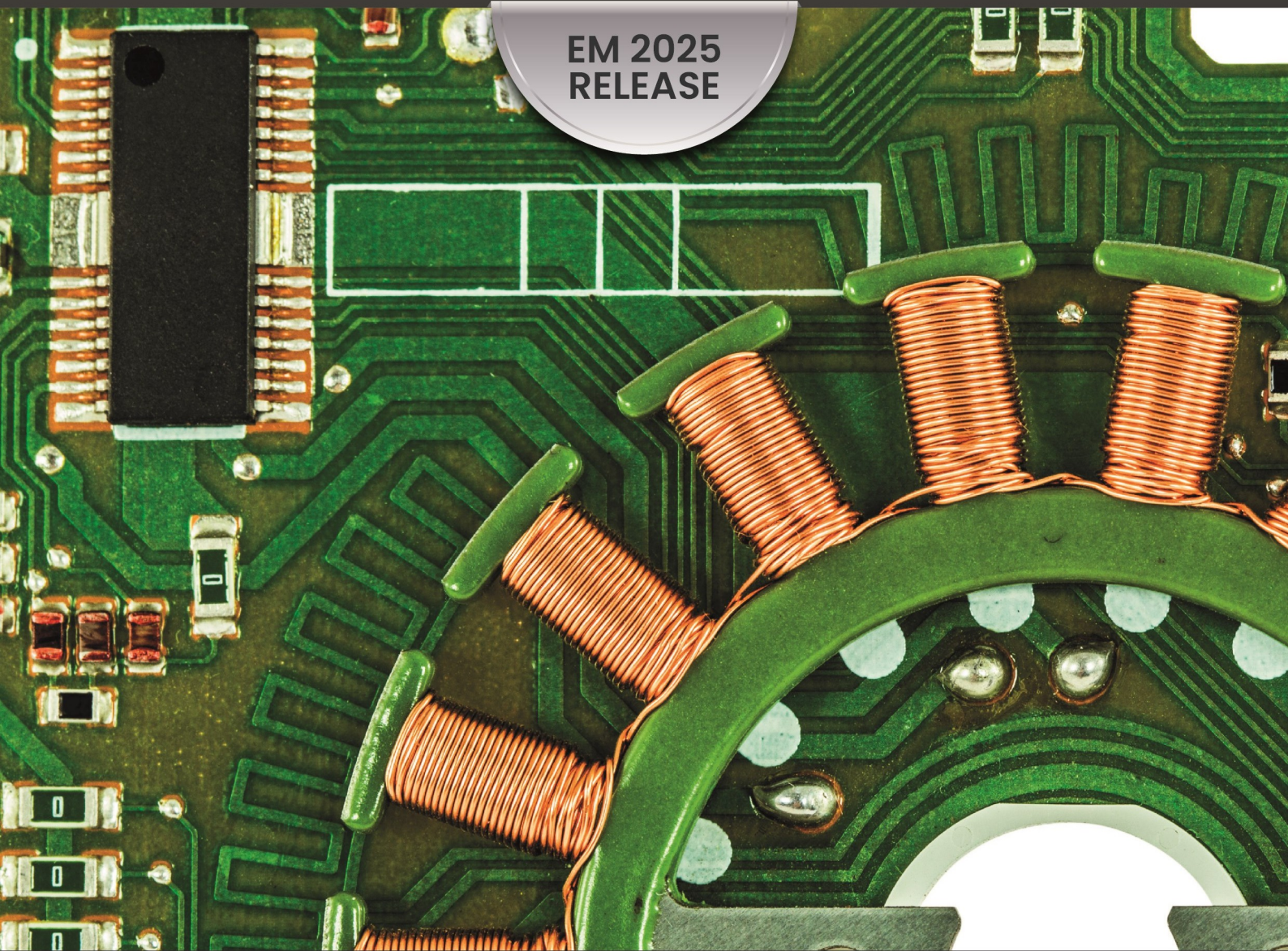




# **MATRIX** | ELECTRICAL MACHINES

## **Electrical Machines For Installation / Manual Control V2.0**

EM 2025  
RELEASE



**MATRIX**

CP3897

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

Copyright © 2023 Matrix Technology Solutions Limited

Tema	Página
Seguridad	3
Cómo empezar	5
Exploración de la fuente de alimentación de CC	6
Modulación por ancho de pulsos	7
Actividad 1 - Ejercer la torsión	9
Actividad 2 - Explorar el motor de corriente continua	11
Actividad 3 - Exploración de la dinamo	16
Actividad 4 - Investigación del motor en derivación	20
Actividad 5 - Investigar el motor en serie	22
Actividad 6 - explorar el motor universal	25
Actividad 7 - Exploración del motor de inducción	28
Actividad 8 - Exploración del motor trifásico	33
Actividad 9 - Investigación del motor de corriente continua sin escobillas	36
Actividad 10 - Investigación sobre el motor paso a paso	38
Folleto para el alumno	39

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 36 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. protección de plástico situada entre el dinamómetro y el motor sometido a prueba evita que queden al descubierto piezas giratorias.

### **Por favor:**

Si se produce un accidente durante el uso del equipo, notifíquenoslo a 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

## 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 DC - (DC= 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 sentido contrario.

## CA o CC: ¿cuál se utiliza?

Cada uno tiene su utilidad.

La electricidad suele generarse y transmitirse como CA. 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:

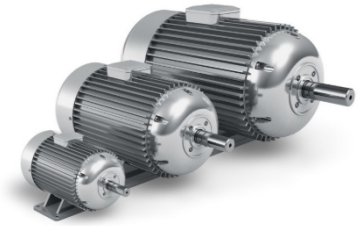
- **batería** - las reacciones químicas generan tensiones continuas, por ejemplo, las baterías de "plomo-ácido";
- **célula solar** - Las células fotovoltaicas transforman la energía luminosa en energía eléctrica continua;
- **dinamo** - una bobina giratoria de alambre cerca de un imán genera corriente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

El "conmutador" conecta la bobina al resto del circuito.

## Fuentes de alimentación de CA:

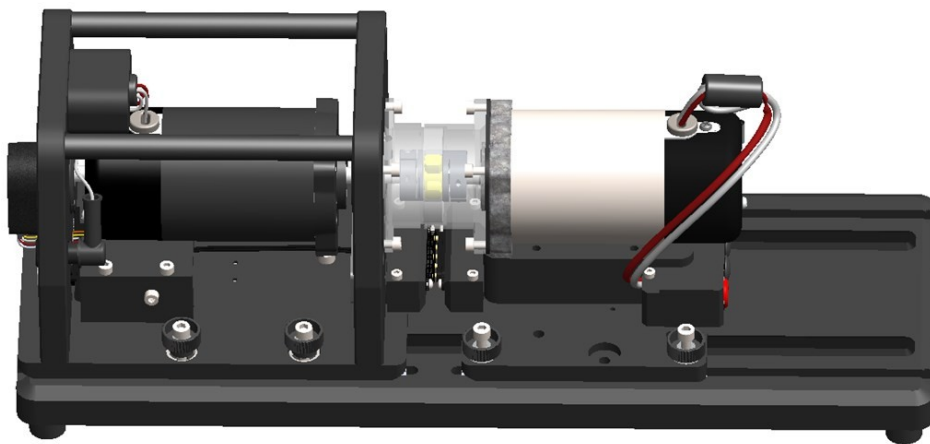
- **alternador** - otro ejemplo de bobina giratoria de alambre cerca de un imán;
  - un "anillo colector" conecta con el resto del circuito;
  - el serpentín puede girar con vapor a alta presión en una central eléctrica, por el viento (aerogenerador) o por la caída del agua (hidroelectricidad).

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



Esta sección muestra cómo configurar el equipo. A continuación, pueden comenzar las pruebas.

Conecte la unidad de control a la red eléctrica mediante el conector de alimentación IEC. La pantalla gráfica de la caja de control digital debe encenderse.



Deslice el módulo dinamométrico sobre el lado más corto de la placa base y conéctelo a la caja de accionamiento digital con el cable tipo D de 25 vías. Asegúrese de que el software y el controlador de la unidad de control están correctamente instalados.

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

Deslice el motor de corriente continua sobre el lado más largo de la placa base. Si es necesario, afloje las abrazaderas de tornillo de la placa base del motor. Al empujar el motor hacia su posición inicial, debería ver el icono  
icono del módulo correspondiente aparecen en la pantalla gráfica.

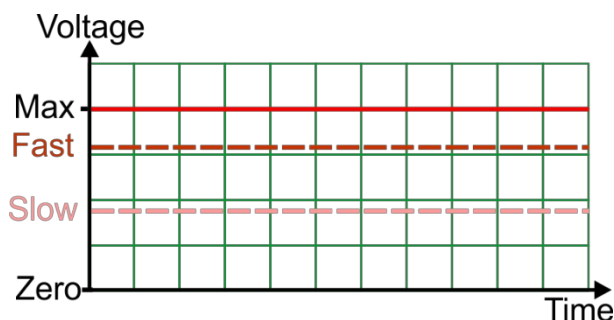
Apriete las abrazaderas de tornillo para asegurarse de que el banco de potencia y los módulos del motor están bien sujetos en su sitio.

Ya está listo para empezar a experimentar con el equipo.

# Explorar la corriente continua suministro

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

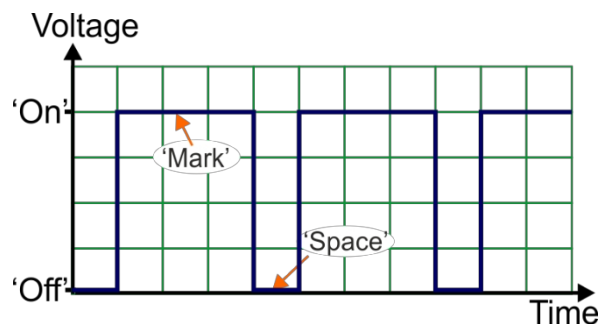
Sin embargo, no se trata simplemente de aumentar o disminuir una tensión continua constante, sino de una forma de control, denominada "analógico" - ilustrado en el diagrama.



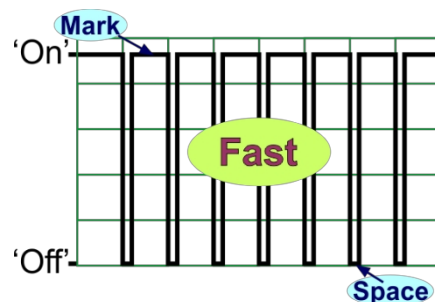
En su lugar, la fuente de alimentación emite una serie de impulsos de "encendido/apagado".

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

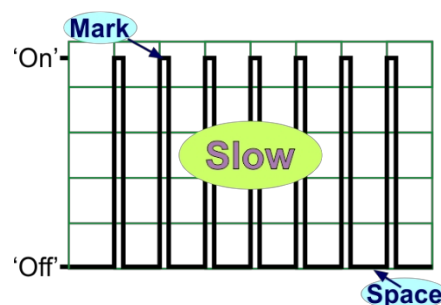
Los impulsos llegan tan rápido que el motor no puede seguirlos con exactitud - simplemente corre.



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



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

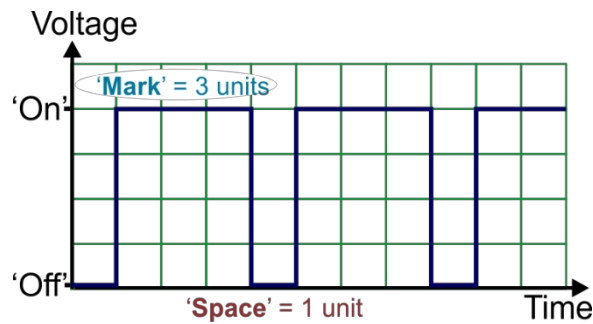


A menudo se prefiere la modulación por ancho de pulsos (PWM) a la tensión variable porque es más eficiente desde el punto de vista energético, reduce la generación de calor y proporciona un control más preciso, especialmente en aplicaciones como el control de la velocidad del motor y la atenuación de los LED.

# Modulación de ancho de pulso

Esta forma de control se denomina modulación por ancho de pulsos (PWM).

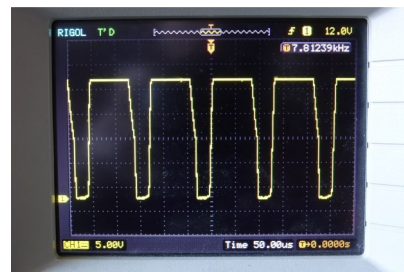
El motor se controla modulando (modificando) la anchura del impulso, es decir, cambiando la "relación marca:espacio" (m:s) del impulso, es decir, la relación encendido:apagado.



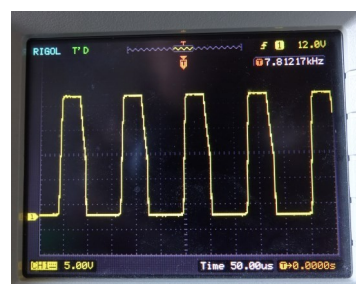
En el diagrama, la "marca" dura tres unidades de tiempo, mientras que el "espacio" dura sólo una. Esto da un m:s de 3:1.

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%.



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 36V. La

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

$$\frac{(3 \times 36) + (1 \times 0)}{4} = 27V.$$

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

$$\text{tensión media} = \text{ciclo de trabajo} \times \text{tensión de pico}.$$

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

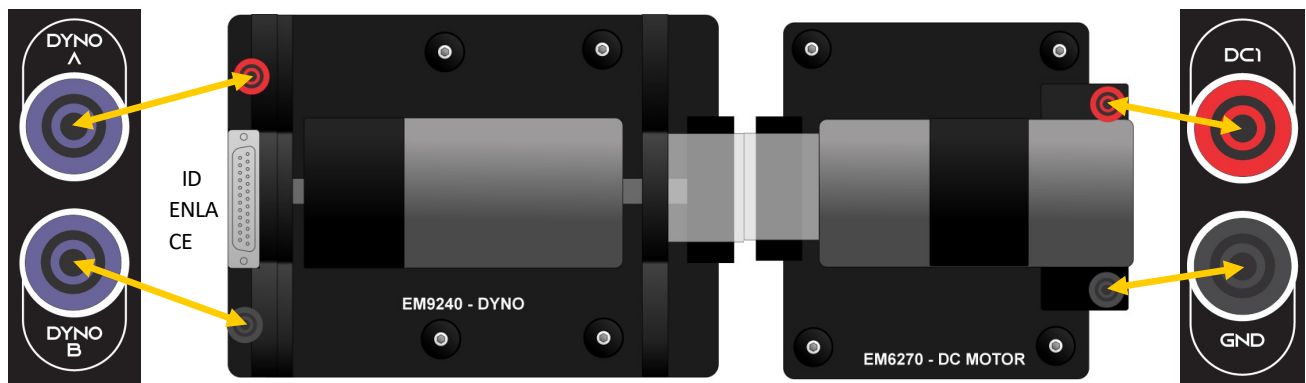
La tabla muestra los resultados para otros valores del ciclo de trabajo:

Ciclo de trabajo	Tensión media de salida
30%	10.8V
50%	18V
70%	25.2V

# Actividad 1 - Ejercer la torsión

Consulte la guía de inicio para una introducción al hardware.

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



Encienda la caja de accionamiento digital.

Compruebe que en la pantalla gráfica aparecen los iconos Dyno y DC Motor. Si no es así, vuelva a la página 5 y repita el proceso de configuración inicial.

Conecte los cables de 4 mm de los módulos del banco de potencia y del motor a la caja del variador digital como se muestra arriba.

Pulse el botón Estadísticas y, a continuación, pulse el botón Gramos para configurar la caja para que muestre la lectura de la célula de carga como un peso. Pulse Atrás para volver a la pantalla principal.

Pulse el botón Control y ajuste el control deslizante de tensión a 0,0 V. A continuación, pulse el botón Run para activar la salida del motor.

Ajuste el deslizador de tensión DC1 hasta que el motor de CC empiece a girar. El par producido por el motor se muestra a la derecha del deslizador Carga.

El par es una medida importante del rendimiento de un motor.



# ¿Qué es el par?

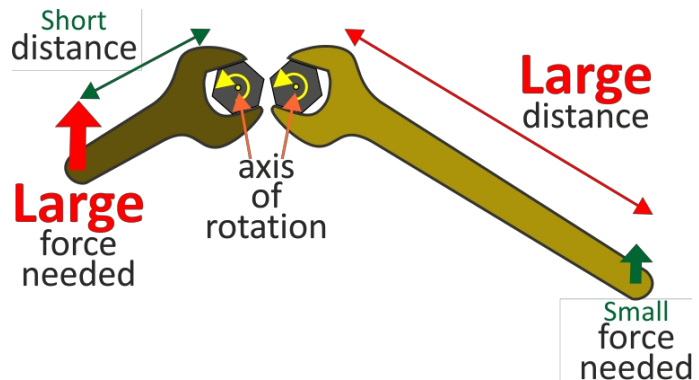
## ¿Qué es la torsión?

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 corta (o ninguna) para girar una tuerca.



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

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

Para el dinamómetro, esta distancia= 0,045m.

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

## ¿Qué mide la célula de carga 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 - 9,81N de fuerza por cada kilogramo. Esto significa que la fuerza que presiona la célula de carga, generada por el dinamómetro, = 9,81 x lectura de la célula de carga.

### Un ejemplo:

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

$$\begin{aligned} 1000\text{g} &= 1\text{kg} \\ \text{así} \quad 250\text{g} &= 0.25\text{kg} \end{aligned}$$

Esto corresponde a una fuerza (debida a la gravedad) de  $0,25 \times 9,81 = 2,45\text{N}$ .

Esta fuerza se aplica a una distancia de 0,045m del eje de rotación del dinamómetro y produce un par de  $2,45 \times 0,045 = \mathbf{0,11 \text{ N.m}}$

## Actividad 2 - explorar el Motor CC

Ajuste el control deslizante Carga a aproximadamente el 50%. Esto añade una carga a la salida del , haciendo que convierta su energía rotacional (cinética) en calor.

Investiga el efecto de cambiar el voltaje DC1 cambiando el deslizador DC1:

- 12V- 33% Tensión;
- 24V- 66% Tensión;
- 36V- 100% Tensión.

En el Manual del alumno, registre la velocidad, mostrada en la pantalla y el peso en gramos medido por la célula de carga. para cada ajuste de la fuente de alimentación (es decir, complete el segunda y tercera columnas de la tabla,).

A continuación, convierte la lectura de la célula de carga (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 célula de carga (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.

La caja del Accionamiento Digital dispone de un ordenador interno que puede realizar los cálculos de Par por usted. Vuelva a la pantalla de Estadísticas y ponga la caja de nuevo en modo Par pulsando el botón NM. Esto tomará automáticamente el peso en la célula de carga y lo convertirá en un Par en Nm. Compare sus lecturas con los valores calculados por la caja.

## Actividad 2 - explorar el Motor CC

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

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:

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

En este , es más fácil trabajar con potencia que con energía. La potencia es el ritmo al que se suministra la energía, es decir, la energía suministrada por segundo.

La fórmula se convierte en:

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

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.

Utiliza tus resultados para completar la siguiente tabla:

Ajuste de la fuente de alimentación	Alimentación eléctrica del motor	Energía mecánica suministrada a la carga	Eficacia
12V			
24V			
36V			

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 - explorar el Motor CC

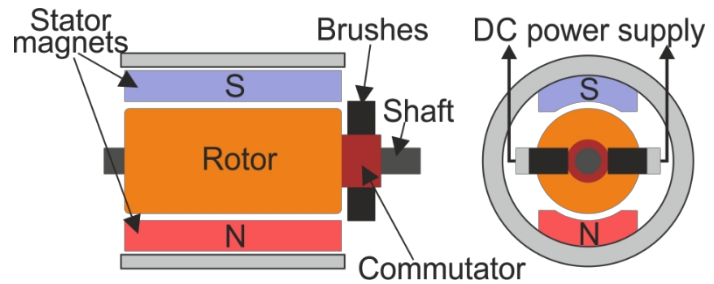
### El motor de corriente continua (con escobillas)

se compone de:

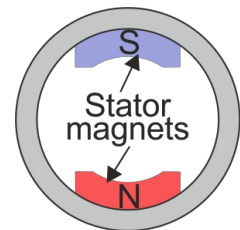
- estator,
- rotor (o inducido),
- conmutador y escobillas.



El **estator** genera un campo magnético estacionario 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, provocando el giro del rotor.



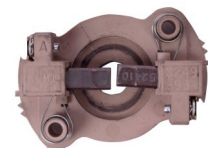
El **conmutador** tiene la función de invertir flujo de corriente alrededor de los devanados del rotor para

mantener el rotor girando. Consiste en un tambor unido al rotor, dividido en varias secciones.



Al girar el motor, **las escobillas** se deslizan sobre el colector.

Al hacerlo, hacen contacto con diferentes segmentos del conmutador, que están unidos a diferentes bobinados del rotor.

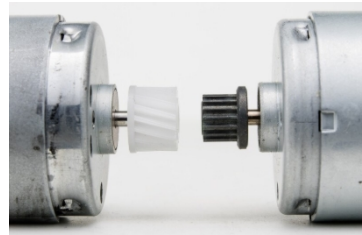


Los campos magnéticos así producidos interactúan con el campo del estator para mantener el motor en rotación.



## Actividad 2 - explorar el Motor CC

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 debido a 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, cuanto más rápido gire el motor, menor será la corriente tomada de la fuente de alimentación.***

La explicación se basa en la "contraemisión". Cuando el rotor gira en el estator campo magnético, se genera en sus bobinados una tensión, denominada "back-emf", 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 motor lo . Así se reduce la contraemisión, aumenta la tensión total y, por tanto, la corriente.

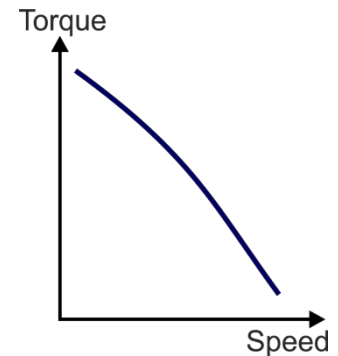
Parece lógico que cuanto más se el motor mayor será la corriente necesaria.

## Actividad 2 - explorar el Motor CC

### 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 propensos a fallar.

Investiga un poco para descubrir otras ventajas y 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 limpiadoras, batidoras de alimentos, taladros portátiles, cortasetos. La batidora de alimentos 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 toca el suelo metálico, a 0 V, y la otra toca el techo metálico, a una tensión positiva. El control de velocidad suele ser un simple encendido y apagado.

## Actividad 3 - explorar 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.

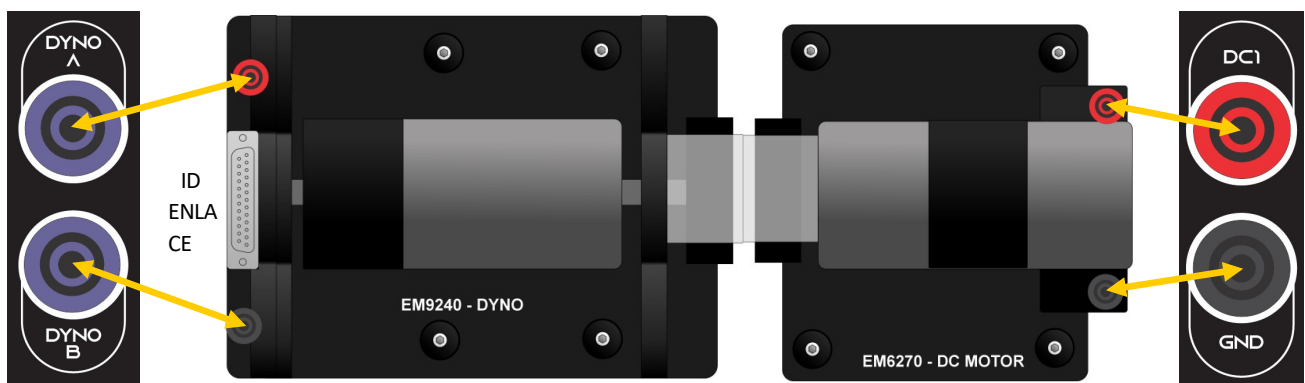


La fotografía muestra una dinamo de bicicleta, utilizada para encender las luces en un ciclo.

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.



Utilizando la pantalla de Control ajuste el voltaje DC1 al mínimo y pulse el botón Run.

Encienda el multímetro y ajústelo para medir tensiones continuas.

Conecte el multímetro entre los terminales Rojo y Negro del módulo Dyno. Ajuste el control deslizante Carga al 50%.

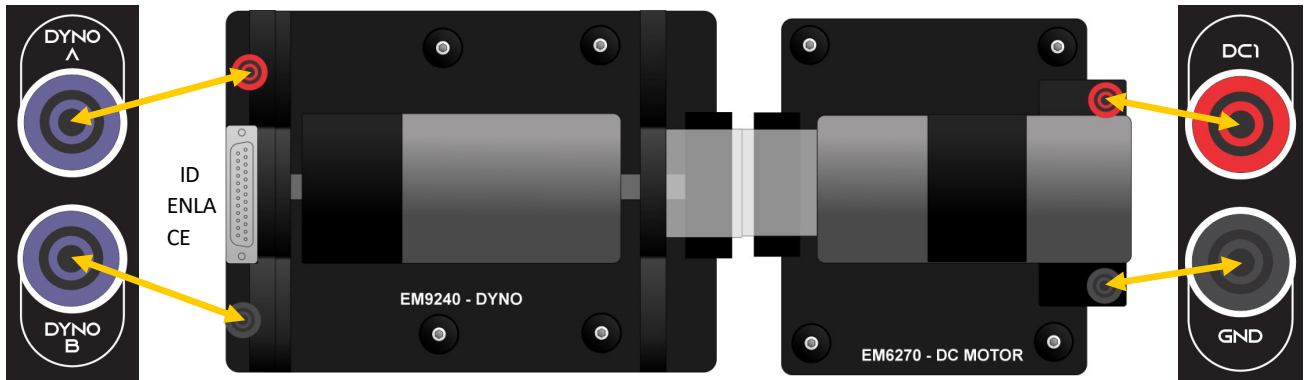
Ajuste lentamente el regulador DC1 hasta que la dinamo gire a 200 rpm aproximadamente.

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 velocidad de la dinamo. En el Manual del alumno, comenta el efecto.

## Actividad 3 - explorar la Dinamo

La siguiente parte investiga cómo cambia la potencia de salida de la dinamo con diferentes cargas. Configure 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.



Ajuste el regulador DC1 al mínimo y pulse el botón Ejecutar.

Cambie el primer multímetro para medir la tensión continua y conéctelo entre los terminales rojo y negro del módulo del banco de potencia.

Cambie el segundo multímetro para medir la corriente continua y conéctelo entre el borne rojo del módulo del banco de potencia y el borne DYNOA de la caja del variador digital.

Ajuste el control deslizante "Carga" al 25%.

Ajuste lentamente el regulador DC1 hasta que la dinamo gire a unas 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 los cables DYNOA y DYNOB de la caja de accionamiento digital y por una bombilla de filamento de 12 V.
- Ajuste el regulador DC1 hasta que la dinamo gire a unas 400 rpm.
- 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 "".

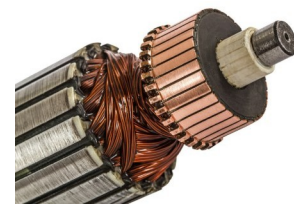
# Motor en serie y en derivación fundamentos

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 o varias 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.

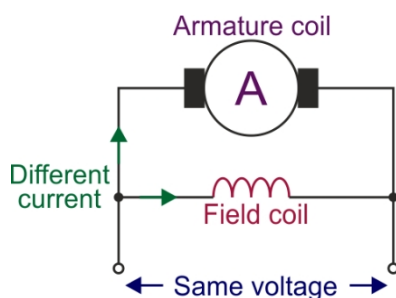
La fotografía muestra un rotor bobinado con un conmutador de anillo partido. Los pares de segmentos de cobre que rodean el conmutador se conectan a los extremos de las bobinas de alambre del rotor.



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.

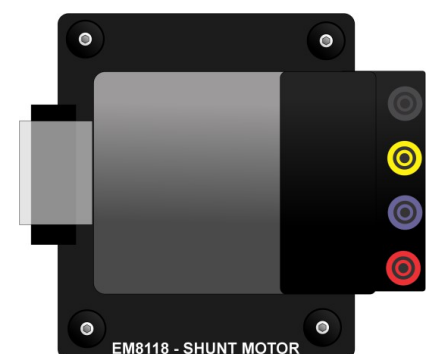


En la práctica, la bobina de campo debe tener una resistencia mayor que la bobina de inducido, ya que, de lo contrario, la mayor parte de la corriente pasaría de largo por la bobina de inducido, lo que reduciría el par creado. Como resultado, la bobina de campo utiliza un gran número de vueltas de alambre 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 los dos tipos de motor.



# Motor en serie y en derivación fundamentos

Cuando la corriente continua circula por las bobinas de un motor, el comportamiento eléctrico puede predecirse mediante la ley de Ohm.

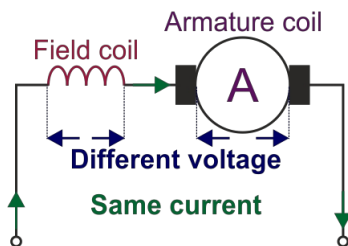
Sin embargo, una vez en marcha, los campos magnéticos giratorios del motor alteran drásticamente su comportamiento.

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 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.



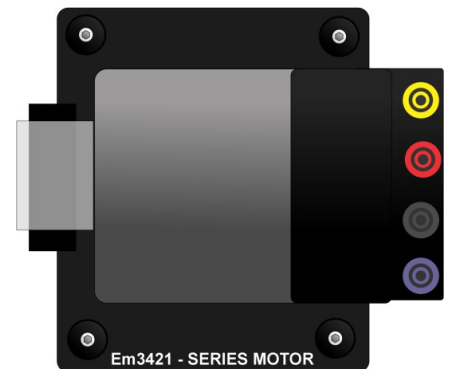
En la práctica, la bobina de campo del estator utiliza algunas vueltas de alambre grueso, para reducir su resistencia eléctrica. En la versión Matrix, hay dos bobinas de campo, conectadas en paralelo por la misma razón.

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:

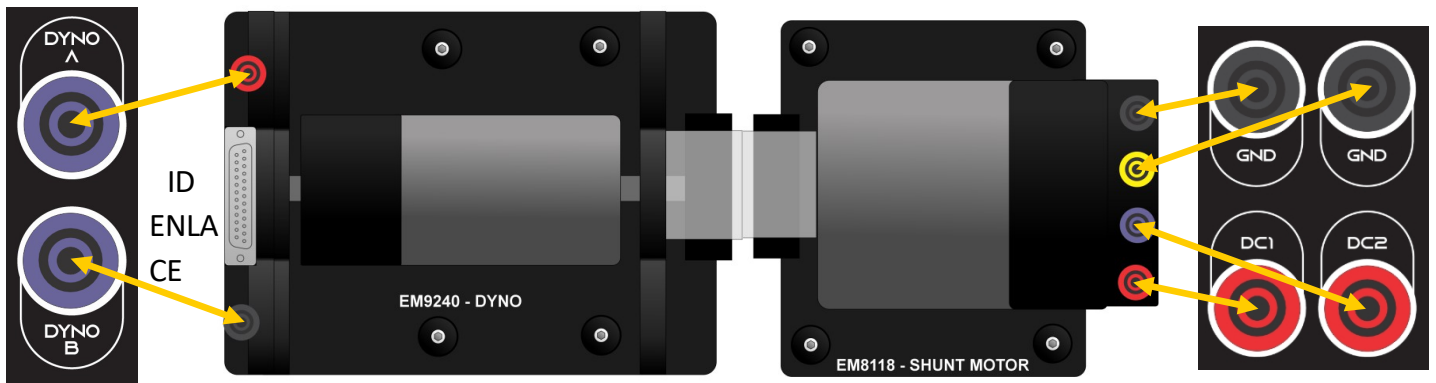
- devanados de campo - (entre los terminales **rojo** y **negro**.)
- devanados del inducido - (terminales **morado** y **amarillo**.)

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



## Actividad 4 - investigar la derivación motor

Instala el sistema que se muestra en el diagrama.



Sigue el cableado entre el motor y la fuente de alimentación para 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.

Ajuste los deslizadores DC1 y DC2 al mínimo y pulse el botón Ejecutar. Ajuste el deslizador Carga al 50%.

Ajuste el regulador DC2 a 12 V aprox.

Aumente lentamente el deslizador 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, comente qué efecto tiene cada uno de estos cambios, si es que tiene alguno. sobre el sentido de giro del motor y ofrezca una explicación.

Aunque la célula de carga da una lectura en gramos, es una medida de la fuerza con la que el dinamómetro ejerce presión sobre ella. En otras , es una medida del par ejercido por el motor.

Ajuste el control deslizante Carga al 50% aproximadamente.

Ajuste los deslizadores DC1 y DC2 a la 0V.

Pulsa el botón de marcha y ajusta el deslizador DC2 para que emita aproximadamente 6V.

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

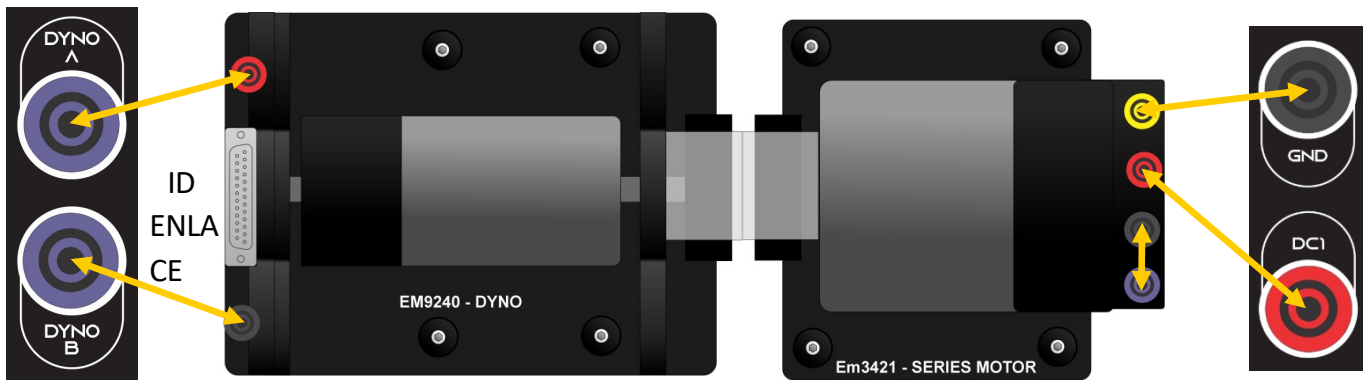
Anota en la tabla del Manual del alumno la lectura del par máximo y la velocidad máxima.

Repita este procedimiento para las demás tensiones del rotor, indicadas en la tabla.

Anota los resultados y comenta lo sucedido.

## Actividad 5 - investigar la serie motor

Instala el sistema que se muestra en el diagrama.



Sigue el cableado entre el motor y la fuente de alimentación para 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.

En la pantalla de estadísticas compruebe que se muestra el botón AC, pulse el botón DC si se muestra. De nuevo en la pantalla de control, ajuste los deslizadores DC1 y DC2 al mínimo y pulse el botón de marcha. Ajuste el deslizador de carga aproximadamente al 50%.

Aumente lentamente el deslizador 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 fuente de alimentación de la caja de transmisión digital. A continuación te damos una lista de cosas 'seguras' que puedes probar).

1. Invierta las conexiones a las tomas de alimentación DC1 y GND.
2. Invierta las conexiones al , 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.

Ajuste el control deslizante Carga aproximadamente al 50%. Reduzca el control deslizante DC1 al ajuste 0V.

Pulse el botón Run para activar la salida del motor Aumente lentamente el deslizador DC1 hasta la posición 2V.

El motor debería estar girando y debería haber una lectura de par a la derecha. lado del deslizador de carga.

Anote en la tabla del Manual del Alumno la Velocidad y el Par. Repite este procedimiento para las otras tensiones de alimentación, indicadas en la tabla.

Anota los resultados y comenta lo sucedido.

### **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).

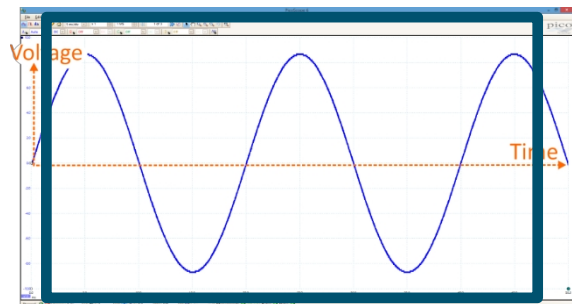
## CA frente a CC:

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

La visualización de señales de corriente alterna suele requerir 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 valles) que se producen cada segundo.



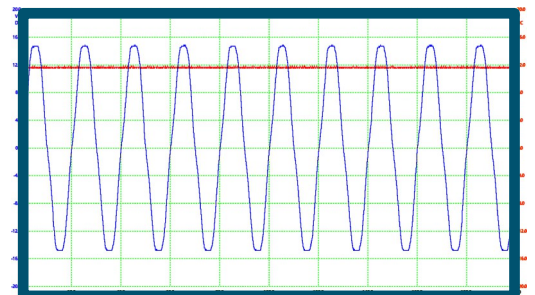
Aviso:

- la tensión media es cero: la tensión es positiva la mitad del tiempo y negativa la otra mitad;
- 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.

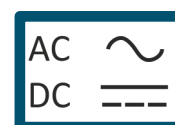
Entonces, ¿cuál es el **efecto** "medio" de una alimentación de CA? ¿Cómo podemos comparar CA y CC? La respuesta: buscando **el mismo efecto** en un dispositivo como una bombilla.

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

Observe que la alimentación de CC se sitúa muy por debajo del de pico de CA. Este equivalente de CC se denomina valor eficaz de la alimentación de CA.



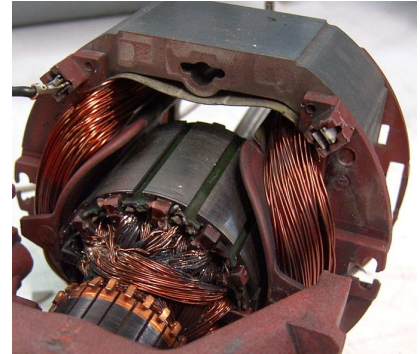
Los símbolos que aparecen en el diagrama de la derecha se utilizan a menudo para distinguir entre estas formas de energía eléctrica. Se utilizan, por ejemplo, en los multímetros.



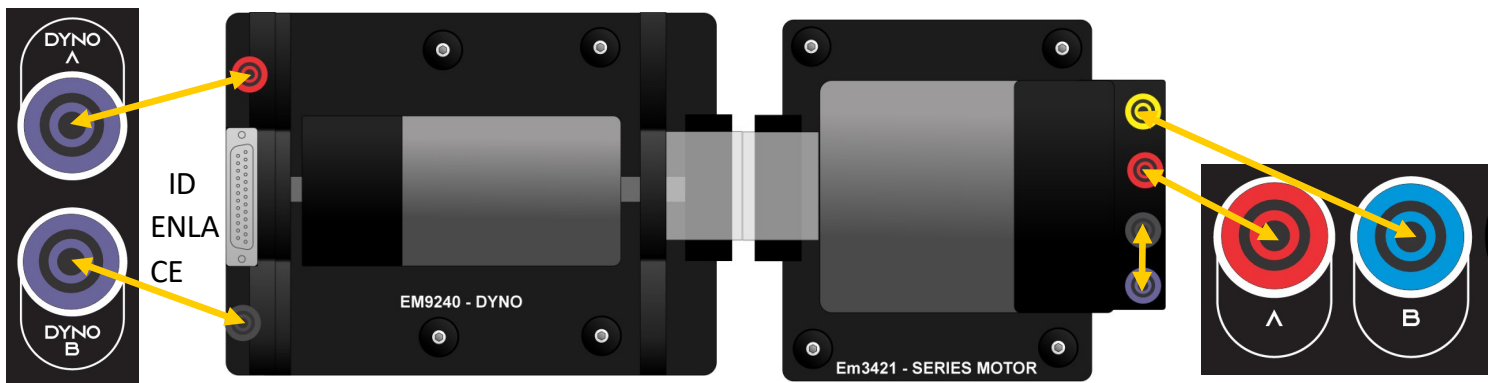
## Actividad 6 - explorar lo universal motor

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.



Ahora configura el sistema que se muestra en el diagrama.



En la pantalla de estadísticas, compruebe que se el botón CC, pulse el botón CA si se muestra De nuevo en la pantalla de control, ajuste los controles deslizantes DC1 al mínimo, fije la frecuencia en 50 Hz y pulse el botón de marcha. Ajusta el deslizador de Carga aproximadamente al 50%.

Aumente lentamente el control deslizante de tensión para aumentar la tensión aplicada al motor. Debería girar.

Compare el cableado con el que se muestra para el motor en serie controlado por CC en la página 23. La única diferencia está en el tipo de alimentación utilizada.

¿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 , 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, en su caso, cada uno de estos Cambios sobre el sentido de giro del motor.

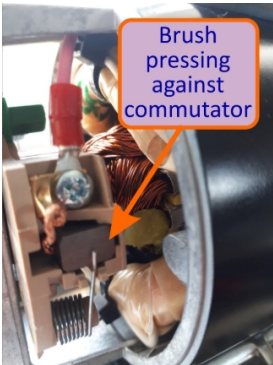
A medida que disminuye la frecuencia de la alimentación de CA, la velocidad del motor y el aumento del par motor.

- Experimenta para encontrar la velocidad máxima y la lectura de par.
- ¿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.

Estas escobillas acaban desgastándose y hay que sustituirlas. Los motores de inducción 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 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.

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

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.



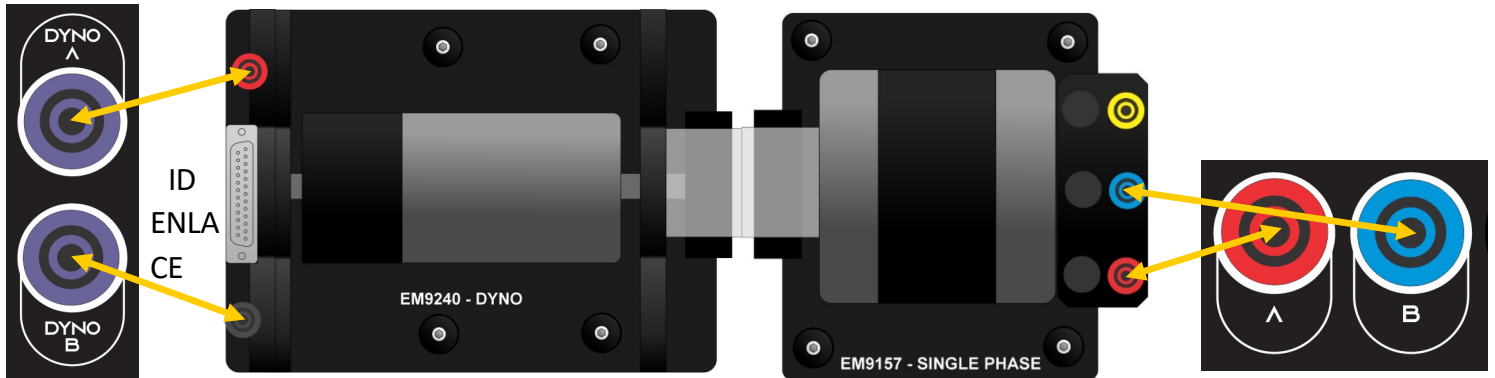
Rotor de jaula de ardilla

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.

Instala el sistema que se muestra en el diagrama.



Ajusta la carga al 50%, la tensión a 18V, la frecuencia a 50Hz y pulsa run botón.

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

La razón es que tratamos todo el estator como una única bobina. La alimentación 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.

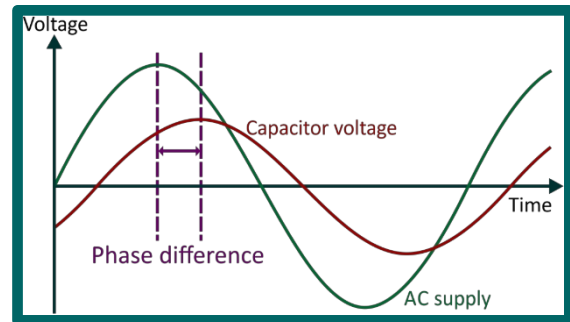
(Si pudiéramos dar una sacudida al eje del motor, éste podría girar, pero el blindaje que rodea el enlace entre el motor y el dinamómetro no lo permite. El sentido de giro sería imprevisible. Dependería del sentido de giro).

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

## Actividad 7 - explorar la inducción motor

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.

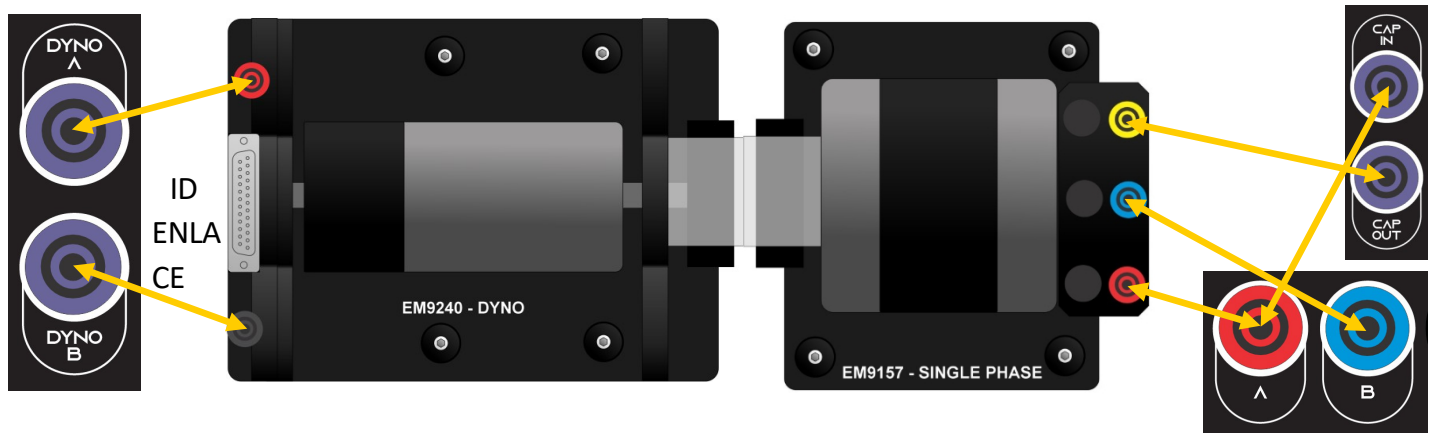
El pico de tensión del condensador se produce a tiempo diferente al pico de tensión de alimentación. Existe un "desfase" entre ellos.



La unidad de control contiene cinco condensadores, cada uno con capacitancia de 100uF que pueden conectarse a través de las tomas amarillas CAPIN y CAPOUT. El valor del condensador se puede seleccionar en la pantalla Configuración -> Condensador.

La siguiente disposición aprovechará esta diferencia de fase.

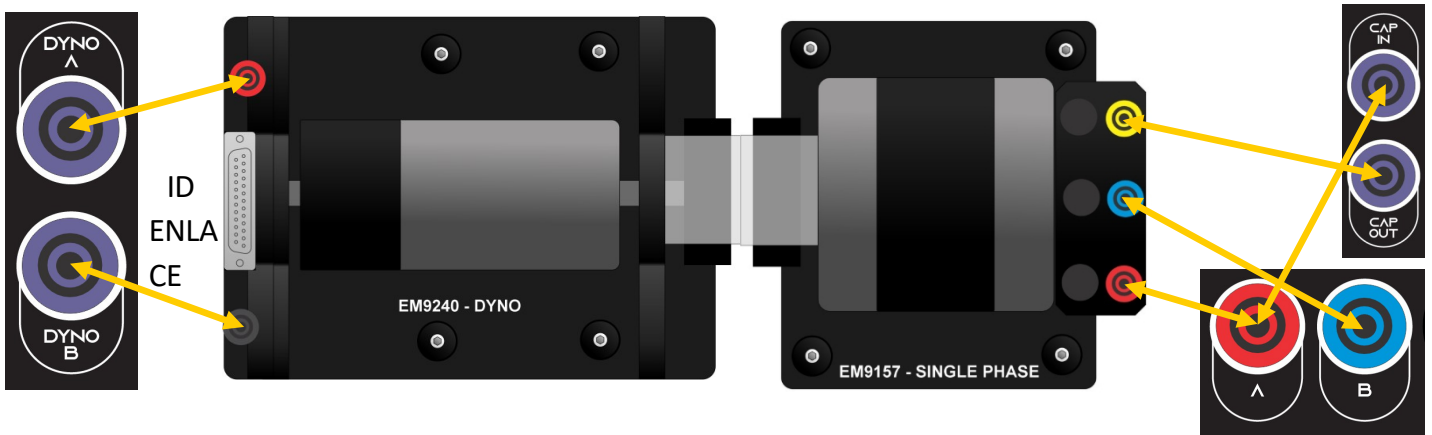
El diagrama muestra en detalle las conexiones necesarias.



El estator tiene ahora dos bobinas separadas. Cada una recibe 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.



En la pantalla Setup -> Capacitor ajuste la capacitancia a 500uF.

De vuelta a la pantalla de Control, ajusta la carga al 50%, el voltaje a 18V, la frecuencia a 50Hz y pulsa el botón de marcha.

¡El motor funciona!

Aumenta el control deslizante de frecuencia hasta 80 Hz.

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

¿Cómo se invierte el sentido de giro?

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

1. Invierta las conexiones de las tomas de alimentación A y B.
2. Desenchufa los cables de la toma de entrada roja del motor y el cable de la toma de entrada azul del motor e intercámbialos.
3. Desconecte los cables de la toma de entrada roja del motor y el cable de la toma de entrada amarilla del motor e intercámbielos.

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.

En la pantalla Setup -> Capacitor ajuste la capacitancia a 500uF.

De vuelta a la pantalla de Control, ajusta la carga al 50%, el voltaje a 18V, la frecuencia a 50Hz y pulsa el botón de marcha.

Anota en la tabla del Manual del alumno la lectura del par y la velocidad.

Repite este procedimiento para las demás frecuencias, indicadas en la tabla.

Anota los resultados y comenta lo sucedido.

Vuelva a 50Hz y luego use la pantalla Configuración -> Condensador para cambiar entre los valores del condensador. Utilice la pantalla Estadísticas para mostrar la potencia del motor. ¿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.

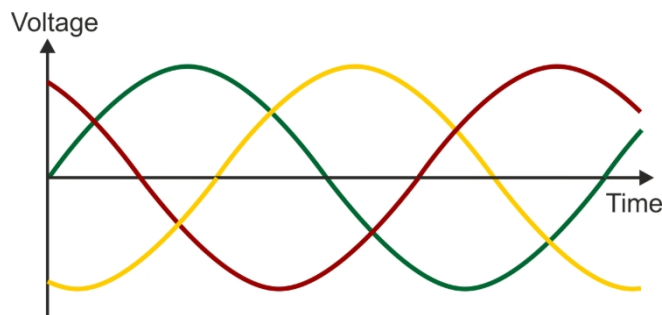


El tipo de corriente alterna descrito en la página 25 se conoce como corriente alterna monofásica. Es la variedad utilizada en situaciones de potencia relativamente baja, como hogares y pequeñas oficinas, y se suministra por dos cables.



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, un suministro trifásico puede transmitir el triple de potencia utilizando 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 juntos. Esto significa que un motor trifásico funciona de forma más suave y eficiente.



## Actividad 8 - explorar los tres-motor de fase

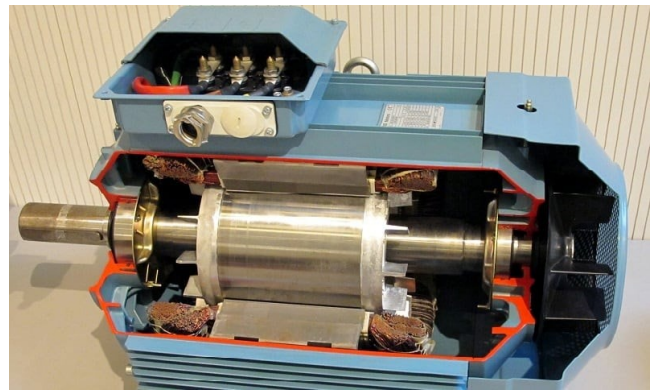
ligeros y compactos que otros tipos alternativos, los motores trifásicos son ahora la fuerza motriz de muchos vehículos eléctricos.



Los motores trifásicos son de arranque automático. La alternancia magnética separada y escalonada. Los campos de los tres conjuntos 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. Obsérvese la ausencia de escobillas y devanados en el rotor.

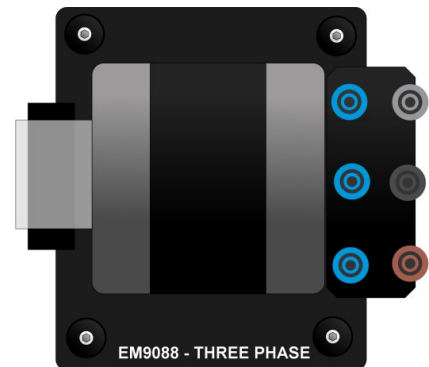
Los motores de inducción funcionan induciendo una corriente y, por tanto, un campo magnético en el rotor.



El motor trifásico utiliza seis tomas de color para conectar la alimentación a las bobinas del estator.

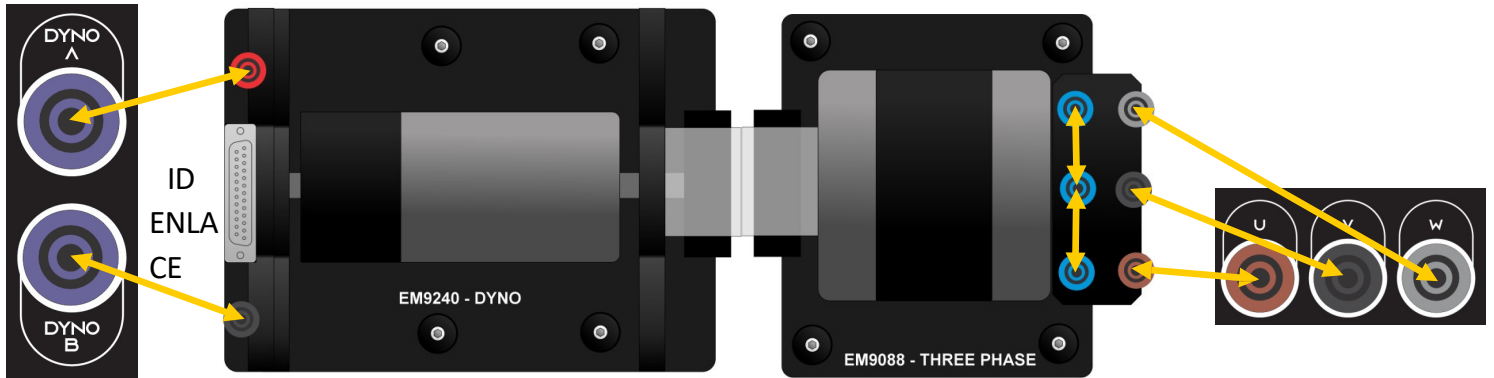
Utiliza un multímetro que mida la resistencia para averiguar qué pares de enchufes están conectados a cada bobina.

Anota tus resultados en la tabla del Manual del alumno.



## Actividad 8 - explorar los tres-motor de fase

Coloca la disposición que se muestra a continuación.



Conecta todas las tomas azules del motor y, a continuación, conecta las demás tomas del motor a la toma de color correspondiente de la fuente de alimentación.

Ajusta la carga al 50%, la tensión a 18V, la frecuencia a 50Hz y pulsa el botón de marcha.

Aumenta la frecuencia de accionamiento y observa el efecto en el motor y describe lo que encuentres en el Manual del alumno.

Registre la velocidad y el par máximos.

¿Cómo se invierte el sentido de giro? (Una vez más, resistirse a la 'manta' experimentos que puedan provocar un cortocircuito en 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

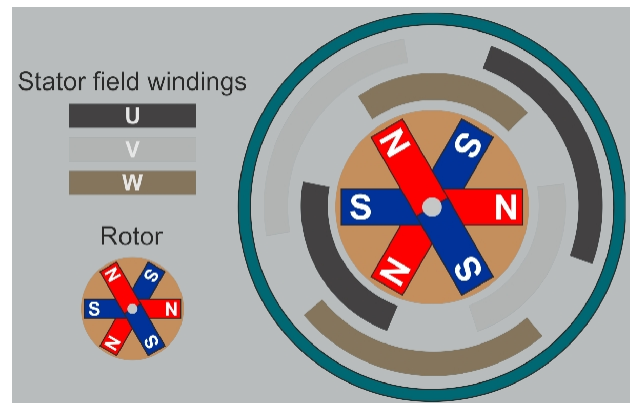
En un motor de corriente continua **con escobillas**, el estator genera un campo magnético, a partir de un imán permanente o de un electroimán. El rotor es un electroimán que gira porque la dirección de la corriente en el electroimán se invierte periódicamente, utilizando un conmutador y escobillas.

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 un electroimán permanente imán. Los electroimanes del estator se controlan electrónicamente para generar campos magnéticos que hacen girar el rotor.



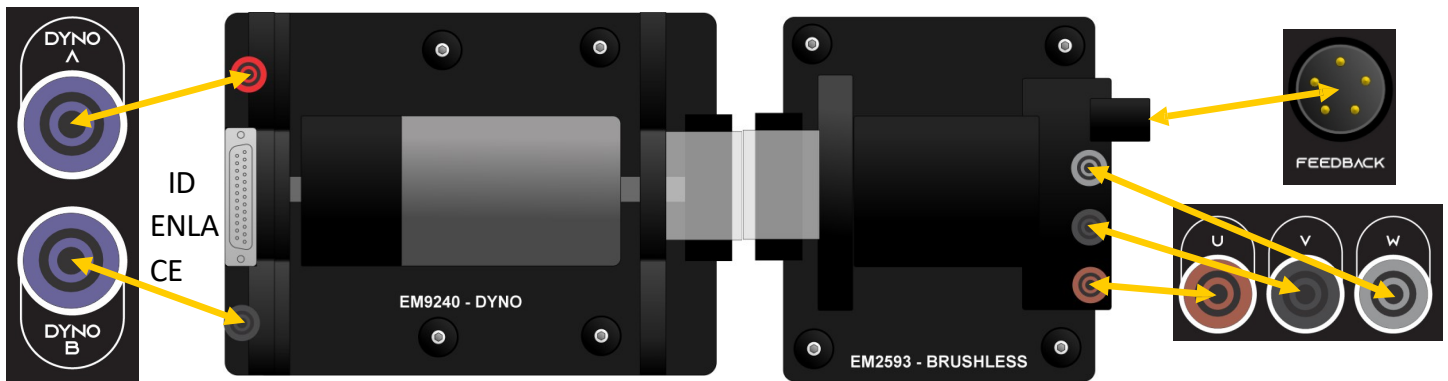
Las ventajas de esta disposición son:

- 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.



## Actividad 9 - investigar la motor de corriente continua sin escobillas

Coloca la disposición que se muestra a continuación.



Ajusta la carga al 50%, la tensión a 8V, la frecuencia a 50Hz y pulsa el botón Run.

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.

La posición del rotor se detecta mediante un conjunto de sensores de efecto Hall. Las señales de ellos, que viajan a través del cable de realimentación de cinco pines, informan a la caja de accionamiento digital de la posición del rotor, lo que le permite ajustar sus señales de accionamiento en consecuencia.

¿Qué ocurre si desconectas el cable de realimentación mientras el motor está girando? ¡!

Con el cable de realimentación desenchufado prueba a reducir la carga al 0% y la frecuencia a 20Hz y luego vuelve a subir la frecuencia. ¿Cómo afecta la cantidad de carga a lo alto que puedes subir la frecuencia antes de que el motor se cale? ¿Se para el motor con el cable de realimentación conectado?

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.

Un motor **paso a paso** es un motor eléctrico de corriente continua sin escobillas que gira en una serie de pasos angulares pequeños y discretos. Por tanto, los motores paso a paso pueden ajustarse a cualquier posición de paso sin necesidad de un sensor de posición para la realimentación. La posición del paso puede modificarse en intervalos regulares para proporcionar una rotación continua o se puede ordenar al motor que mantenga activamente su posición en un paso determinado.



Las desventajas de esta disposición son:

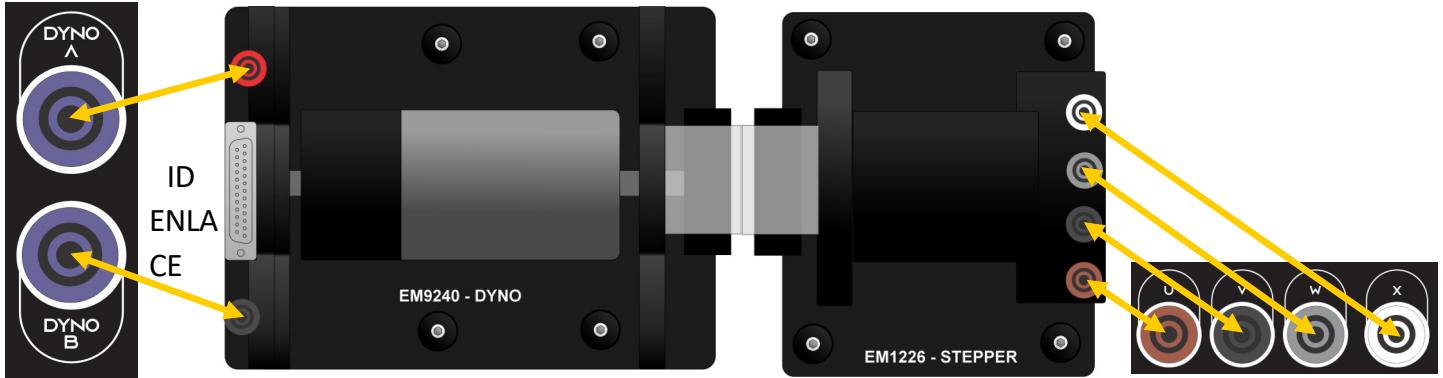
- Debido al mayor número de posiciones por revolución, el motor girará mucho más despacio que un motor de corriente continua sin escobillas.

Las ventajas de esta disposición son:

- Alta repetibilidad y precisión posicional que permite movimientos de alta precisión en áreas como la robótica.
- Capaz de mantenerse en su sitio
- No hay escobillas que se desgasten y hay mucho menos ruido eléctrico.

## Actividad 10 - investigar la motor paso a paso

Coloca la disposición que se muestra a continuación.



Ajusta la carga al 50%, la tensión a 3V, la frecuencia a 40Hz y pulsa el botón Run. Ahora el motor gira.

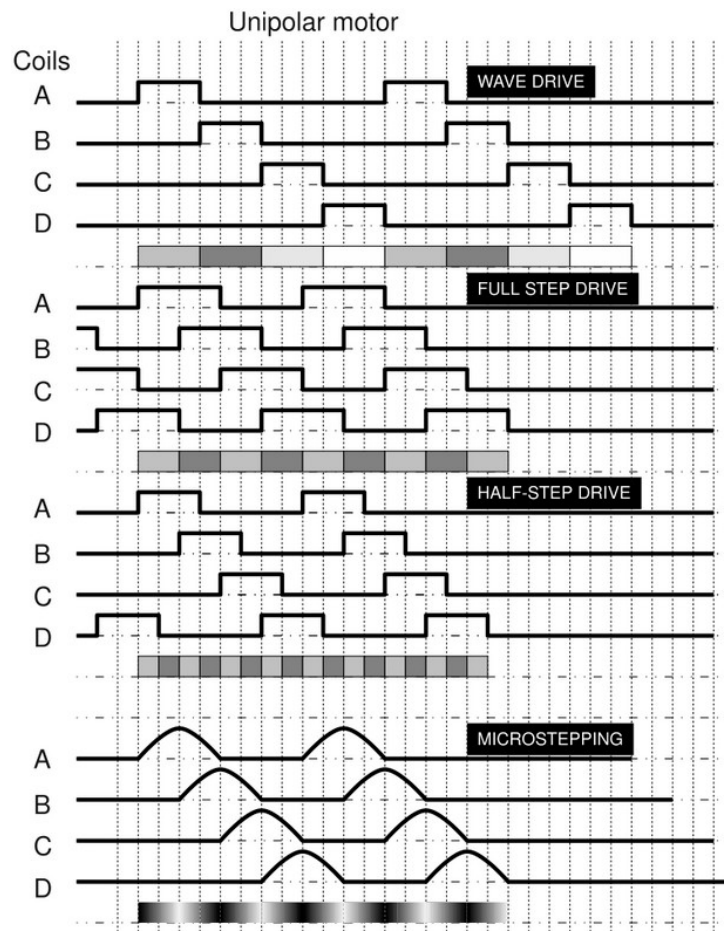
Ajuste la frecuencia de alimentación de CA y observe el efecto sobre la velocidad del motor. Estima la velocidad máxima posible, ¿varía con la tensión?

En el Manual del Estudiante, describa sus conclusiones.

Como se muestra hay múltiples maneras de controlar un motor paso a paso. Onda o El paso completo moverá el motor en el ángulo de paso completo especificado.

Para ejemplo un stepper con 30 posiciones de paso girará 12 grados por cada paso. Controlando el motor de forma ligeramente diferente se puede lograr un medio paso que esencialmente duplica la resolución o reduce a la mitad el ángulo.

Explique cómo conseguirse un micropaso para mejorar aún más la resolución angular.



# Máquinas eléctricas

## Manual del estudiante

## Seguridad

### Descarga eléctrica

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.

### Exploración del suministro de CC:

#### Fuente de alimentación DC - (DC= 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 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.

Modulación por ancho de impulsos:

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Actividad 1 - Ejercer torsión:

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

Actividad 2 - Exploración del motor de corriente continua:

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

Ajuste de la fuente de alimentación	Velocidad (rpm)	Lectura de la balanza (g)	Lectura de la balanza (kg)	Par (N.m)
33%				
66%				
100%				

## Actividad 2 - Exploración del motor de corriente continua:

Ajuste de la fuente de alimentación	Energía eléctrica suministrado al motor	Potencia mecánica entregado a la carga	Eficacia
33%			
66%			
100%			

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

Efectos del cambio de carga:

.....

.....

.....

.....

.....

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 con más probabilidades de 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, elevaluas eléctricos, ventilador de calefacción.

## Actividad 3 - Explorar 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	Entrada potencia	Tensión generado	Salida actual	Salida potencia	Eficacia
25%					
50%					
75%					
100%					

### Reto - Encender la bombilla:

Velocidad rpm	Entrada potencia	Tensión generado	Salida actual	Salida potencia	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.

Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación:

Medición de la resistencia de la bobina:

Motor de rotor bobinado	Resistencia del inducido ( $\Omega$ )	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.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Actividad 4 - 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 CC (rotor) (V)	Velocidad (rpm)	Máximo Lectura de la célula de carga (Nm)
6		
9		
12		
15		

**Observaciones:**

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

## Actividad 5 - 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)	Par (Nm)
2		
4		
6		
8		

## **Observaciones:**

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

## Actividad 6 - Explorar el 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:

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

## Actividad 7 - Introducción al motor de inducción:

**Reto** - ¿Cuáles son las ventajas y desventajas relativas de los motores de jaula de ardilla y de rotor bobinado?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

## Actividad 7 - Exploración del motor de inducción:

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

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

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

Intento 2 - desconecte los cables de la toma de entrada roja del motor y el cable de la toma de entrada azul del motor e intercámbielos.

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

Intento 3 - desconecte los cables de la toma de entrada roja del motor y el cable de la toma de entrada amarilla del motor e intercámbielos.

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

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

## Actividad 7 - 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:

Control de frecuencia	Velocidad (rpm)	Par (Nm)
40 Hz		
50 Hz		
60 Hz		
70 Hz		

Comente estos resultados:

.....

.....

.....

Comparación del rendimiento del motor en función del valor del condensador:

Condensador	Velocidad (rpm)	Par (Nm)	Consumo de energía (W)
500uF			
200uF			

Efecto de la carga en la velocidad máxima:

.....

.....

.....

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Actividad 8 - Investigación sobre el motor trifásico:

### Registro de las mediciones realizadas:

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

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

Efecto del aumento de la frecuencia:

.....  
.....

Velocidad máxima= ..... Par máximo= .....

Posible causa de la caída de 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".

.....  
.....

## Actividad 9 - Investigación sobre el motor de corriente continua sin escobillas:

### **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:

.....

### **Efecto de la frecuencia en el rendimiento del motor con el cable de realimentación desconectado:**

A medida que aumenta la frecuencia:

.....  
.....

### **Efecto de la carga-Cable de realimentación desconectado**

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

### **Efecto de la carga-Cable de realimentación conectado**

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

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

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

## Actividad 10 - Investigación del motor paso a paso:

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

A medida que aumenta la frecuencia:

.....  
.....

Velocidad máxima= .....

### **Reto - ¿Qué es el micropaso y cómo puede aplicarse?**

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