator y hace girar el rotor.



Por eso se llama motor de inducción.

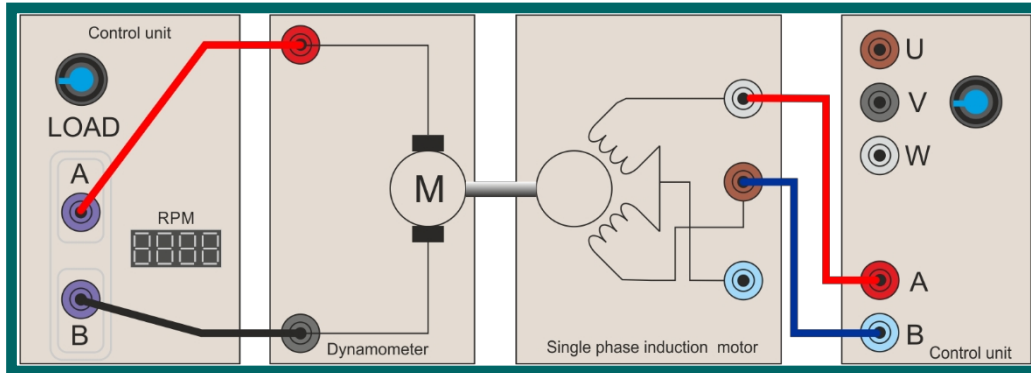
Investiga:

- las ventajas e inconvenientes relativos de los motores de jaula de ardilla y de rotor bobinado;
- por qué las barras de un rotor de jaula de ardilla no son paralelas al eje del motor. Escribe tus conclusiones en el Manual del alumno.

## Actividad 7 - Exploración del motor de inducción



Instala el sistema que se muestra en el diagrama.



Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

Gire lentamente el potenciómetro 'AC PSU' (control de frecuencia) para aumentar la frecuencia de alimentación de CA.

El motor **no arranca**. En esta configuración, el motor no se autoarranca.

La razón es que estamos tratando todo el estator como una sola bobina. La capa de CA se conecta a través de esa bobina y crea un campo magnético alterno, pero no un campo giratorio. Para ello necesitamos dos campos magnéticos distintos, que oscilen desfasados entre sí.

(Si pudiéramos darle una sacudida al eje del motor, éste giraría, pero el escudo alrededor del

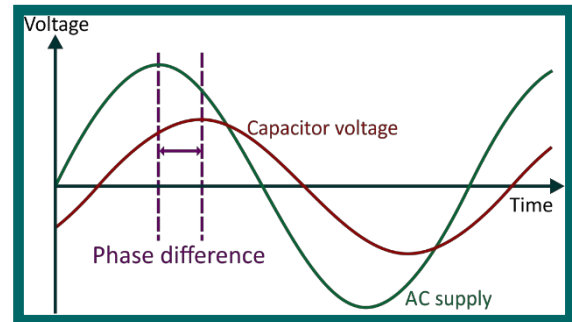
La conexión entre el motor y el dinamómetro no lo permite. El sentido de giro sería imprevisible. Dependería del sentido en que lo giráramos).

La respuesta es utilizar un condensador para introducir un desfase entre las señales aplicadas a las bobinas del estator.

## Actividad 7 - Exploración del motor de inducción

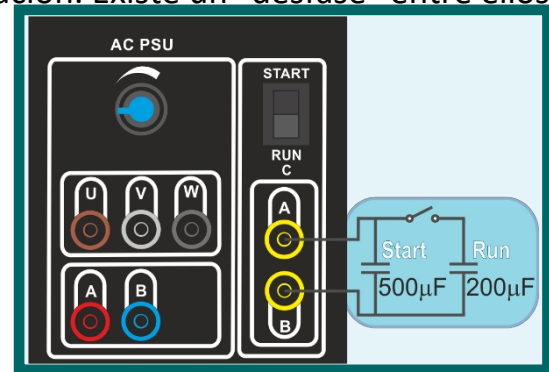
*i*

Cuando se aplica una tensión alterna, el condensador se carga y descarga de forma que la tensión que lo atraviesa está "desfasada" (fuera de paso) con respecto a la tensión de alimentación.



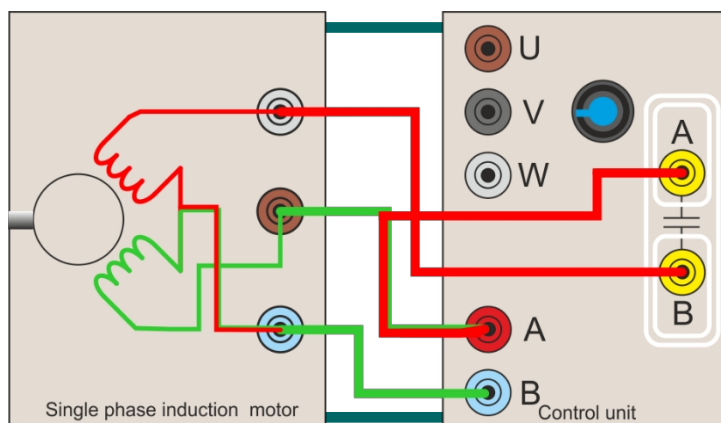
El pico de tensión del condensador se produce a tiempo diferente al pico de tensión de alimentación. Existe un "desfase" entre ellos.

La unidad de control contiene dos condensadores, denominados "Start" y "Run", disponibles a través de las tomas amarillas **A** y **B**. El interruptor situado encima selecciona el valor del condensador utilizado.



La siguiente disposición aprovechará esta diferencia de fase.

El diagrama muestra en detalle las conexiones necesarias.



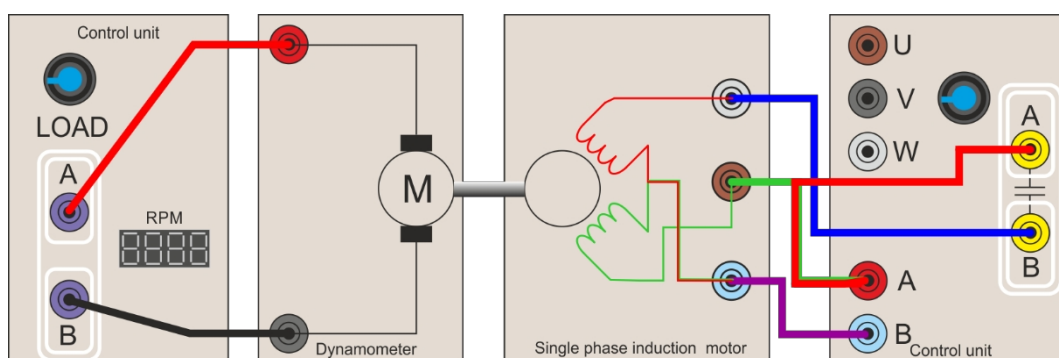
El estator tiene ahora dos bobinas separadas. Cada una recibe alimentación de CA pero, debido al efecto del condensador, estas alimentaciones tienen una diferencia de fase entre ellas.

Cada uno produce un campo magnético alterno, pero éstos alcanzan su máxima intensidad en momentos diferentes. La combinación da la apariencia de ser un campo magnético giratorio.



Coloca la disposición que se muestra a continuación.

Incluye las conexiones mostradas en la página anterior, pero ahora utilizando diferentes colores para distinguir los cables.



Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

Gire lentamente el potenciómetro 'AC PSU' para aumentar la frecuencia de alimentación de CA. El motor funciona.

Gire el potenciómetro 'AC PSU' para aumentar aún más la frecuencia de alimentación de CA.

Observa el efecto en el motor y escribe un comentario al respecto en el Libro del alumno.



¿Cómo se invierte el sentido de giro?

(Existe el riesgo de que la experimentación "general" provoque un cortocircuito en la alimentación de CA. A continuación le ofrecemos una lista de cosas "seguras" que puede probar).

1. Invierta las conexiones de las tomas de alimentación A y B.
2. Invierta las conexiones de las tomas amarillas **A** y **B** del condensador.
3. Desconecte los cables "rojo" y "verde" de la toma marrón de entrada del motor y el cable "azul" de la toma gris de entrada del motor e intercámbielos de modo que los cables "rojo" y "verde" estén ahora en la toma gris y el cable "azul" en la toma marrón.

En el Manual del alumno, comenta qué efecto ha tenido cada uno de estos cambios en el sentido de giro del motor, si es que ha tenido alguno.



Coloque el motor de inducción de modo que ejerza una fuerza sobre la balanza digital. Encienda la balanza digital.

Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

Asegúrate de que el condensador de arranque está seleccionado.

Encienda la unidad de control y gire lentamente el "potenciómetro" de control de frecuencia de la fuente de alimentación de CA hasta aproximadamente un cuarto de su recorrido.

El motor debería estar girando y debería haber una lectura en la balanza digital.

Anota en la tabla del Manual del alumno la lectura de la balanza y la velocidad.

Repite este procedimiento para las otras posiciones del control de frecuencia, indicadas en la tabla.

Anota los resultados y comenta lo sucedido.

Utiliza el interruptor para alternar entre el condensador de arranque y el de marcha. ¿Cuál da la mayor velocidad máxima?

Anota tus conclusiones en el Manual del alumno.

¿Cómo afecta el aumento de la carga a la velocidad máxima? Coméntalo en el Manual del alumno.



Investiga los factores que afectan a la "velocidad de pérdida" y al par máximo en los motores de inducción monofásicos. Anota tus conclusiones en el Manual del alumno.



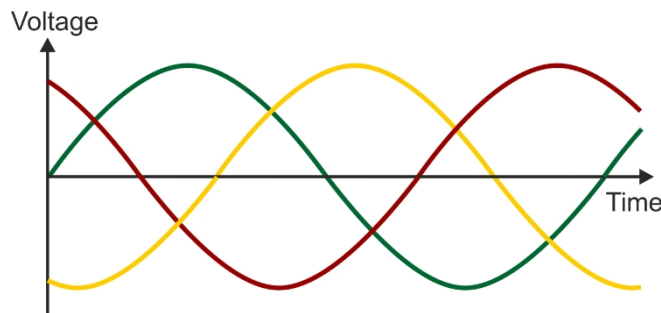
El tipo de corriente alterna descrito en la página 26 se conoce como corriente alterna monofásica. Es la variedad utilizada en situaciones de potencia relativamente baja, como hogares y pequeñas oficinas, y se suministra a través de dos cables.



Cuando se necesita más potencia, en grandes motores, por ejemplo, resulta más económico utilizar un suministro eléctrico trifásico.

Esto suministra tres tensiones de CA separadas, a través de tres cables.

No están en fase (en paso), como muestra el diagrama.



Observando la tensión mostrada como un trazo verde, cuando es positiva, la corriente fluye por el cable correspondiente hacia el motor y vuelve a la fuente por el otro cable.

ya que uno o ambos de los otros voltajes, mostrados como amarillo y rojo, son negativos en este momento.

Por tanto, una alimentación trifásica puede transmitir el triple de potencia con sólo una vez y media más de cable: ¡las monofásicas necesitan dos cables, las trifásicas, tres!

Con una alimentación monofásica, a veces la tensión de alimentación es muy pequeña, incluso cero. Con un suministro trifásico, en ningún momento las tres fases son cero y los picos de las ondas sucesivas están más próximos entre sí. Esto significa que un motor trifásico funciona de forma más suave y eficiente.



## Actividad 8 - Exploración del motor trifásico

Más ligeros y compactos que otros tipos alternativos, los motores trifásicos son ahora la fuerza motriz de muchos vehículos eléctricos.

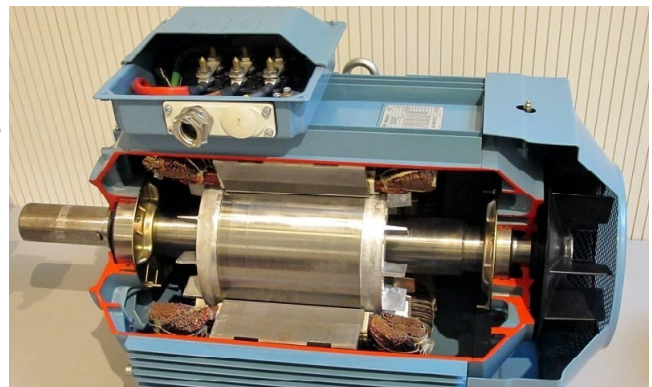


Los motores trifásicos se arrancan solos. Los campos magnéticos alternos, separados y escalonados de los tres juegos de bobinas del estator crean, en efecto, un campo magnético giratorio.

La estructura del motor es, por tanto, más sencilla: ¡no es necesario arrancar con condensador!

La fotografía muestra un motor trifásico con parte de la carcasa exterior cortada lejos. Observe la ausencia de escobillas y de vientos en el rotor.

Los motores de inducción funcionan induciendo una corriente y, por tanto, un campo magnético, en el rotor .



El motor trifásico utiliza seis tomas de color para conectar la alimentación a las bobinas del estator. En el diagrama siguiente, están etiquetadas de la "A" a la "F".

Utiliza un multímetro ajustado para medir la resistencia y averigua qué pares de enchufes están conectados a cada bobina.

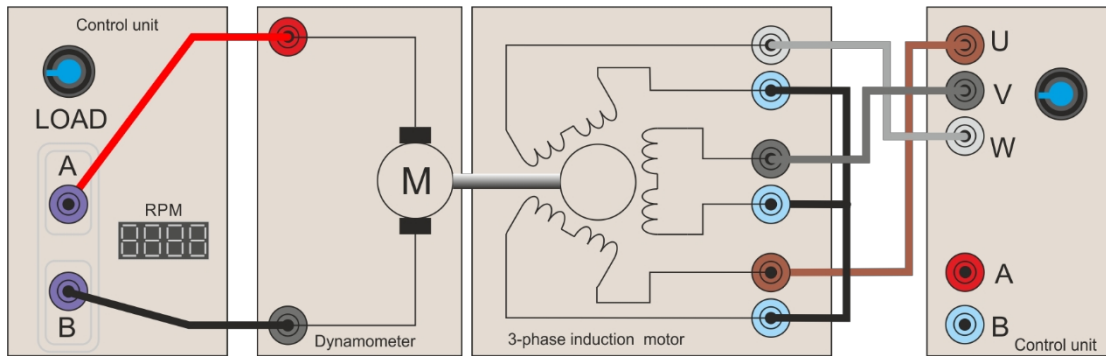
Anota tus resultados en la tabla del Manual del alumno.



## Actividad 8 - Exploración del motor trifásico



Coloca la disposición que se muestra a continuación.



(Los colores de los cables en el diagrama se han elegido para aclarar las conexiones. Conecte todas las tomas azules del motor juntas y, a continuación, conecte las otras tomas del motor a la toma de color correspondiente de la fuente de alimentación. )

Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

Gire el potenciómetro 'AC PSU' aproximadamente un tercio de su recorrido. (Como hemos visto, esto aumenta la frecuencia de alimentación de CA).

Es probable que el motor se ponga en marcha, pero entonces la pantalla muestra "Err".

Espere unos segundos y el motor comenzará a girar.

La fuente de alimentación está diseñada para detectar el pico inicial de corriente y desconectarse. A continuación, espera unos segundos, borra la condición de fallo y restablece la corriente. Utiliza el potenciómetro 'AC PSU' para ajustar la frecuencia de alimentación de CA.

Observa el efecto en el motor y describe lo que encuentras en el Manual del alumno. Calcule la velocidad y el par máximos (según la lectura de la balanza).



¿Cómo se invierte el sentido de giro?

(De nuevo, ¡no hagas experimentos "generales" que puedan cortocircuitar la fuente de alimentación! A continuación te ofrecemos una lista de cosas "seguras" que puedes probar).

1. Intercambia los cables enchufados en las tomas "U" y "V" de la fuente de alimentación.
2. Intercambia los cables enchufados en las tomas "U" y "W" de la fuente de alimentación.
3. Intercambia los cables enchufados en las tomas "V" y "W" de la fuente de alimentación.

En el Manual del alumno, comenta qué efecto ha tenido cada uno de estos cambios en el sentido de giro del motor, si es que ha tenido alguno.

# El motor de corriente continua sin escobillas

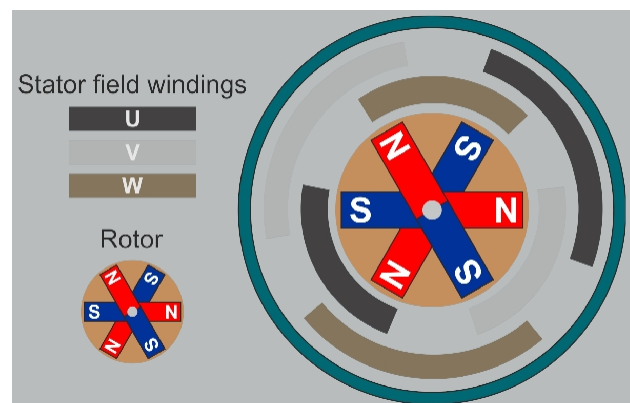
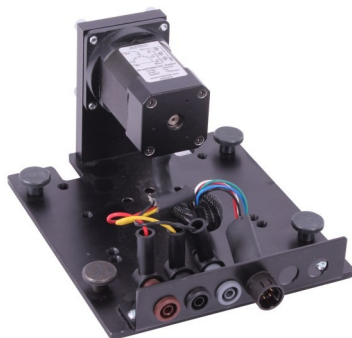
En un motor de corriente continua **con escobillas**, el estator genera un campo magnético, a partir de un imán permanente o de un electroimán. El rotor es un electroimán que gira porque la dirección de la corriente en el electroimán se invierte periódicamente, utilizando un conmutador y escobillas.

Hay problemas con este diseño:

- Las escobillas limitan la velocidad máxima del motor y acaban desgastándose.
- Al hacer y deshacer el contacto, las escobillas provocan chispas y ruido eléctrico.

En el motor de corriente continua **sin escobillas**, la estructura es inversa.

El estator contiene varios electroimanes. El rotor es una red magnética permanente que gira. Los electroimanes del estator se controlan electrónicamente para generar campos magnéticos que hacen girar el rotor.



Las ventajas de esta disposición son:

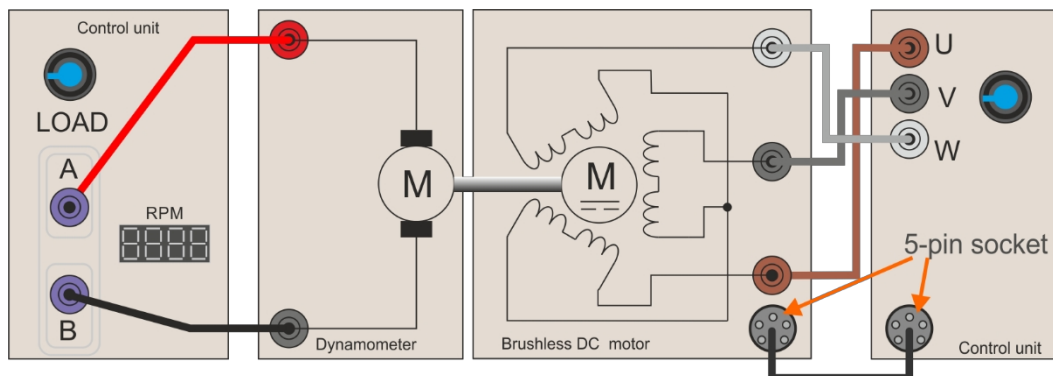
- Los motores de corriente continua sin escobillas tienen una mayor relación potencia-peso, lo que los hace útiles en aplicaciones sensibles al peso, como los drones.
- El control electrónico es más preciso y puede modificar las señales de control para optimizar el rendimiento a la velocidad requerida.
- No hay escobillas que se desgasten y hay mucho menos ruido eléctrico.



# El motor de corriente continua sin escobillas



Coloca la disposición que se muestra a continuación.



(Una vez más, los colores de los cables en el diagrama se han elegido para aclarar las conexiones. Se utiliza un cable multifilar adicional para retroalimentar la información sobre la posición del rotor).

Gire el potenciómetro de carga hasta la mitad.

Gire lentamente el potenciómetro "AC PSU" para aumentar la frecuencia de alimentación de CA. Ahora el motor gira.

Ajuste la frecuencia de alimentación de CA y observe el efecto sobre la velocidad del motor. Calcule la velocidad máxima posible.

En el Manual del Estudiante, describa sus conclusiones.

Un conjunto de sensores de efecto Hall detecta la posición del rotor. Las señales procedentes de ellos, que viajan a través de los conectores de cinco patillas y el cable, informan a la unidad de control de la posición del rotor, lo que le permite ajustar sus señales de accionamiento en consecuencia.

¿Qué ocurre si desconectas uno de los enchufes de cinco clavijas mientras el motor está girando? Pruébalo.

El complejo sistema de control no permite invertir fácilmente el sentido de giro.



Investiga el tema del efecto Hall y escribe un resumen de tus conclusiones en el Manual del alumno.

# Manual del estudiante

## Seguridad

### Choque eléctrico

El riesgo es mínimo:

- La salida de la unidad de control está limitada a 24 V CA o CC.
- El dinamómetro genera tensiones continuas.
- A velocidad máxima, la tensión generada es inferior a 30VDC.
- La unidad de control sólo funciona si hay un motor conectado al dinamómetro.

### Choque físico

#### ¡El equipo es pesado!

Si a alguien se le cayera el dispositivo, podría sufrir lesiones importantes.

El riesgo se reduce permaneciendo sentado mientras se utiliza el equipo.

Las piezas giratorias expuestas crean riesgos potenciales, ya que el pelo y la ropa pueden quedar atrapados.

en ellos. La protección de plástico presente entre el dinamómetro y el motor sometido a prueba significa que no hay piezas giratorias expuestas.

### Página 5 - Fuentes de alimentación:

#### **Fuente de alimentación de CC** - (CC = corriente continua):

- un terminal es siempre positivo, el otro siempre negativo;
- "tráfico unidireccional": la corriente circula siempre en el mismo sentido por el circuito.

#### **Fuente de alimentación de CA** - (CA = corriente alterna):

- Los terminales cambian de polaridad repetidamente, uno positivo, el otro negativo y luego se intercambian;
- circulación en ambos sentidos: la corriente circula en el sentido de las agujas del reloj y luego en sentido contrario.

**La corriente alterna** puede convertirse en continua mediante los procesos de rectificación y regulación.

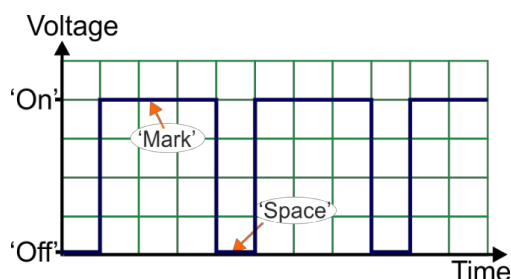
**La corriente continua** puede convertirse en alterna mediante un dispositivo llamado inversor.

## Página 7 - Exploración de la fuente de alimentación de CC:

El motor de corriente continua se controla mediante modulación por ancho de pulsos (PWM). La fuente de alimentación emite una serie de impulsos "on/off", cuya parte "on" se conoce como "marca" y la parte "off" como "espacio".

Aumentar la potencia - aumentar la duración de la marca y disminuir el espacio - el motor está "encendido" durante más tiempo. Como resultado, funciona más rápido.

Disminuir la potencia significa que el motor está más tiempo apagado y menos tiempo encendido: ¡más espacio y menos marca! Como resultado, funciona más despacio.



Utilizando la jerga, la velocidad del motor se controla cambiando la "relación marca: espacio" del impulso, es decir, la relación encendido:apagado.

Esta forma de control puede describirse utilizando el término "ciclo de trabajo". Es la fracción de la señal durante la cual el motor está "encendido". Una relación marca:espacio de 3:1 equivale a un ciclo de trabajo del 75%.

### **Desafío - La ventaja de PWM sobre el control analógico simple es:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

# Manual del estudiante

Página 12 - Ejercer torsión:

Para cambiar el sentido de giro de un motor de corriente continua, invierta las conexiones eléctricas.

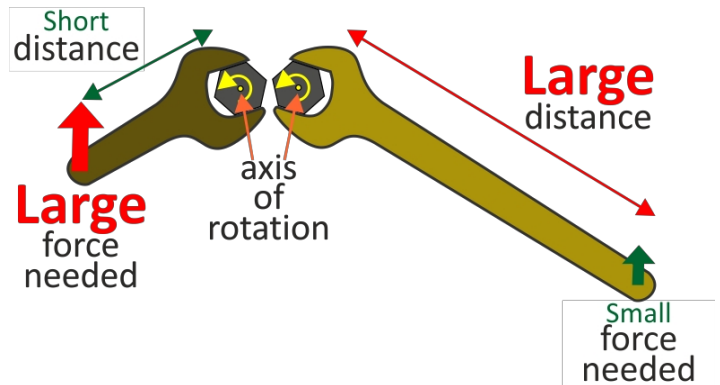
Página 13 - Qué es el par motor:

El par es el *efecto de giro* de una fuerza. Se calcula a partir de la ecuación:

**par T = fuerza x distancia del eje**

Cuanto mayor sea la fuerza y el  
distancia del eje de rotación, la gran  
ger

el par. Por eso es más fácil utilizar un  
llave larga que una corta para aflojar una tuerca.



La balanza digital mide la **masa**, la cantidad de materia de un cuerpo, no la fuerza. La fuerza y la masa están vinculadas por "g", la intensidad del campo gravitatorio, es decir, la fuerza con la que la gravedad de la Tierra tira de la materia: unos 10 N por cada kilogramo.

Esto significa que:

**fuerza del dinamómetro sobre la balanza = 10 x lectura de la balanza**

**Por ejemplo:**

Calcule el par que produce una lectura de 250 g en la balanza digital.

$$1000g = 1kg$$

$$so250g = 0,25 kg$$

Esto corresponde a una fuerza (debida a la gravedad) de  $0,25 \times 10 = 2,5N$ .

Para el dinamómetro, se aplica a una distancia de 0,04 m del eje de rotación. El par resultante es de  $2,5 \times$

$$0,04 = 0,1N.m$$

Página 14 - Exploración del motor de corriente continua:

| Ajuste de la fuente de alimentación | Velocidad (rpm) | Lectura de la balanza (g) | Lectura de la balanza (kg) | Par (N.m) |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|-----------|
| Un tercio                           |                 |                           |                            |           |
| Dos tercios                         |                 |                           |                            |           |
| Máximo                              |                 |                           |                            |           |

A medida que aumenta, el motor gira más rápidamente y genera más par.

## Página 15 - Exploración del motor de corriente continua:

La eficiencia es una medida de la cantidad de energía suministrada por la unidad de control que se utiliza eficazmente y la cantidad que se desperdicia (normalmente en forma de calor).

Se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{energía suministrada por el motor a la carga}}{100\% \text{ de energía introducida por la unidad de control}}$$

En este caso, es más fácil trabajar con potencia que con energía.

La potencia es la velocidad a la que se suministra la energía, es decir, la energía suministrada por segundo. La fórmula es:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{potencia mecánica desarrollada por el motor}}{100\% \text{ de potencia eléctrica suministrada por la unidad de control}}$$

La potencia mecánica se calcula mediante la fórmula

$$\text{Potencia mecánica} = (2 \times n \times \pi \times T) / 60$$

donde **n** es la velocidad del motor en rpm y **T** es el par desarrollado.

La potencia eléctrica se calcula mediante la fórmula

$$\text{Potencia eléctrica suministrada} = V_{IN} \times I_{IN}$$

donde **V<sub>IN</sub>** = tensión de entrada e **I<sub>IN</sub>** = corriente de entrada.

| Ajuste de la fuente de alimentación | Energía eléctrica suministrado al motor | Potencia mecánica entregado a la carga | Eficacia |
|-------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|----------|
| Un tercio                           |                                         |                                        |          |
| Dos tercios                         |                                         |                                        |          |
| Máximo                              |                                         |                                        |          |

Estos resultados demuestran que el rendimiento del motor depende de su velocidad.

Efectos del cambio de carga:

.....

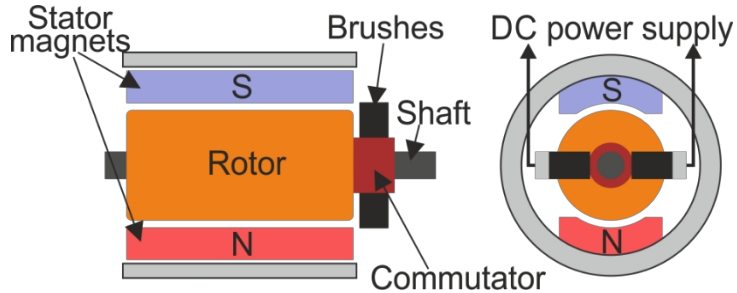
.....

.....

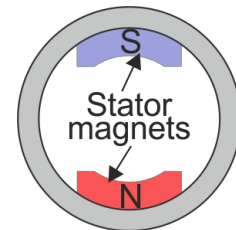
## Manual del estudiante

Página 16 - Exploración del motor de corriente continua:

El motor de corriente continua (con escobillas) está formado por el estator, el rotor (o inducido), el conmutador y escobillas.



El **estator** genera un campo magnético estacionario mediante imanes permanentes o electroimanes. Este campo rodea al rotor.

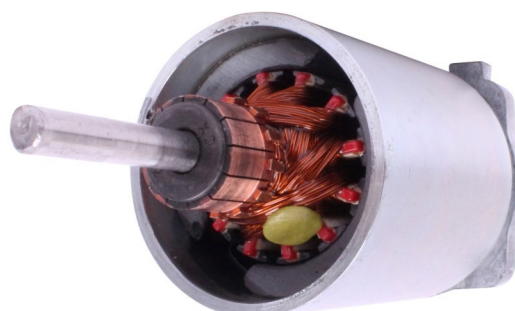
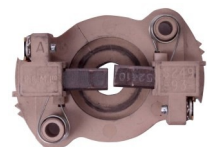


El **rotor está formado** por una serie de bobinas aisladas. Cuando éstas pasan una corriente, generan campos magnéticos, que interactúan con el campo del estator, haciendo girar el rotor.



El **conmutador** invierte el flujo de corriente alrededor de los bobinados del rotor para mantenerlo girando. Consiste en un tambor unido al rotor, dividido en varias secciones.

Las **escobillas** se deslizan sobre el conmutador a medida que el motor gira. Al hacerlo, entran en contacto con diferentes segmentos del conmutador, que están unidos a diferentes devanados del rotor.



## Página 17 - Exploración del motor de corriente continua:

### Características del motor de corriente continua de imanes permanentes (PMDC):

- La velocidad del motor depende de la tensión de alimentación.
- El par del motor depende de la corriente de alimentación.
- ***Una mayor tensión de alimentación hace que el motor gire más rápido.***

No me sorprende.

Mayor tensión  $\Rightarrow$  mayor corriente  $\Rightarrow$  campo magnético más intenso en los devanados del rotor  $\Rightarrow$  mayor fuerza magnética en el rotor debido a la interacción con el campo magnético del estator  $\Rightarrow$  **¡más rápido gira el motor!**

- ***Aumentar la carga ralentiza el motor pero aumenta la corriente que necesita. O cuanto más rápido gira el motor, menor es la corriente que toma de la fuente de alimentación.***

La explicación: "**back-emf**":

- Los devanados del rotor que giran en el campo magnético del estator generan una tensión, denominada "back-emf".
- Esto se opone a la tensión de alimentación.
- Como resultado, se reduce la tensión global aplicada a los devanados del rotor.
- **Cuanto** más rápida sea la rotación  $\Rightarrow$  mayor será la back-emf  $\Rightarrow$  **menor será** la tensión global  $\Rightarrow$  menor será la corriente resultante.

Añadir una carga al motor:

- lo ralentiza;
- reduce el back-emf;
- aumenta la tensión global;
- y así aumenta la corriente.

## Página 18 - Exploración del motor de corriente continua:

Dos ventajas del motor PMDC son su elevado par de arranque y el comportamiento (casi) lineal del gráfico velocidad / par.

Una desventaja es que las escobillas se desgastan con el tiempo y son los componentes más propensos a fallar.

Otras ventajas e inconvenientes son:

.....

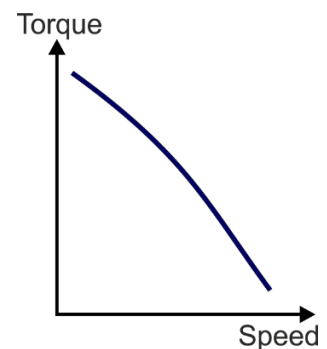
.....

.....

.....

Los usos del motor PMDC incluyen:

- en casa: unidades de ordenador, cepillos de dientes eléctricos, aspiradoras portátiles, batidoras de alimentos, taladros portátiles, cortasetos.
- en vehículos: limpiaparabrisas/lavaparabrisas, elevalunas eléctricos, ventilador de calefacción.



## Página 19 - Y ahora la dinamo:

El motor de corriente continua de imanes permanentes gira cuando se le suministra energía eléctrica. La dinamo tiene la misma estructura básica, pero funciona al revés: cuando gira, genera electricidad.

### 1. Tensión de salida en función de la velocidad:

| Velocidad rpm. | Tensión generada |
|----------------|------------------|
| 200            |                  |
| 400            |                  |
| 600            |                  |
| 800            |                  |

### Efectos del cambio de carga:

.....

.....

.....

### 2. Potencia de salida en función de la carga:

| Carga        | Potencia de entrada | Tensión generada | Corriente de salida | Potencia de salida | Eficacia |
|--------------|---------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------|
| Un cuarto    |                     |                  |                     |                    |          |
| Medio        |                     |                  |                     |                    |          |
| Tres cuartos |                     |                  |                     |                    |          |
| Completo     |                     |                  |                     |                    |          |

### Reto - Encender la bombilla:

| Velocidad rpm | Potencia de entrada | Tensión generada | Corriente de salida | Potencia de salida | Eficacia |
|---------------|---------------------|------------------|---------------------|--------------------|----------|
| 400           |                     |                  |                     |                    |          |
| 800           |                     |                  |                     |                    |          |

### El veredicto:

La eficiencia de la dinamo cambia con su velocidad. Elige la combinación adecuada de máquina y reductor para obtener la máxima eficiencia.

## Página 20 - Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación:

En un motor de corriente continua, el **estator** crea un campo magnético estacionario alrededor del rotor.

En el motor PMDC, se produce mediante imanes permanentes.

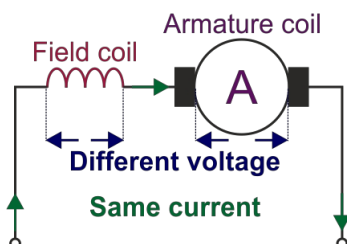
En los motores de corriente continua con bobinado, se genera haciendo pasar una corriente eléctrica a través de bobinas de alambre, denominadas bobinados de campo, convirtiéndolas en electroimanes.

En ambos tipos, las bobinas de alambre del rotor (o inducido) crean campos magnéticos que reaccionan con los del estator.

Existen dos tipos de motores de corriente continua con bobinado:

### El motor **bobinado en serie**:

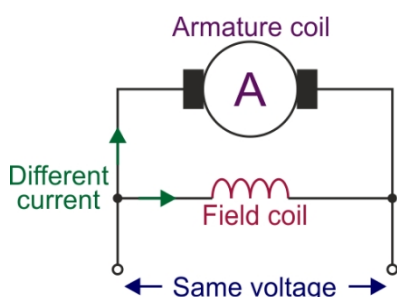
- las bobinas de campo y de inducido se conectan en línea, una detrás de otra;
- la misma corriente fluye a través de ellos;
- suele haber una tensión diferente a través de ellos.



En la práctica, la bobina de campo utiliza algunas vueltas de alambre grueso, para disminuir su resistencia eléctrica. De lo contrario, se reduciría la corriente que circula por el inducido y disminuiría el par creado.

### El motor **shunt-wound**:

- las bobinas de campo y de inducido están conectadas en paralelo;
- la corriente en la bobina de campo puede ser diferente de la de la bobina de inducido;
- ambas bobinas experimentan la misma tensión.



En la práctica, la bobina de campo debe tener una resistencia mayor que la bobina del inducido, ya que, de lo contrario, la mayor parte de la corriente pasaría de largo por la bobina del inducido, reduciendo el par creado. Para conseguirlo, la bobina de campo utiliza un gran número de vueltas de alambre fino.

Cuando la corriente continua circula por las bobinas de un motor, el comportamiento eléctrico

puede predecirse utilizando la ley de Ohm. Sin embargo, una vez que el motor está en marcha, los campos magnéticos giratorios del motor alteran drásticamente el comportamiento.

El efecto es causado por la "back-emf", descrita anteriormente. Esta aumenta a medida que la velocidad

aumenta. Del mismo modo, cuando un motor se para, la contraemf es nula. La corriente en las bobinas aumenta significativamente y puede provocar que el motor se queme.

El motor bobinado en serie suele denominarse "motor universal" porque puede funcionar tanto con corriente alterna como con corriente continua. Esta flexibilidad hace que los motores universales sean de los más utilizados en aplicaciones como cepillos, fresadoras, lijadoras, amoladoras, sierras, etc.

Medición de la resistencia de la bobina:

| Motor de rotor bobinado | Resistencia de la armadura ( $\Omega$ ) | Resistencia de la bobina de campo ( $\Omega$ ) |
|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| Serie                   |                                         |                                                |
| Derivación              |                                         |                                                |

Explica cómo estas mediciones apoyan la descripción de la estructura de los dos tipos de motor realizada en la página anterior.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Página 22 - Investigación del motor en derivación:

**Reto** - ¿Cómo se invierte el sentido de giro?

Intento 1 - invertir las conexiones de alimentación DC1 al estátor.

.....

.....

.....

Intento 2 - invierta las conexiones de la fuente de alimentación DC2 al rotor.

.....

.....

.....

Intento 3 - invierta ambos juegos de conexiones de la fuente de alimentación.

.....

.....

.....

## **Rendimiento del motor en derivación:**

| Tensión de alimentación DC2 (rotor) (V) | Máximo velocidad (rpm) | Máximo saldo lectura (g) |
|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 6                                       |                        |                          |
| 9                                       |                        |                          |
| 12                                      |                        |                          |
| 15                                      |                        |                          |

## **Observaciones:**

.....

.....

.....

## **Serie frente a derivación:**

El control de la velocidad es un aspecto importante del diseño de motores. El motor shunt ofrece una autorregulación de la velocidad realmente buena. Por eso se suele utilizar en dispositivos que deben funcionar a velocidad constante, como los tornos. El motor bobinado en serie tiene el par de arranque más alto de todos los motores. Es ideal para aplicaciones en las que es importante un par elevado inicial, como cabrestantes y grúas. Sin embargo, su velocidad depende de la carga, por lo que puede variar.

Página 24 - Investigación del motor en serie:

**Reto** - ¿Cómo se invierte el sentido de giro?

Intento 1: invierta las conexiones de las tomas de alimentación A y B.

.....

.....

.....

Intento 2 - invertir las conexiones al rotor, intercambiando los cables en el enchufes amarillo y morado.

.....

.....

.....

Intento 3 - invierta las conexiones al estator, intercambiando los cables en las tomas roja y negra.

.....

.....

.....

**Rendimiento del motor en serie:**

| Tensión de alimentación DC1 (V) | Velocidad (rpm) | Lectura de la balanza (g) |
|---------------------------------|-----------------|---------------------------|
| 5                               |                 |                           |
| 8                               |                 |                           |
| 11                              |                 |                           |
| 14                              |                 |                           |

**Observaciones:**

.....

.....

.....

.....

Página 24 - Investigación del motor en serie:

**Desafío** - La unidad de control suministra una potencia de salida de hasta 100 W. Se apaga cuando

se sobrepasa y muestra el mensaje '*Err*' en la pantalla.

Tensión y velocidad del motor máximas permitidas antes de la

desconexión: Tensión máxima de alimentación = .....

Velocidad máxima = .....

Efecto sobre estos valores de la modificación de la carga:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Serie frente a derivación:

El control de la velocidad es un aspecto importante del diseño de motores. El motor shunt ofrece una autorregulación de la velocidad realmente buena. Por eso se utiliza a menudo en dispositivos que deben funcionar a velocidad constante, como los tornos.

El motor bobinado en serie tiene el par de arranque más alto de todos los motores. Es ideal para aplicaciones en las que ese par inicial elevado es importante, como cabrestantes y grúas. Sin embargo, su velocidad depende de la carga y puede variar.

## Página 26 - Exploración del motor universal:

**Reto** - ¿Cómo se invierte el sentido de giro?

Intento 1: invierta las conexiones de las tomas de alimentación A y B.

.....

.....

.....

Intento 2 - invertir las conexiones al rotor, intercambiando los cables en los enchufes amarillo y morado.

.....

.....

.....

Intento 3 - invierta las conexiones al estator, intercambiando los cables en las tomas roja y negra.

.....

.....

.....

**Reto** - Efecto de la frecuencia en el rendimiento motor:

Tensión máxima de alimentación = .....

Velocidad máxima = .....

Efecto sobre estos valores de la modificación de la carga:

.....

.....

.....

Posible causa de la caída de velocidad a alta frecuencia:

.....

.....

.....

## Página 29 - Presentación del motor de inducción:

Los motores de inducción no tienen escobillas que se desgasten, por lo que requieren menos mantenimiento.

### ¿Cómo funciona?

El **rotor** no está conectado a una fuente de alimentación externa. Suele ser una bobina de alambre o una **jaula de ardilla**, una disposición de barras metálicas como la que se muestra en el diagrama.

Los devanados **del estator** están conectados a una fuente de alimentación externa y reciben corriente alterna. Esto crea un campo magnético **giratorio**.

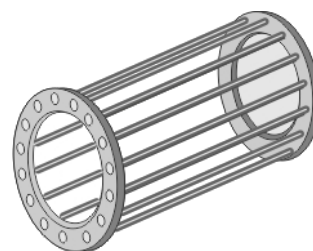
Este campo induce una corriente eléctrica en el rotor. La dirección

La corriente inducida produce su propio campo magnético, que reacciona con el campo magnético giratorio del estator y hace girar el rotor.

Por eso se llama motor de inducción.



Motor de inducción  
monofásico



Rotor de jaula de  
ardilla

**Desafío** - ¿Cuáles son las ventajas y desventajas relativas de la jaula de ardilla y el Motores de rotor bobinado?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

¿Por qué los conductores de un rotor de jaula de ardilla no son paralelos al eje del motor?

.....

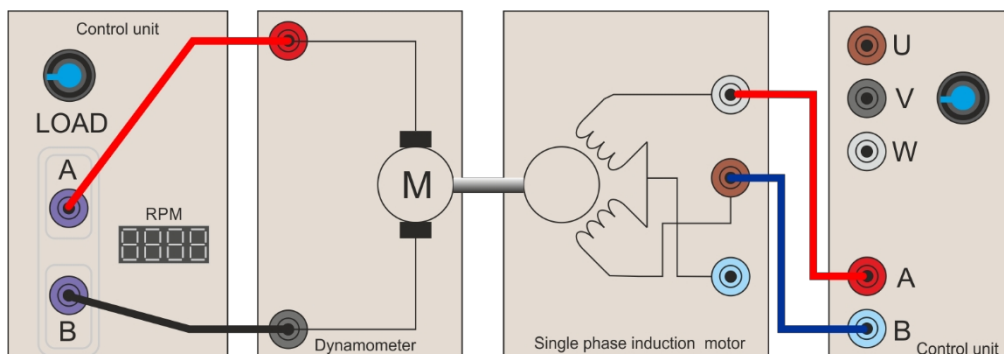
.....

.....

.....

## Página 31 - Exploración del motor de inducción:

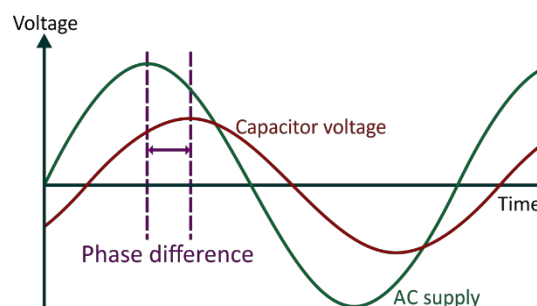
En su forma bruta, conectado como en el diagrama, este motor no es autoarrancable.



La razón es que tratamos todo el estator como una única bobina. La alimentación de CA se conecta a través de esa bobina única y crea un campo magnético *alterno*, pero no un campo *giratorio*. Para ello necesitamos dos campos magnéticos distintos, que oscilen desfasados entre sí.

Una respuesta es utilizar un condensador para introducir un desfase entre las señales aplicadas a las bobinas del estator.

Cuando se aplica una tensión alterna a un condensador, éste se carga y descarga de tal forma que la tensión que lo atraviesa está "desfasada" (no en escalón) con la tensión de alimentación. El pico de tensión del condensador se produce en un momento distinto al pico de tensión de alimentación.

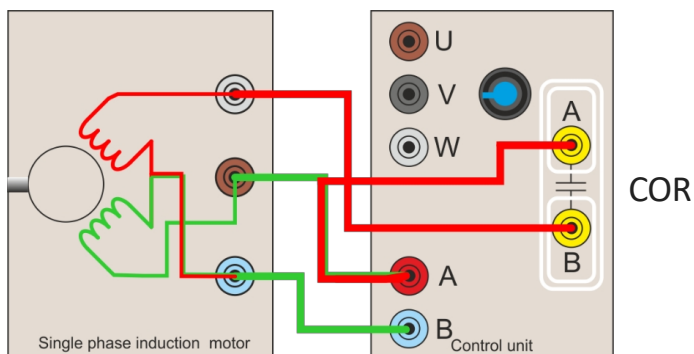


La disposición de al lado muestra cómo aprovechar este efecto:

El motor gira ahora cuando se alimenta con CORRIENTE ALTERNA.

La velocidad del motor depende en la frecuencia del suministro - la

Cuanto mayor sea la frecuencia, más rápido girará.



**Reto** - ¿Cómo se invierte el sentido de giro?

Intento 1: invertir las conexiones de las tomas de alimentación A y B:

.....

.....

.....

.....

Intento 2 - invirtiendo las conexiones a las tomas amarillas **A** y **B** del condensador:

.....

.....

.....

.....

Intento 3 - intercambiando las conexiones de la toma de entrada marrón y la toma de entrada gris:

.....

.....

.....

.....

Para conseguir invertir la rotación, había que invertir uno de los campos creados por las bobinas del estator.

## Página 33 - Utilización del motor de inducción:

Cuando se modifica la frecuencia de alimentación, el comportamiento del motor en marcha en el "Start" se muestra en la tabla:

| Potenciómetro de control de frecuencia | Velocidad (rpm) | Saldo lectura (g) |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------|
| un cuarto de vuelta                    |                 |                   |
| media vuelta                           |                 |                   |
| tres cuartos de vuelta                 |                 |                   |
| máximo                                 |                 |                   |

Comente estos resultados:

.....

.....

.....

Comparación del rendimiento de los condensadores de arranque y de funcionamiento:

| Condensador | Máximo Velocidad (rpm) | Saldo lectura (g) |
|-------------|------------------------|-------------------|
| Inicio      |                        |                   |
| Ejecutar    |                        |                   |

Efecto de la carga en la velocidad máxima:

.....

.....

.....

Factores que afectan a la velocidad de calado y al par máximo:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Página 34 - Corriente alterna trifásica:

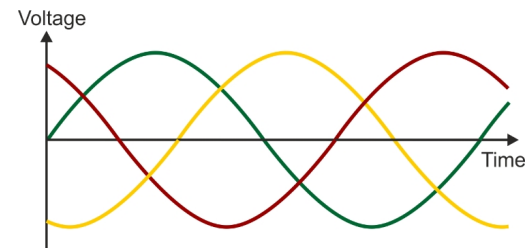
Cuando se necesita más potencia, en motores grandes por ejemplo, una trifásica a menudo se utiliza el suministro eléctrico.

Esto suministra tres tensiones de CA separadas, a través de tres cables. No están en fase (en paso), como muestra el diagrama.

Como las fases nunca son cero al mismo tiempo y los picos de las ondas sucesivas están más cerca entre sí, un motor trifásico funciona de forma más suave y eficiente.

Los motores trifásicos son autoarrancables, es decir, la alternancia, separada y escalonada, de los motores de corriente alterna.

Los campos magnéticos de los tres juegos de bobinas del estator crean el efecto de un campo giratorio. Por lo tanto, la estructura del motor es más sencilla: ¡no es necesario arrancar con condensadores!



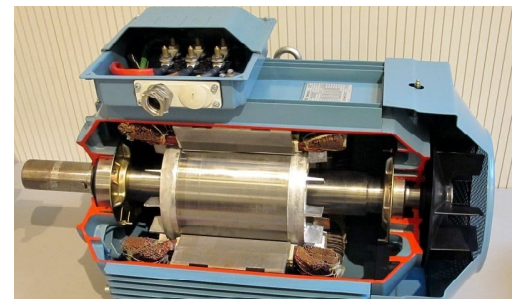
## Página 35 - Exploración del motor trifásico:

La fotografía muestra una vista en corte transversal de un motor trifásico.

Observe la falta de escobillas y bobinados en el rotor.

Los motores de inducción funcionan induciendo una corriente y, por tanto, un campo magnético, en el rotor.

El motor trifásico Matrix utiliza seis tomas de color para conectar la fuente de alimentación a las bobinas del estator. En el diagrama, están etiquetadas de la "A" a la "F".

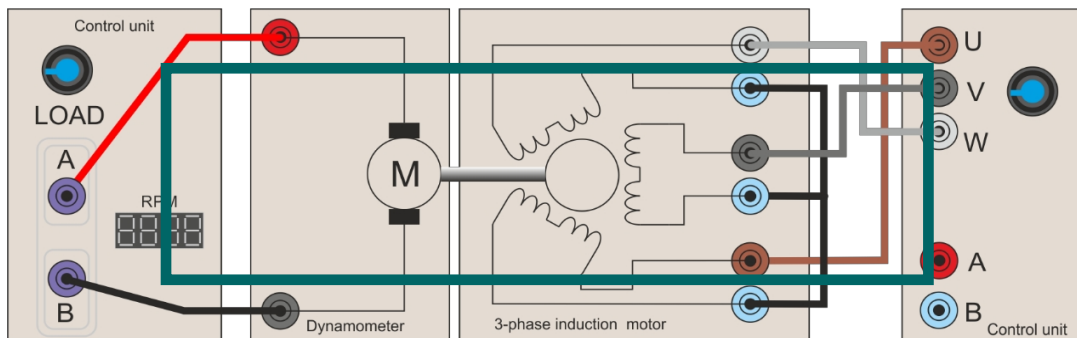


## **Registro de las mediciones realizadas:**

| Bobina   | Conectado a tomas de corriente | Resistencia de la bobina ( $\Omega$ ) |
|----------|--------------------------------|---------------------------------------|
| Bobina 1 |                                |                                       |
| Bobina 2 |                                |                                       |
| Bobina 2 |                                |                                       |

## Página 36 - Investigación del motor trifásico:

El diagrama muestra cómo se conecta el motor a la alimentación trifásica.



- Las tomas azules del motor están conectadas entre sí.
- Cada una de las otras tomas del motor se conecta a la toma de color correspondiente de la fuente de alimentación.

Con el potenciómetro 'AC PSU' a un tercio de su recorrido, para aumentar la frecuencia de alimentación de CA, el motor se mueve pero luego la pantalla muestra 'Err'.

La fuente de alimentación está diseñada para detectar el pico inicial de corriente y desconectarse. A continuación, espera unos segundos, elimina el fallo y restablece la corriente.

### **Efecto de la frecuencia en el rendimiento motor:**

Efecto del aumento de la frecuencia:

.....  
 .....

Velocidad máxima = ..... Lectura máxima de la balanza = .....

Posible causa de la caída de la velocidad a alta frecuencia:

.....  
 .....

### **Reto - ¿Cómo se invierte el sentido de giro?**

Intento 1 - Intercambie los cables enchufados en las tomas de alimentación "U" y "V" .

.....  
 .....

Intento 2 - Intercambie los cables enchufados en las tomas de alimentación "U" y "W".

.....  
 .....

Intento 3 - Intercambie los cables conectados a la alimentación "V" y "W".

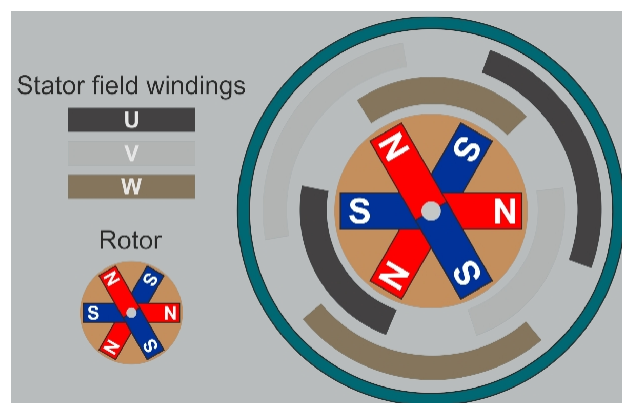
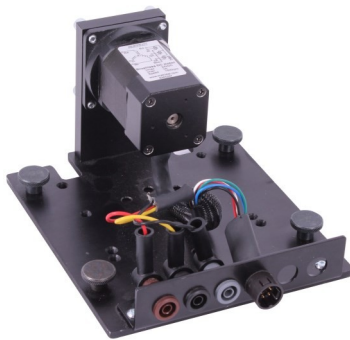
## Página 37 - El motor de corriente continua sin escobillas:

En un motor de corriente continua **con escobillas**, el estator genera un campo magnético, a partir de un

imán permanente o de un electroimán. El rotor es un electroimán que gira porque la dirección de la corriente en el electroimán se invierte periódicamente, utilizando un conmutador y escobillas.

Problemas:

- Las escobillas limitan la velocidad máxima del motor y acaban desgastándose.
- Al hacer y deshacer el contacto, las escobillas provocan chispas y ruido eléctrico. En el motor de corriente continua **sin escobillas**, la estructura es inversa. El estator contiene varios electroimanes. El rotor es un imán permanente que gira. Los electroimanes del estator se controlan electrónicamente para generar campos magnéticos que hacen girar el rotor.



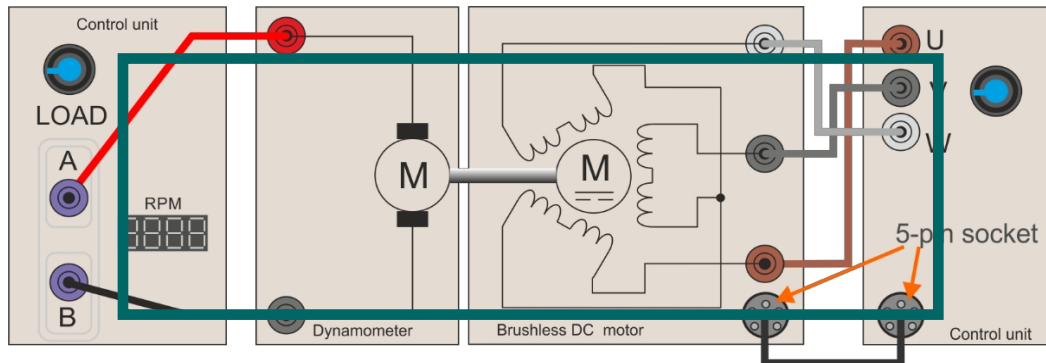
Las ventajas de esta disposición son:

- Los motores de corriente continua sin escobillas tienen una mayor relación potencia/peso, lo que los hace útiles en aplicaciones sensibles al peso, como los drones.
- El control electrónico es más preciso y puede modificar las señales de control para optimizar la eficiencia a la velocidad requerida.
- No hay escobillas que se desgasten y hay mucho menos ruido eléctrico debido a las chispas.



## Página 38 - Investigación sobre el motor de corriente continua sin escobillas:

El diagrama muestra cómo se conecta el motor a la alimentación trifásica.



Se utiliza un cable multifilar para obtener información sobre la posición del rotor,  
El complejo sistema de control no nos permite invertir fácilmente el sentido de giro.

### **Efecto de la frecuencia en el rendimiento motor:**

A medida que aumenta la frecuencia:

.....  
.....

Velocidad máxima = .....

### **Efecto de la eliminación de la señal de realimentación:**

Cuando el cable de retroalimentación está desenchufado:

.....

### **Reto - ¿Qué es el efecto Hall?**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....