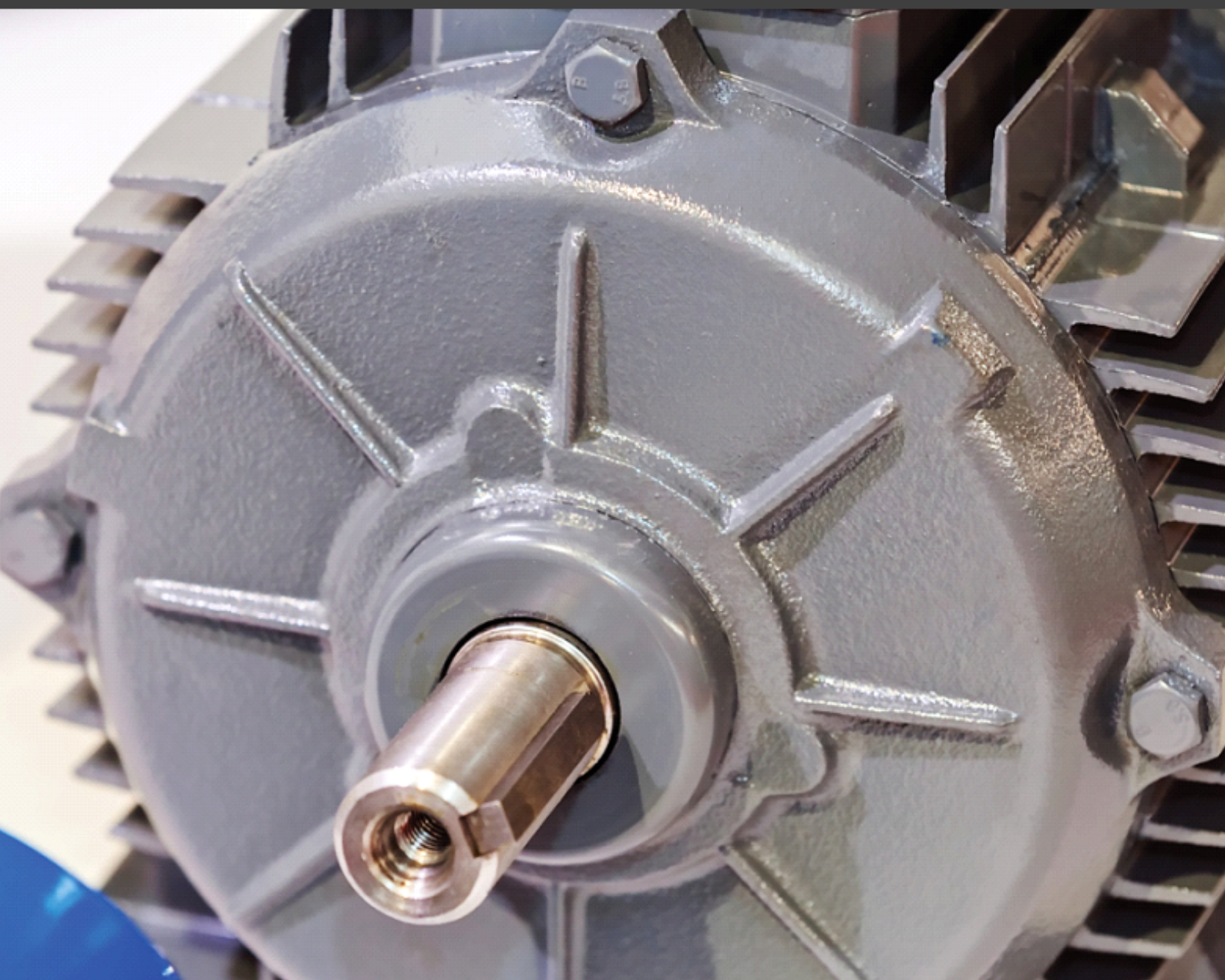




**MATRIX** | ELECTRICAL  
MACHINES

## Electrical Machines system



**MATRIX**

CP6490

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

Copyright 2024 Matrix Technology Solutions Limited

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Salud y seguridad                                                          | 3  |
| Relaciones clave                                                           | 4  |
| Hojas de trabajo                                                           | 6  |
| Ficha 1 - Primeros pasos                                                   | 7  |
| Ficha 2 - Comprender el par y la masa                                      | 8  |
| Ficha 3 - Comprender la fuente de alimentación de CC                       | 9  |
| Ficha 4 - Características del motor de corriente continua 1                | 10 |
| Ficha 5 - Características de los motores de corriente continua 2           | 13 |
| Ficha 6 - Generador de imanes permanentes (Dinamo)                         | 15 |
| Ficha 7 - Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación        | 17 |
| Ficha 8 - Características de los motores bobinados en derivación           | 21 |
| Ficha 9 - Características de los motores bobinados en serie                | 23 |
| Ficha 10- Motor universal                                                  | 25 |
| Ficha 11 - Comparación de motores en serie y en derivación                 | 27 |
| Ficha 12 - Motor monofásico de inducción                                   | 28 |
| Hoja de trabajo 13 - Motor monofásico de inducción - Arranque con tapón    | 29 |
| Ficha 14 - Desfase en motores de inducción                                 | 31 |
| Ficha 15 - Estrategias de accionamiento de frecuencia variable             | 33 |
| Ficha 16 - Características de los motores de inducción trifásicos          | 37 |
| Ficha 17 - Estrategias de accionamiento de motores de inducción trifásicos | 39 |
| Ficha 18 - Configuración Delta                                             | 42 |
| Ficha 19 - Entender el deslizamiento                                       | 44 |
| Ficha 20 - Motor de corriente continua sin escobillas                      | 46 |
| Ficha 21 - Generador trifásico                                             | 48 |
| Información sobre la máquina                                               | 50 |
| Información sobre el envase                                                | 65 |
| Información sobre software                                                 | 73 |

## Seguridad

Durante el diseño de este producto hemos prestado mucha atención a los riesgos potenciales del estudio de los motores eléctricos. Creemos que hemos conseguido el diseño más seguro posible.

Sin embargo, sigue habiendo algunos riesgos que hay que tener en cuenta. Esta página muestra cómo hemos considerado cada peligro. Debes leerla y asegurarte de que tus alumnos están protegidos mientras utilizan el equipo.

### Choque eléctrico

Esto es mínimo: la salida del control está limitada a 24 V CA o CC

El dinamómetro es capaz de generar tensiones continuas. A velocidad máxima, alrededor de 3.000 r.p.m., la tensión generada es inferior a 30VDC.

La unidad de control no generará energía hasta que se conecte un motor al dinamómetro. Esto impide el uso de motores de terceros con el sistema.

## Choque físico

El equipo es pesado. Al igual que ocurre con otros equipos pesados de laboratorio, si a un alumno se le cae un dispositivo sobre el pie, podría causar daños considerables.

Debe decidir el nivel de responsabilidad que los estudiantes cursan aquí.

Puede reducir el riesgo haciendo que un técnico coloque el equipo en bancos y asegurándose de que los alumnos estén sentados en pupitres mientras utilizan el equipo.

Las piezas giratorias expuestas crean riesgos, 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 entre el dinamómetro y el motor sometido a prueba evita la exposición de piezas giratorias..

### Precaución:

**No utilice un osciloscopio basado en PC con el equipo.**

**Las corrientes de bucle a tierra pueden fluir entre su conexión a tierra y el control  
conexión a tierra de la caja.**

## Cálculo del par

El **par** es el efecto de giro de una **fuerza**.

La balanza siempre mide la fuerza. Ésta puede relacionarse con la masa. La fuerza y la masa están

relacionadas por: Fuerza = masa x aceleración o  $F = m \times a$ ,

donde **a** suele ser la aceleración debida a la gravedad,  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Esto nos permite calcular la fuerza que presiona la balanza, generada por el dinamómetro. Par = fuerza x distancia del eje de rotación. Se mide en newton-metros (Nm).

Combinando estas ecuaciones:

$$\text{Par, } T = m \times a \times r$$

donde, en este caso, **r** es la distancia del punto de presión al centro de la máquina.

Introducir el valor de **r** para el dinamómetro utilizado en este kit:

$$\text{par (en Nm)} = \text{lectura de la balanza (en kg)} \times 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)} \times 0,03812 \text{ (m)}.$$

## Calcular la potencia

La **potencia** es la velocidad a la que se suministra la energía y se mide en vatios (W).

**Para un cuerpo en rotación:**

$$\text{Potencia mecánica} = (2 \times n \times \pi \times T) / 60 \text{ donde } n \text{ es la velocidad del motor en r.p.m.}$$

**Para un motor de corriente continua:**

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

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

**Para un motor de CA monofásico:**

$$\text{Potencia eléctrica suministrada al motor} = V_{IN} \times I_{IN} \times \cos(\Theta)$$

donde **V<sub>IN</sub>** es la tensión eficaz de entrada de CA, **I<sub>IN</sub>** es la corriente eficaz de entrada.

y  $\cos(\Theta)$  es el factor de potencia, donde **Θ** es el ángulo de fase entre **V<sub>IN</sub>** e **I<sub>IN</sub>**.

**Para un motor de inducción de CA trifásico:**

$$\text{Potencia eléctrica suministrada al motor} = 3 \times \text{potencia eléctrica suministrada a una fase}$$

## Calcular la eficacia

Rendimiento ( $\eta$ ) = (Potencia mecánica suministrada / Potencia eléctrica suministrada) x 100%.

## Cálculo de la velocidad síncrona y el deslizamiento

Velocidad síncrona en r.p.m =  $(f \times 60) / (\text{número de pares de polos})$

(El número de pares de polos depende de la configuración de los bobinados del motor:

un motor de 2 polos tiene un par de polos, un motor de 4 polos tiene dos pares de polos, etc.)

Deslizamiento =  $((\text{velocidad síncrona} - \text{velocidad de deslizamiento}) / \text{velocidad síncrona}) \times 100\%$ .

Una alimentación trifásica conectada al estator de una máquina de inducción produce un campo magnético dado por la fórmula:

$$N_s = (f_s/p) \times 60$$

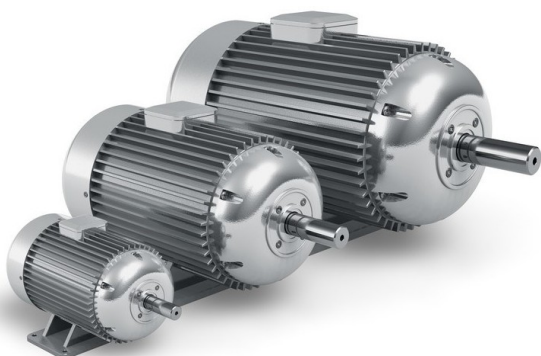
Donde  $f_s$  = frecuencia de alimentación y  $p$  es el número de pares de polos, en nuestro caso 2.

## Relaciones entre los sistemas trifásicos en estrella y en triángulo

Los sistemas trifásicos constan de máquinas conectadas en configuración estrella y triángulo. Con conexiones U, V y W, la tensión de línea es la tensión entre cualquiera de U, V, W y tierra. La tensión de fase es la tensión entre dos cualesquiera de U, V, W. La tensión de línea y de fase están relacionadas por la ecuación:

$$V_{\text{line}} = \text{SQRT}(3) \times V_{\text{phase}}$$

# Hojas de trabajo



Los motores varían enormemente en tamaño, forma y tecnología.

Dentro de una misma familia de motores, por ejemplo los motores de corriente continua, las características de las máquinas son muy similares - independientemente de su tamaño físico y tensión de funcionamiento.

Esta sección trata de la instalación del equipo. A continuación, pueden comenzar las pruebas.

### Te toca a ti:

- 1) Conecte la unidad de control a la red eléctrica mediante el conector IEC. La pantalla cuádruple de 7 segmentos y el LED Power deben encenderse.
- 2) Conecte el dinamómetro a la unidad de control con el cable tipo D de 25 vías.
- 3) Asegúrese de que las aplicaciones de software y el controlador de la unidad de control están correctamente instalados.

Cuando la caja de control **no** está conectada al PC mediante el cable USB, la caja está en modo manual - los interruptores y mandos del panel frontal determinan los parámetros de la caja de control.

Ahora ya puedes probar la configuración.

### Configurar una prueba de máquina

- 1) Alinee el motor de corriente continua en las ranuras del banco de pruebas del dinamómetro.

Debería deslizarse fácilmente. Es posible que tenga que aflojar las tuercas moleteadas en la corriente continua está bien sujeto.

- 2) Asegúrese de que la correa de embalaje y el sensor véase Desembalaje en el apartado refractario. erencia
- 3) Asegúrese de que la "araña" de goma que amortigua el dinamómetro y el motor sometido a prueba está en su sitio. Sin ella, el sistema funcionará, pero hará ruido. (En el primer uso puede que tengas que empujar con fuerza).

- 3) Asegúrese de que los acoplamientos del motor y del dinamómetro estén alineados antes de empujar el motor hasta el tope.

- 4) Al empujar a casa el motor de corriente continua en el banco de pruebas del dinamómetro, debe oír un clic de los microinterruptores de seguridad del soporte del dinamómetro.

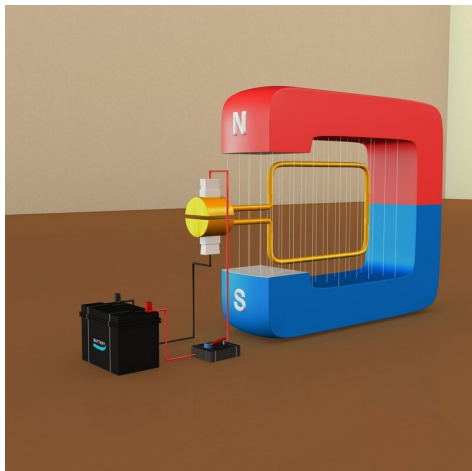
- 5) Apriete las contratueras moleteadas para asegurarse de que el motor de

- 6) Inserte la balanza y retire ambas cubiertas protectoras de plástico.

Ya está listo para empezar a experimentar con el equipo, en modo manual.

## Ficha 2

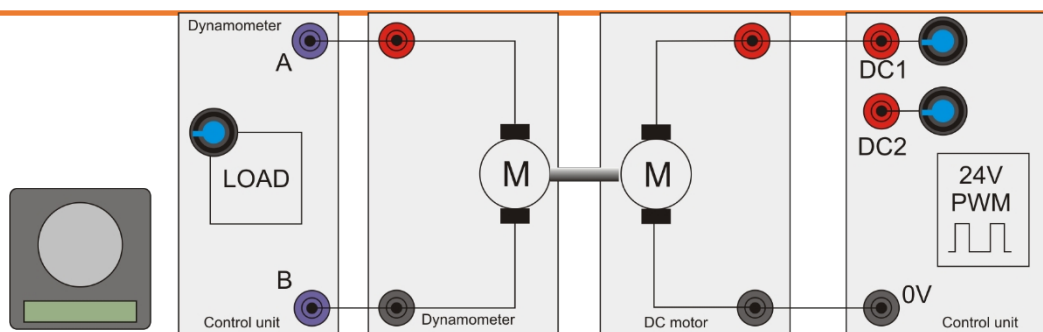
### Comprender el par y la masa



Los motores de corriente continua utilizan un imán permanente en el estator y bobinados alimentados por corriente continua en el rotor.

Se utiliza un conmutador para invertir el sentido de la corriente en el rotor y mantener la fuerza sobre él mientras el motor gira.

El gráfico muestra un conmutador muy sencillo. En la práctica, el anillo tiene varias divisiones, lo que permite que varios circuitos del rotor proporcionen un par más continuo.



#### Te toca a ti:

Con la caja de control en modo manual:

- 1) Coloca la balanza bajo el brazo oscilante y enciéndela.
- 2) Gire los potenciómetros de la unidad de control a mini (totalmente en sentido antihorario.)
- 3) Aumente lentamente el valor de DC1 hasta que el motor de corriente continua empiece a girar.
- 4) ¿Hay alguna lectura en la balanza?  
Si no es así, intercambia las conexiones positiva y negativa del motor para cambiar el sentido de giro.
- 5) Con el potenciómetro DC1 en la mitad de su anote la lectura de la balanza y la velocidad del motor en la tabla siguiente. (La velocidad del motor variará un poco - estime una media).
- 6) Gire el potenciómetro DC1 PSU para aumentar ligeramente la tensión. Mida y registre el nuevo equilibrio lectura y velocidad.

7) Consulte las "Relaciones clave" (página 4) para calcular el par de las dos configuraciones y anote sus respuestas.

| Velocidad | Par de equilibrio |
|-----------|-------------------|
|           |                   |
|           |                   |

#### ¿Y qué?

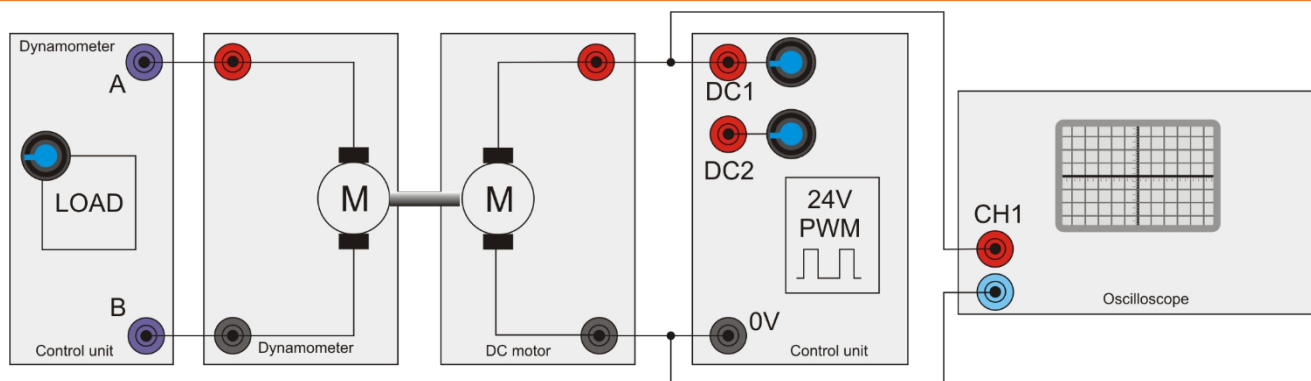
Para cambiar el sentido de giro de un motor de corriente continua, hay que cambiar las conexiones eléctricas. El dinamómetro de brazo oscilante puede girar en ambos sentidos. El par producido es el mismo para ambos. Al girar en sentido contrario en el sentido de las agujas del reloj, la presión se aplica a la balanza. Al girar en el sentido de las agujas del reloj, la presión recae sobre la célula de carga situada en la parte posterior del dinamómetro.

# Ficha 3

## Comprender la fuente de alimentación de CC



Los imanes permanentes ocupan poco espacio en un motor de CC en comparación con el espacio necesario para los bobinados de los motores en los que el campo magnético es suministrado por bobinas conductoras de corriente. Como resultado, los motores de CC pueden ser físicamente muy pequeños para su potencia nominal. La batidora de la fotografía utiliza un motor de CC.



Un motor puede controlarse variando el voltaje de CC y, por tanto, la potencia que se le suministra.

### A su disposición

- 1) Ajusta el potenciómetro DC1 de forma que quede a un cuarto de su recorrido aproximadamente.
- 2) Utilice un osciloscopio externo, no uno basado en PC, para observar la señal de DC1.
- 3) Utiliza el gráfico superior para dibujar la forma de onda de esta señal.
- 4) Gire el potenciómetro DC1 unas tres cuartas partes de su recorrido y dibuje el forma de onda resultante en el gráfico inferior.

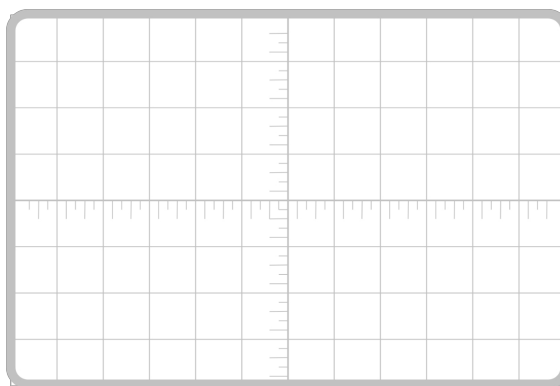
### ¿Y qué?

Las fuentes de alimentación modernas para motores de CC no varían la salida de forma analógica, sino que utilizan la modulación por ancho de pulsos o PWM. En este caso, se varía la relación marca : espacio de la salida.

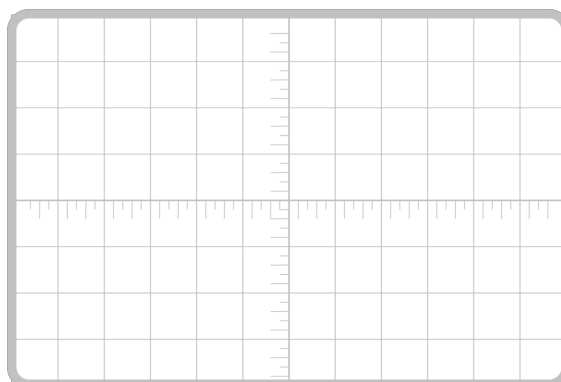
En la unidad de control, un banco de FET entrega una señal PWM generada por un ordenador. Se puede utilizar con motores de corriente continua, monofásicos y trifásicos.

**No utilice un osciloscopio basado en PC.**

DC1 - un cuarto máx.

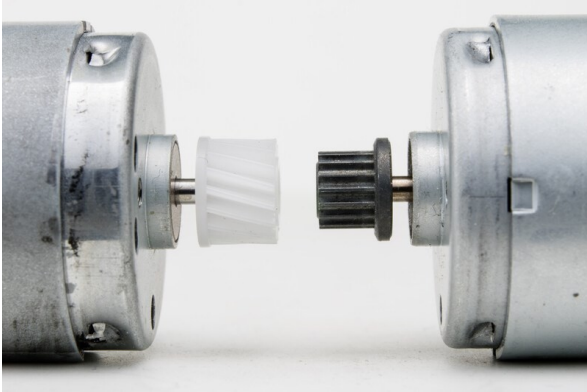


DC1 - tres cuartos máx.



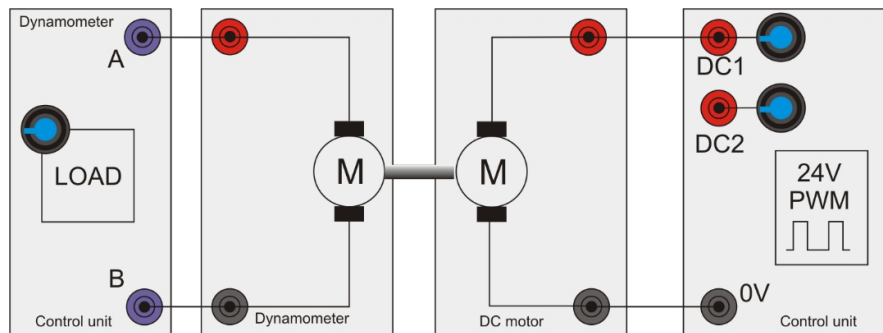
# Ficha 4

## Características del motor de CC 1



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

Foto: estos pequeños motores de corriente continua se utilizan en pequeños dispositivos portátiles como juguetes.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el circuito mostrado arriba. Conecte el motor de corriente continua a los terminales V+ y 0V de la fuente de alimentación DC1 de la unidad de control.
- 2) Encienda el motor de corriente continua para ejercer presión sobre la célula de carga del dinamómetro y no sobre la balanza. (En caso necesario, invierta las conexiones de alimentación).
- 3) Conecte el dinamómetro a los terminales de carga de la unidad de control para establecer una carga a través del dinamómetro.
- 4) Conecte la caja de control al ordenador mediante el cable USB.
- 5) En el ordenador, carga el programa 'Open Control DC'. Pulse el botón de estilo 'PLAY' en la parte superior izquierda y, a continuación, haga clic en el botón 'RUN'.
- 6) Ajusta la salida PWM DC en torno al 30%.
- 7) Aplique al motor de CC una pequeña carga de alrededor del 50% en el dinamómetro.
- 8) Investiga el efecto de variar la tensión PWM entre el 30% y el 100%, tomando seis en ese intervalo. En la tabla de la página siguiente, registre la velocidad, el par y la potencia del variador procedentes de la fuente de alimentación.
- 9) Utilice la información de la sección "Relaciones clave" de la página 4 para calcular la potencia mecánica suministrada al dinamómetro.
- 10) Además, calcula el rendimiento del motor en cada uno de los seis ajustes.
- 11) En el papel cuadriculado proporcionado, utiliza estas lecturas para trazar un gráfico que muestre cómo varía el par (eje y) con la velocidad (eje x).

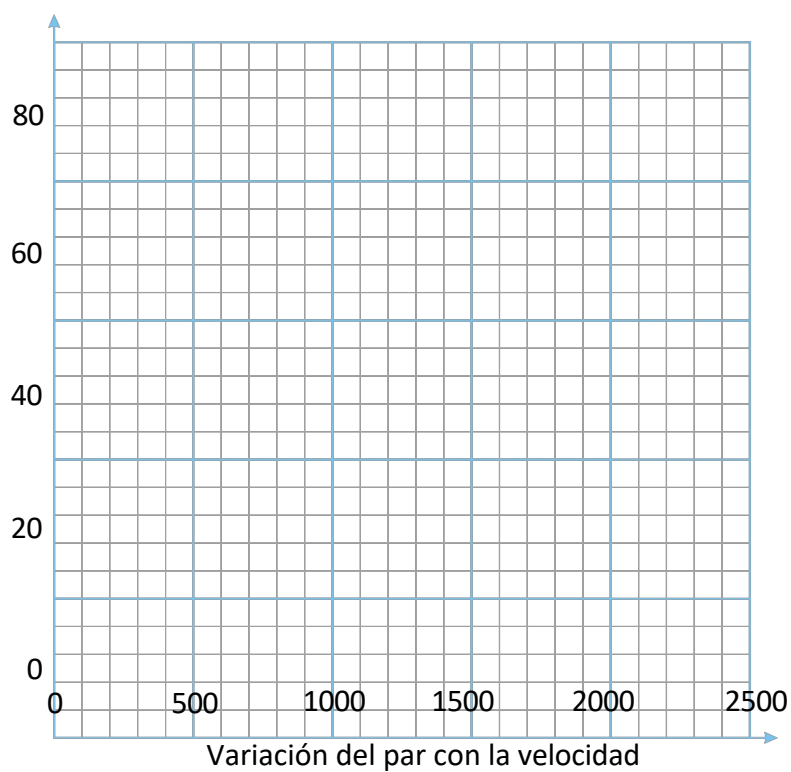
Tenga en cuenta que para cálculos repetidos le resultará más fácil utilizar una hoja de cálculo.

## Ficha 4

### Características del motor de CC 1

| Tensión | Velocidad | Par de apriete | Energía eléctrica | Potencia mecánica | Eficacia |
|---------|-----------|----------------|-------------------|-------------------|----------|
|         |           |                |                   |                   |          |
|         |           |                |                   |                   |          |
|         |           |                |                   |                   |          |
|         |           |                |                   |                   |          |
|         |           |                |                   |                   |          |

Par (mNm) 100



Velocidad (rpm)

#### ¿Y qué?

Cada motor tiene unas características que lo hacen adecuado para determinadas aplicaciones en la industria. En este de aprendizaje, conocerá diversos tipos de motores y aprenderá a apreciar sus características.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

# Ficha 5

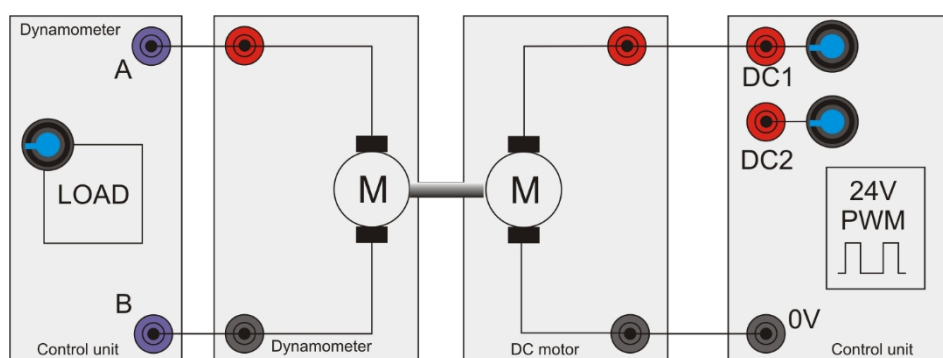
## Características del motor de CC 2



Los coches "dodgem" de las ferias utilizan simples motores eléctricos de corriente continua que funcionan a entre 12 y 48 V.

Los vehículos tienen dos escobillas: una toca el suelo metálico, para 0 V, y la otra toca el techo metálico, para una tensión positiva.

El control de velocidad suele ser un simple encendido-apagado.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el circuito , conectando el motor DC a la fuente de alimentación DC1 de la unidad de control .
- 2) Conecte el dinamómetro a los terminales de carga de la unidad de control para establecer una carga a través del dinamómetro.
- 3) Conecte la caja de control al ordenador m e d i a n t e el cable USB.
- 4) En el ordenador, ejecute el programa 'Open LogDC.bat'.
- 5) Ajusta la salida PWM DC en torno al 50%.
- 6) Pulse el botón "Barrido" para ejecutar un registro automático de velocidad / par.
- 7) Repita el paso 6 para las salidas de CC del 40%, 60%, 70%, 80% y 90%.

- 8) El programa registra los resultados en un fichero Excel Su nombre se indica en la sección 'Propiedades', a la derecha de la pantalla. El programa se guarda en el subdirectorio "Registros".

Una vez finalizada la secuencia, cargue el re resultados en Excel y utilizarlo para trazar gráficos de par y velocidad del motor.

- 9) En la página siguiente, esboza los resultados.

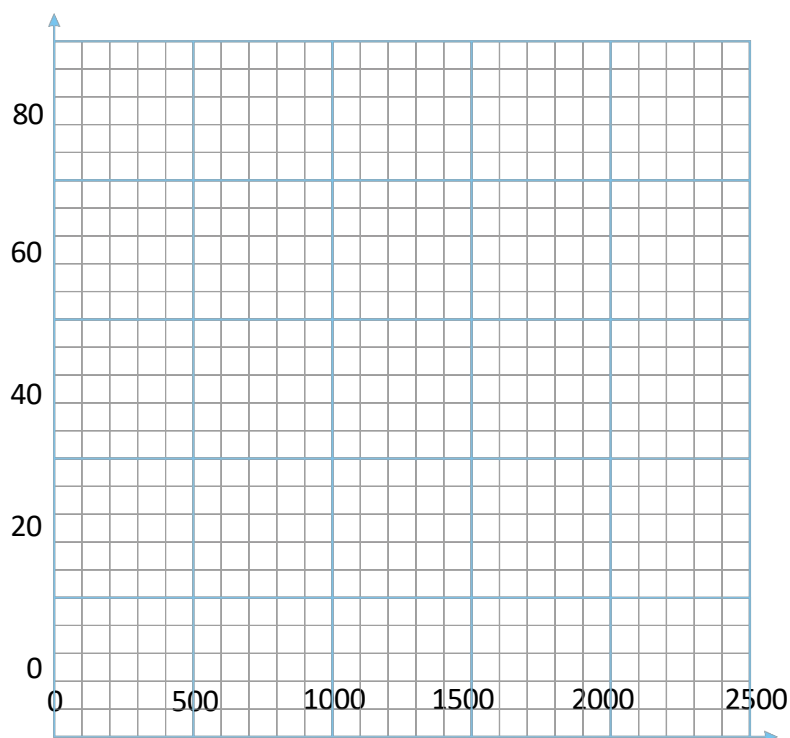
### ¿Y qué?

Al examinar las especificaciones de un motor para comprobar su idoneidad para una aplicación concreta, suele ver una familia de gráficos que muestran su rendimiento en distintas condiciones de conducción. Comprender esta información te ayudará a tomar la decisión correcta.

# Ficha 5

## Características del motor de CC 2

Par (mNm) 100



Velocidad (rpm)

Efecto de la velocidad del motor en el par para  
diferentes valores de tensiones de  
alimentación de CC

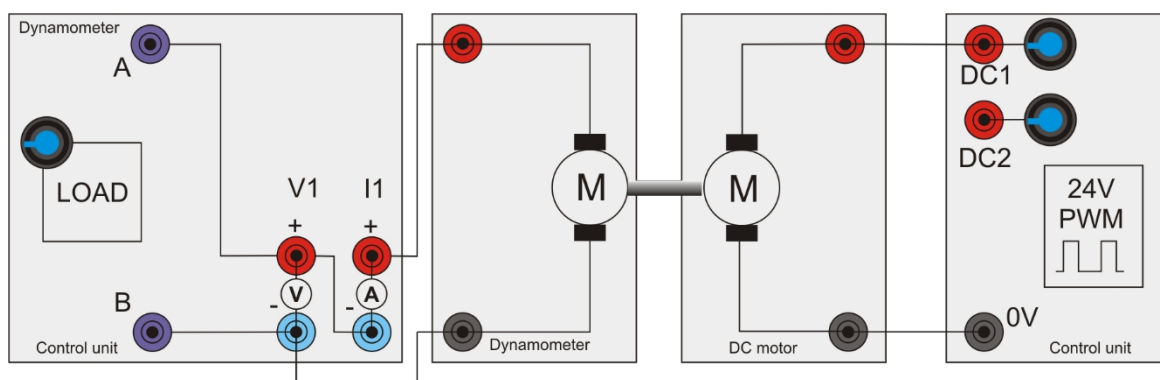
# Ficha 6

## Generador de imán permanente (dinamo)



La máquina eléctrica del dinamómetro tiene exactamente las mismas características que el motor de corriente continua. La única diferencia es física: el eje de transmisión es más largo.

La fotografía muestra una dinamo de bicicleta, utilizada para alimentar las luces eléctricas de la parte delantera y trasera de la bicicleta.



Esta hoja de ejercicios examina las propiedades de un generador de imanes permanentes o "dinamo", utilizando la dinamo que se encuentra en el dinamómetro.

### Te toca a ti:

- 1) Instala el sistema que se muestra en el diagrama.
- 2) En su PC, ejecute el programa 'Open Control\_DC.bat'.
- 3) Ajuste la carga del dinamómetro al 80%.
- 4) Utilice el programa para medir la potencia, la velocidad y el par generados por la dinamo para tensiones de accionamiento del motor de CC del 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%.
- 5) Utilice las fórmulas de la sección "Relaciones clave" de la página 4 para calcular la potencia mecánica suministrada al dinamómetro.
- 6) Calcular la eficiencia de la conversión de

energía mecánica a eléctrica en el dinamómetro.

- 7) Utiliza los resultados para trazar un gráfico, utilizando los ejes de la página siguiente.

Puede que te resulte más fácil utilizar una hoja de cálculo para hacer los cálculos.

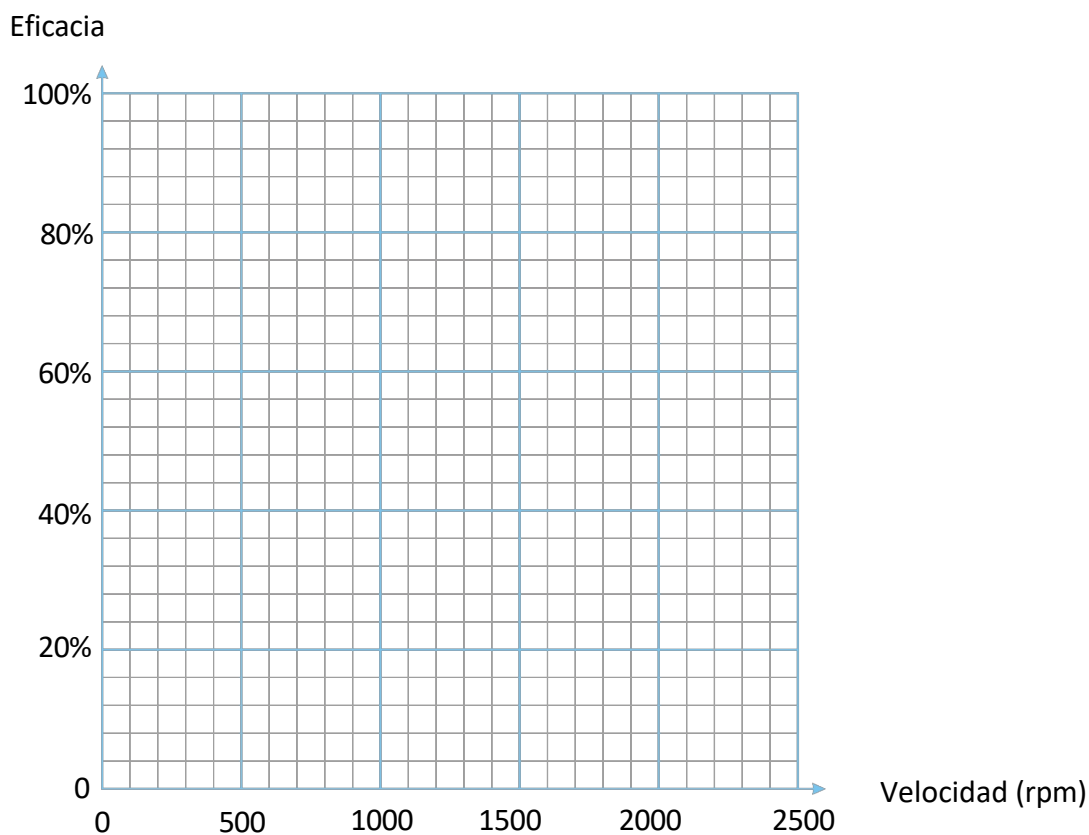
### ¿Y qué?

La eficiencia de una máquina eléctrica cambia con su velocidad. Elegir la combinación adecuada de máquina y reductor para una aplicación ayudará a obtener una eficiencia óptima.

# Ficha 6

## Generador de imán permanente (dinamo)

| Accionamiento por motor de CC | Velocidad | Par de apriete | Potencia mecánica | Potencia en banco de potencia | Dynoefficacia |
|-------------------------------|-----------|----------------|-------------------|-------------------------------|---------------|
| 40%                           |           |                |                   |                               |               |
| 50%                           |           |                |                   |                               |               |
| 60%                           |           |                |                   |                               |               |
| 70%                           |           |                |                   |                               |               |
| 80%                           |           |                |                   |                               |               |
| 90%                           |           |                |                   |                               |               |



Variación del rendimiento con la velocidad para una dinamo con una carga del 80%.

# Ficha 7

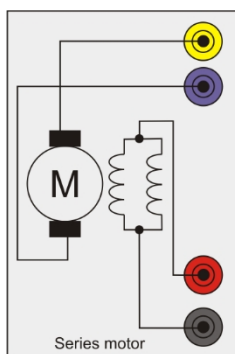
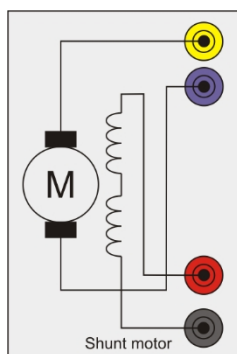
## Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación



Los motores de CC de estator bobinado suelen configurarse como bobinados **en derivación** o en **serie**.

Las conexiones separadas para los devanados de campo del estator y el rotor / inducido nos permiten controlar la corriente en ambas partes del motor por separado, con el fin de examinar el comportamiento del motor.

La fotografía muestra un antiguo motor bobinado en derivación.



Los terminales rojo y negro son para los bobinados del estator, los terminales amarillo y morado para los bobinados del rotor.

### Te toca a ti:

- 1) Con los motores en serie y en derivación desconectados del banco de pruebas, mida la resistencia del estátor con un multímetro digital.  
bobinados tanto en los motores en derivación como en los motores en serie.
- 2) Utilice la fórmula de la ley de Ohm,  $I = V/R$ , para calcular las corrientes de campo teóricas cuando el  
Los devanados de campo están conectados a una fuente de 24 V CC.
- 3) Repita la medición de la resistencia para los devanados del rotor
- 4) Anota tus resultados en la tabla de al lado.

- 5) En la práctica, se obtienen diferentes valores de corriente que analizamos a continuación.

### Devanados del estator

| Motor      | Resistencia en $\Omega$ | Corriente en A |
|------------|-------------------------|----------------|
| Derivación |                         |                |
| Serie      |                         |                |

### Devanados del rotor

| Motor      | Resistencia en $\Omega$ | Corriente en A |
|------------|-------------------------|----------------|
| Derivación |                         |                |
| Serie      |                         |                |

# Ficha 7

## Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación

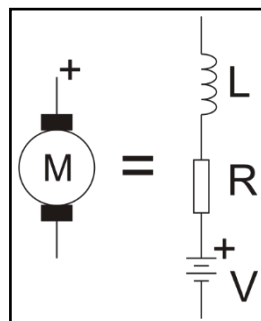
### ¿Y qué?

Las máquinas eléctricas están formadas por múltiples bobinados. Cuando por ellas circula corriente continua, sus características eléctricas pueden predecirse mediante la fórmula de la ley de Ohm. Sin embargo, una vez que la máquina eléctrica está en funcionamiento, los campos magnéticos giratorios de la máquina alteran drásticamente su comportamiento.

El circuito equivalente de la máquina se complica entonces. En particular, la rotación  
Los componentes magnéticos de la máquina inducen una fuerza electromagnética (f.e.m.) que actúa oponiéndose al flujo de corriente en los devanados. A continuación puede ver el circuito equivalente.

Entender cómo calcular esta f.e.m. opuesta queda fuera del alcance de este paquete de aprendizaje, pero es necesario que sepas que existe.

La f.e.m. inversa aumenta al aumentar la velocidad. Por lo tanto, cuando una máquina se para, la f.e.m. inversa se reduce. La corriente que circula aumenta entonces considerablemente, lo que aumenta el riesgo de quemar la motor .



Circuito equivalente de una máquina simple de corriente continua.

### Te toca a ti:

- 1) Conecte el multímetro al bobinado del rotor del motor Shunt en el ajuste del óhmetro.
- 2) Gira lentamente el eje del motor. Explique lo que ve en el medidor.

---

---

---

---

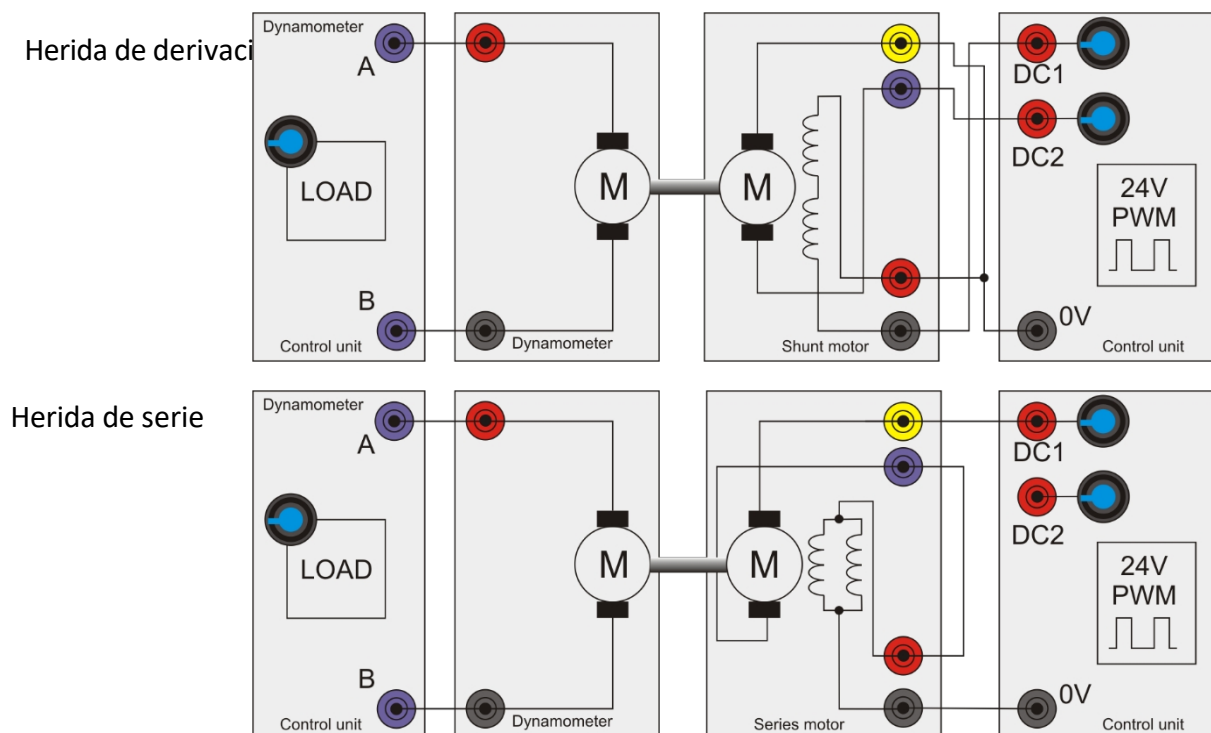
---

---

---

# Ficha 7

## Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación



**Nota: los circuitos son similares pero no exactamente iguales.**

En todos los motores de corriente continua con bobinado, se intercambian las conexiones de los bobinados del estator o del rotor para que el motor gire en sentido contrario. La inversión de la tensión en ambos devanados mantiene el motor girando en la misma dirección, ya que ambos campos están invertidos.

### Te toca a ti:

- 1) Coloque el motor **en derivación** como en el diagrama superior.
- 2) En su PC, cargue el programa 'Open Control\_DC.bat'. Ajusta la salida en DC1 (las bobinas de campo) al 100% o 24V. Ajuste la salida en DC2 (el rotor) a alrededor del 70% y pulse 'RUN'.
- 3) Aumenta DC2 en pasos del 10% hasta el 100%. En la tabla de la página siguiente, anota las tensiones y corrientes en cada

etapa.

- 4) Ahora, cambia al motor **en serie** y conéctalo como en el diagrama inferior.
- 5) Ajuste la salida en DC1 al 40% y pulse RUN.
- 6) Aumente DC1 en pasos del 5%. De nuevo, registre las tensiones y corrientes de salida cada vez. Las corrientes eventualmente se vuelven tan altas que la unidad de control se apaga.

### ¿Y qué?

Este experimento muestra que las velocidades de los motores en serie y en derivación son muy diferentes para entradas de tensión similares. La unidad de control se desconecta a una determinada velocidad (corriente) para el motor en serie. La corriente está limitada para proteger el motor y la unidad de control. La unidad de control suministra una potencia de salida de hasta 100 W. Si se sobrepasa, se desconecta y muestra un mensaje "Err" en la parte frontal de la unidad. La aplicación de software se detiene.

## Ficha 7

### Conceptos básicos de los motores en serie y en derivación

#### Motor de derivación

| DC1 % | DC2 % | I1 en A | I2 en A | Velocidad en RPM |
|-------|-------|---------|---------|------------------|
| 100   | 70    |         |         |                  |
| 100   | 80    |         |         |                  |
| 100   | 90    |         |         |                  |
| 100   | 100   |         |         |                  |

#### Motor de serie

| DC1 % | I1 en A | I2 en A | Velocidad en RPM |
|-------|---------|---------|------------------|
| 40    |         |         |                  |
| 45    |         |         |                  |
| 50    |         |         |                  |
| 55    |         |         |                  |

Indique claramente el punto en el que la unidad de control se desconecta.

#### ¿Y qué?

La velocidad del motor de la serie es muy alta. La unidad de control está diseñada para desconectarse a velocidades superiores a 3100 RPM. Por encima de esto el Dinamómetro produce tensiones que pueden ser peligrosas.

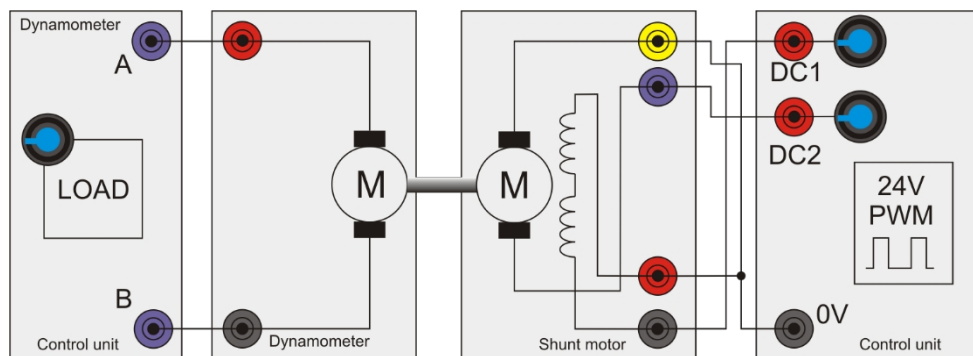
# Ficha 8

## Características de los motores bobinados



El control de velocidad es un elemento importante del diseño de sistemas electromecánicos.

Algunos motores son mejores que otros para autorregular la velocidad. El motor shunt es realmente bueno en la regulación de la velocidad y por esta razón se utilizan a menudo en dispositivos como tornos, que necesitan funcionar a una velocidad constante.

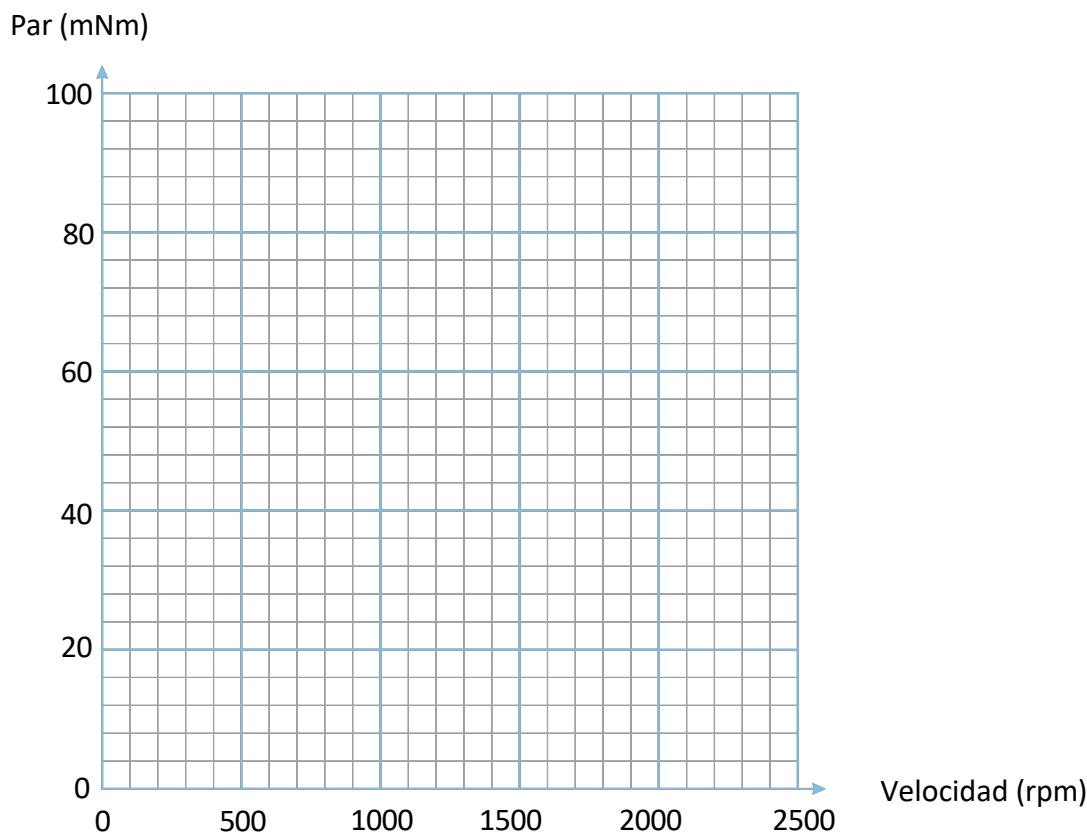


### Te toca a ti:

- 1) Coloca el motor en derivación como se muestra arriba.
- 2) En su PC, ejecute el programa "Open Log\_DC.bat".
- 3) Abre el programa. Ajuste la salida DC1 a 100% para alimentar el **bobinado del estator** y la salida DC2 a alrededor del 50% para el **rotor**.
- 4) Ejecute el programa y pulse 'Barrido' para tomar un conjunto automático de lecturas para un rango de cargas dinámicas.
- 5) Repita los pasos 4 para las salidas de CC del **rotor** del 60%, 70% y 80%.
- 6) Una vez finalizada la secuencia, carga los resultados en Excel y utiliza Excel para trazar un gráfico de velocidad y par.
- 7) En la página siguiente, utiliza los ejes proporcionados para dibujar los resultados.

# Ficha 8

## Características del motor bobinado en derivación



El efecto de la velocidad sobre el par para diferentes valores de volt- de la bobina del estator.

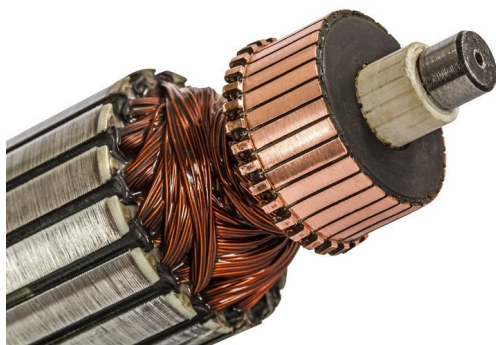
### Te toca a ti:

- 1) Con el mismo equipo configurado, carga el programa 'Open Control\_DC.bat'
- 2) Dirija la salida del dinamómetro al voltímetro de la unidad de control. El software proporciona la corriente del dinamómetro. Ahora puede obtener el voltaje y la corriente del dinamómetro y calcular la potencia de entrada.
- 3) Ejecuta el programa y ajusta la salida de CC para el rotor al 50% y la salida para el devanado del estator en torno al 50%.
- 4) Completa la tabla para mostrar la velocidad, la potencia de salida, la potencia del dinamómetro y la eficiencia.

| Tensi <sup>ó</sup> n del estátor<br>DC1 (V) | Tensi <sup>ó</sup> n del rotor<br>DC2 (V) | Poten<br>cia de<br>entrad<br>a<br>(W) | Veloci<br>dad<br>(rpm) | Velocid<br>ad<br>angular<br>(rads/s) | Par<br>(Nm) | Potenc<br>ia de<br>salida<br>(W) | Eficiaci<br>a<br>(%) |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|-------------|----------------------------------|----------------------|
| 50%                                         | 50%                                       |                                       |                        |                                      |             |                                  |                      |
| 70%                                         | 70%                                       |                                       |                        |                                      |             |                                  |                      |

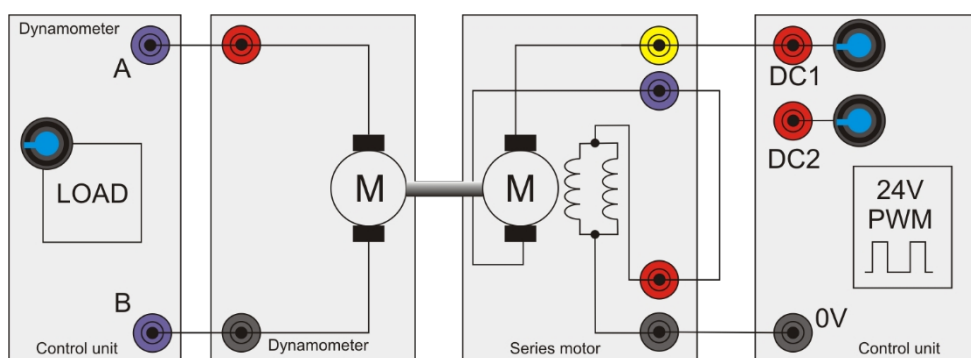
## Ficha 9

### Características de los motores bobinados en serie



Un motor bobinado en serie tiene el par de arranque más alto de todos los motores. Sin embargo, su velocidad varía a medida que varía la carga. Es ideal para aplicaciones como cabrestantes y grúas, donde el par elevado inicial es importante.

La fotografía muestra un rotor bobinado típico con colector de anillo partido.

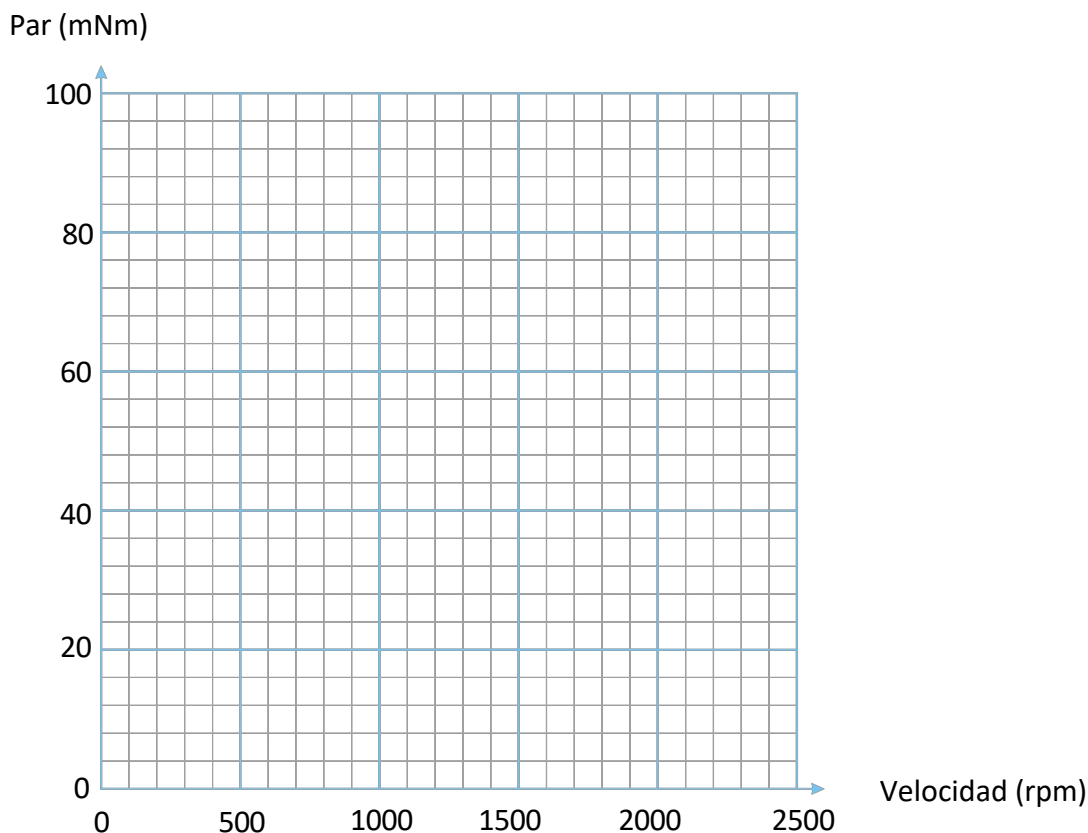


#### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor en serie como se muestra arriba.
- 2) En su PC, ejecute el programa 'Open Log\_DC.bat'.
- 3) Ejecute el programa con la salida de CC ajustada en torno al 35%.
- 4) Asegúrese de que el motor está ejerciendo presión sobre la célula de carga y no sobre la balanza; si no es así, cambie el sentido de giro.
- 5) Pulse 'Barrido' para tomar una serie automática de para una serie de cargas dinamométricas.
- 6) Repita los pasos 3, 4 y 5 para las salidas de CC del 40%, 45% y 50%.
- 7) Una vez finalizada la secuencia, carga los resultados en Excel y utiliza Excel para trazar un gráfico de velocidad frente a par.
- 8) En la página siguiente, dibuje gráficos que muestren las trazas de todas las tensiones de salida.

# Ficha 9

## Características del motor bobinado en serie



Efecto de la velocidad sobre el par para distintos valores de la tensión de salida de CC.

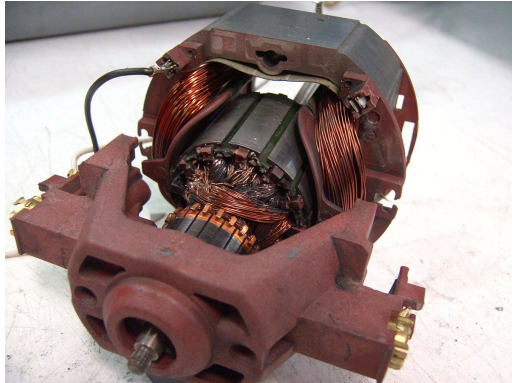
### Te toca a ti:

- 1) Con el mismo equipo configurado, cargue el programa 'Open Control\_DC.bat'.
- 2) Dirija la salida del dinamómetro al voltímetro de la unidad de control. El software proporciona la corriente del dinamómetro. Ahora puede obtener el voltaje y la corriente del dinamómetro y calcular la potencia de entrada.
- 3) Ejecute el programa y ajuste la salida DC1 a alrededor del 30%.
- 4) Completa la tabla para mostrar la velocidad, la potencia de salida, la potencia del dinamómetro y la eficiencia.

| Tensión de alimentación DC1 (V) | Potencia de entrada (W) | Velocidad (rpm) | Velocidad angular (rads/s) | Par (Nm) | Potencia de salida (W) | Eficiencia (%) |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|----------|------------------------|----------------|
| 30%                             |                         |                 |                            |          |                        |                |
| 60%                             |                         |                 |                            |          |                        |                |

# Ficha 10

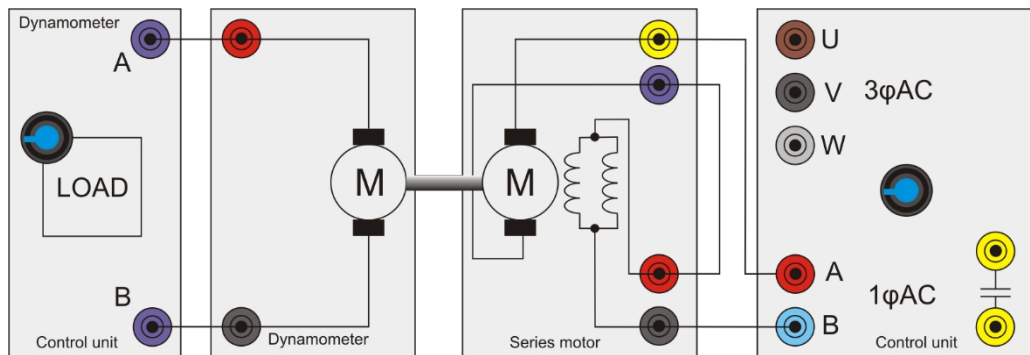
## Motor universal



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.

Las aplicaciones típicas incluyen aviones, routers, lijadoras, amoladoras, sierras, etc.



Esta hoja de ejercicios examina el comportamiento en corriente alterna del motor bobinado en serie.

### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor en serie como se muestra arriba.
- 2) En su PC, cargue 'Open Log\_1Phase.bat' y pulsa "Reproducir".
- 3) Ajuste el voltaje del Driver a unos 20V.
- 4) Con la frecuencia de salida ajustada a 50 Hz, ejecute el programa y utilice la función "Barrido" para tomar un conjunto automático de lecturas sobre un rango de cargas del dinamómetro.
- 5) Una vez finalizada la secuencia, utiliza Excel para trazar un gráfico de velocidad frente a par.
- 6) Repita este procedimiento para frecuencias de 60, 70 y 80 Hz.
- 7) En la página siguiente, dibuja gráficos que muestren las trazas de todas las frecuencias. Compara CA y CC propiedades del motor universal.

---

---

---

---

---

¿Cómo se cambia la dirección del movimiento?

---

---

---

Ajusta la frecuencia a 40 Hz: ¿qué ocurre?

---

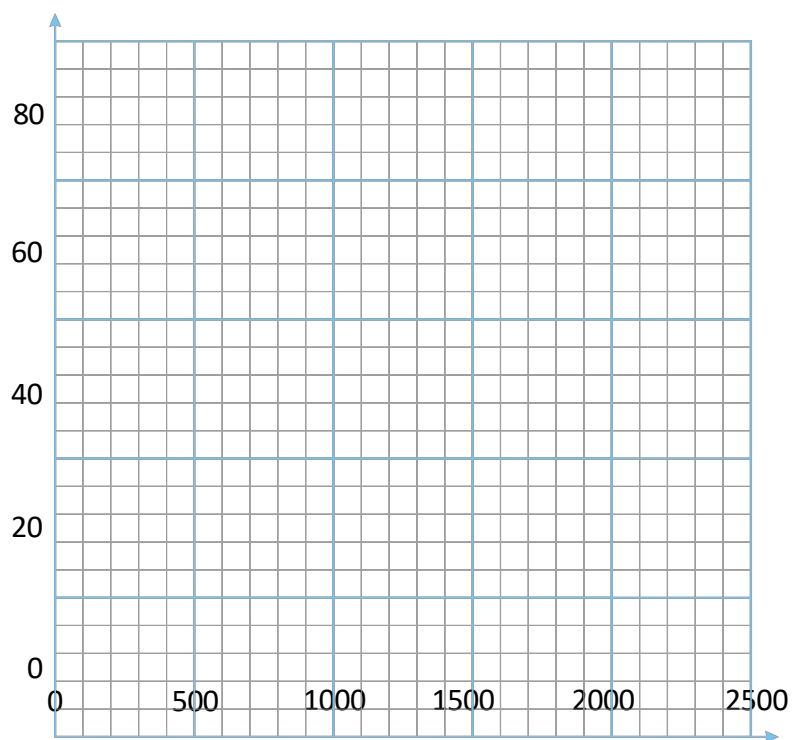
---

---

# Ficha 10

## Motor universal

Par (mNm) 100



Velocidad (rpm)

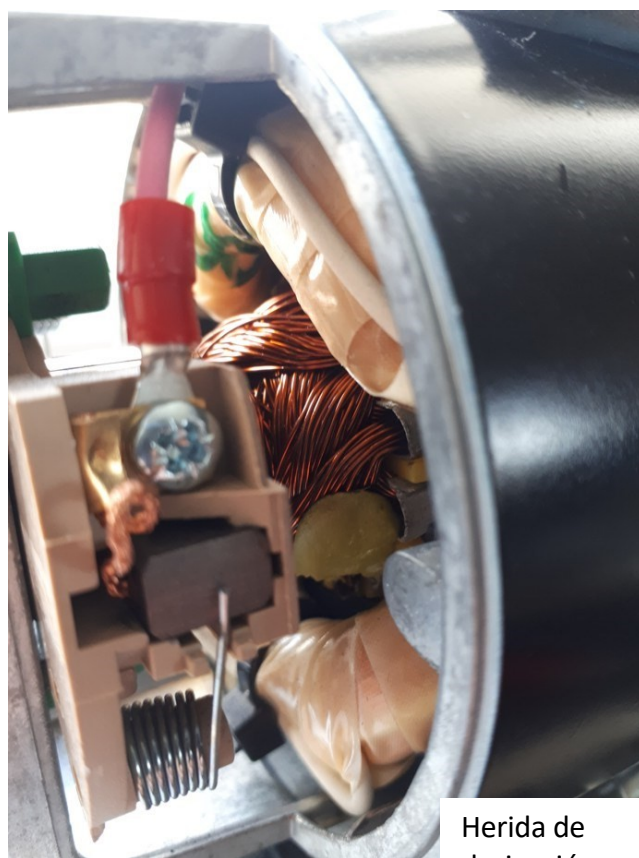
Efecto de la velocidad sobre el par para distintos valores de la frecuencia de salida.

# Ficha 11

## Comparación de motores en serie y en derivación



Herida de  
serie



Herida de  
derivación

### A su disposición

- 1) Comparando las fotografías, ¿cuál es la diferencia entre los devanados del rotor?

---

---

---

---

---

- 2) Antes has medido la resistencia de los bobinados en serie y en derivación del motor. ¿Corroboran estas fotografías tus conclusiones?

---

---

- 3) Investiga el término "excitado por separado". ¿Qué significa?

---

---

---

---

# Ficha 12

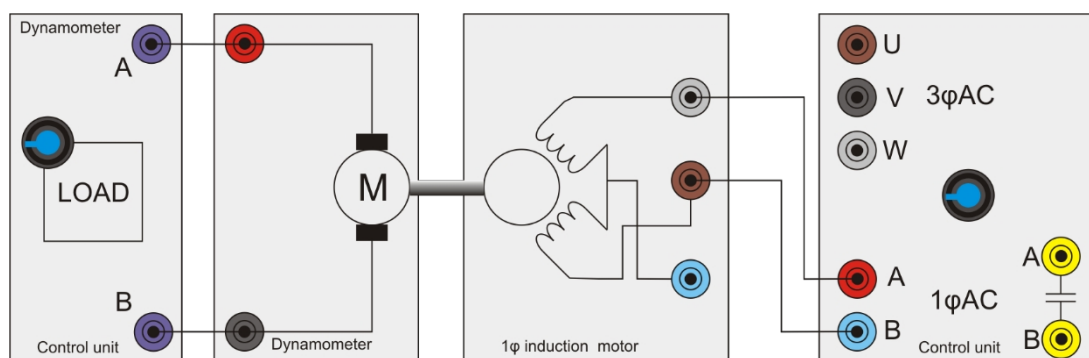
## Motor de inducción monofásico



Uno de los problemas de los motores en serie y en derivación es que utilizan "escobillas" en el circuito del rotor. Éstas se desgastan y hay que cambiarlas de vez en cuando.

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

La fotografía muestra un motor de inducción y su caja de cambios instalada.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción monofásico como se muestra en el diagrama anterior.
- 2) En su PC ejecute 'Open Control\_1Phase.bat'.
- 3) Conecte los bobinados a los terminales **A** y **B**. Cuando la aplicación de software está en marcha, éstos dan una señal de salida monofásica.
- 4) Sin embargo, comprobará que el motor no arranca.

¡Oh, Dios!

### ¿Y qué?

Acaba de descubrir un problema en el motor de aspiración: necesita algo para arrancar.

Cuando el motor de inducción está accionado, un pequeño empujón físico en una dirección suele ponerlo en marcha. Por desgracia, en este equipo no se puede tocar el eje, por razones de seguridad.

Otro problema es que no importa en qué dirección empujes el motor: puede girar en cualquier dirección.

A continuación veremos cómo hacer que el sistema sea más predecible.

# Ficha 13

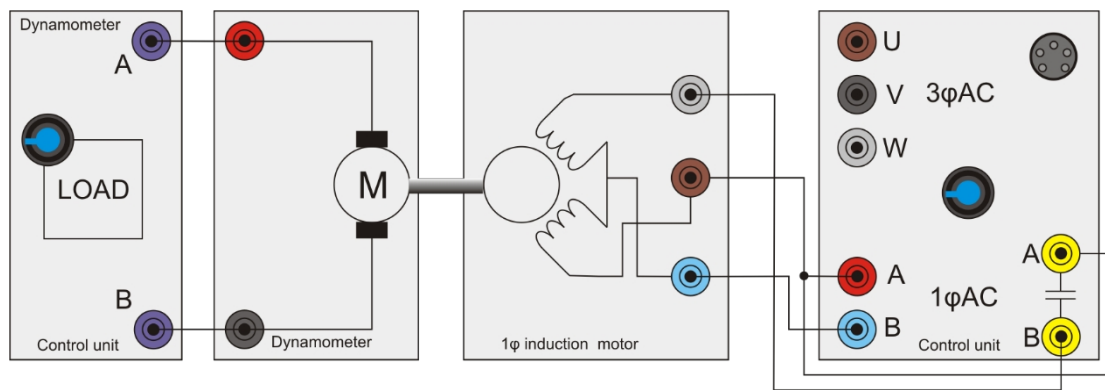
## Motor de inducción monofásico - cap iniciar



En muchas situaciones, los ingenieros pueden elegir qué tipo de motores utilizar.

Para aplicaciones de CA sencillas, como las hidrolimpiadoras, pueden utilizar un motor de inducción o un motor en serie.

La elección depende de las características electromecánicas del motor: coste, tamaño y fiabilidad a largo plazo.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción monofásico como se muestra en el diagrama anterior.
  - 2) En su PC cargue 'Open Log\_1phase.bat' y pulsa "Reproducir".
  - 3) Ajustes de uso Tensión: 20V, CAP start, SINE.
  - 4) Cuando el motor esté en marcha, seleccione CAP Run.
  - 5) Con la frecuencia de salida ajustada a 50 Hz, ejecute el programa y utilice la función "Barrido" para tomar un conjunto automático de lecturas sobre un rango de cargas del dinamómetro.
  - 6) Una vez finalizada la secuencia, utiliza Excel para trazar un gráfico de velocidad frente a par.
- Repita este procedimiento para las

frecuencias de 60, 70, 80, 90 y 100 Hz.

- 8) En la página siguiente, esboza gráficos para mostrar traves para todas las frecuencias.

### ¿Y qué?

¿Cómo se cambia el sentido de giro?

---

---

¿Cómo son las curvas de velocidad / par en comparación con los otros motores que has mirado?

---

---

---

¿Cuáles son las ventajas y los inconvenientes de las máquinas de corriente continua y alterna?

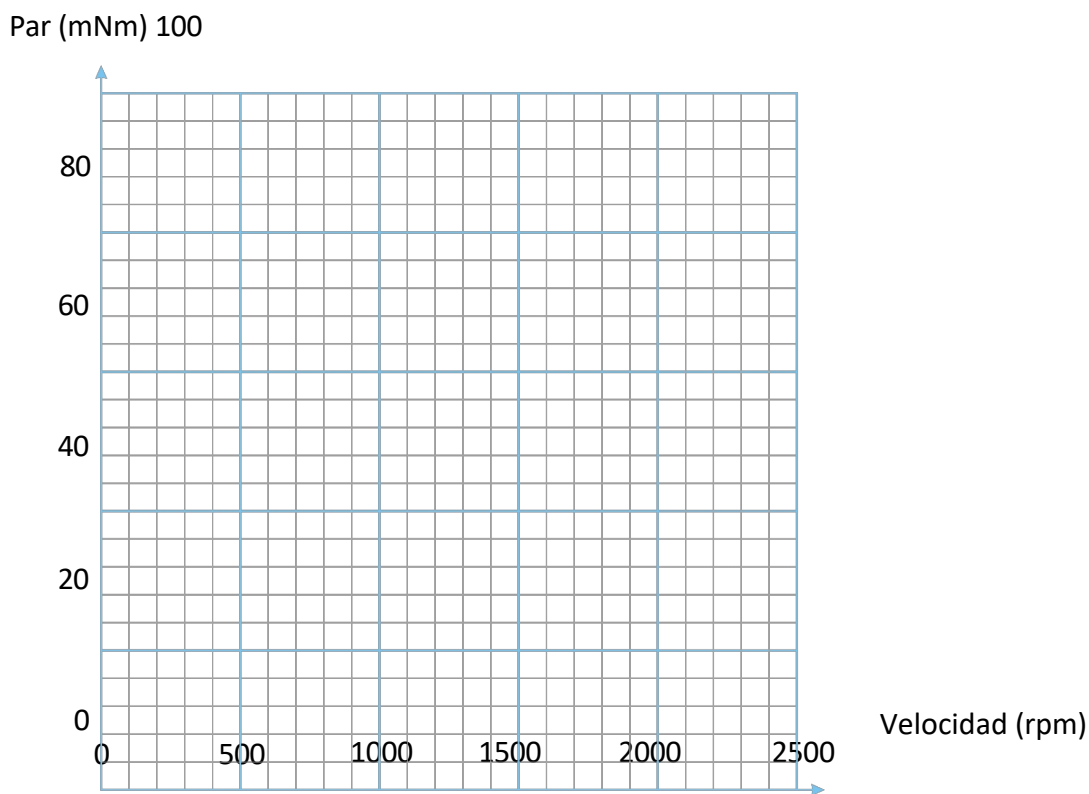
---

---

---

# Ficha 13

Motor de inducción monofásico -  
cap  
iniciar



Efecto de la velocidad sobre el par para distintos valores de la frecuencia de salida.

# Ficha 14

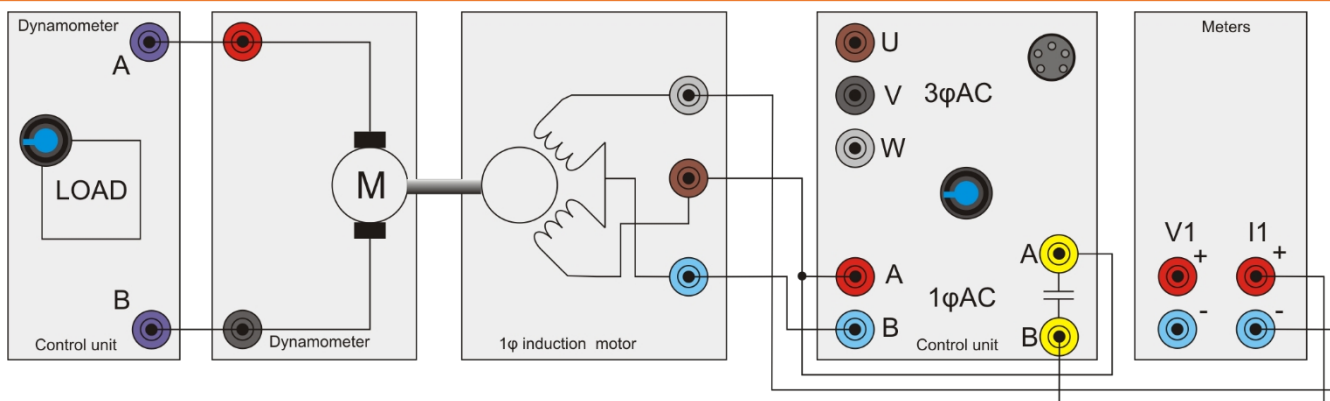
## Desfase en motores de inducción



Uno de los inconvenientes del motor de inducción monofásico es que necesita un condensador externo para funcionar.

El motor de inducción es muy fiable porque no tiene escobillas. Sin embargo, el condensador utilizado para arrancar el motor debe desconectarse del circuito una vez que el motor esté en marcha.

Para ello es necesario un circuito de conmutación electrónico adicional o un interruptor mecánico centrífugo.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción monofásico como se muestra en el diagrama. Este experimento utiliza el osciloscopio incorporado en la unidad de control para observar los desplazamientos de fase en los devanados causados por los condensadores de arranque/marcha.
- 2) En su PC ejecute 'Open Control\_1Phase.bat'.
- 3) Ajustes de uso Tensión: 20V, CAP start, SINE.
- 4) Ajuste la frecuencia a 50 Hz.
- 5) Configure el 'scope para que muestre I e IA, utilizando las 'Propiedades' de la parte derecha de la pantalla. Captura la forma de onda.
- 6) Haz un esquema de lo que ves en la rejilla del osciloscopio en la página siguiente .
- 7) Repita el procedimiento para las frecuencias de 60 Hz y 70 Hz. Para cada frecuencia,

registre las corrientes y el desplazamiento de fase.

- 8) Investiga el efecto de cambiar del condensador de 'Arranque' al de 'Marcha', utilizando el selector 'Condensador Arranque / Marcha'.

¿Y qué?

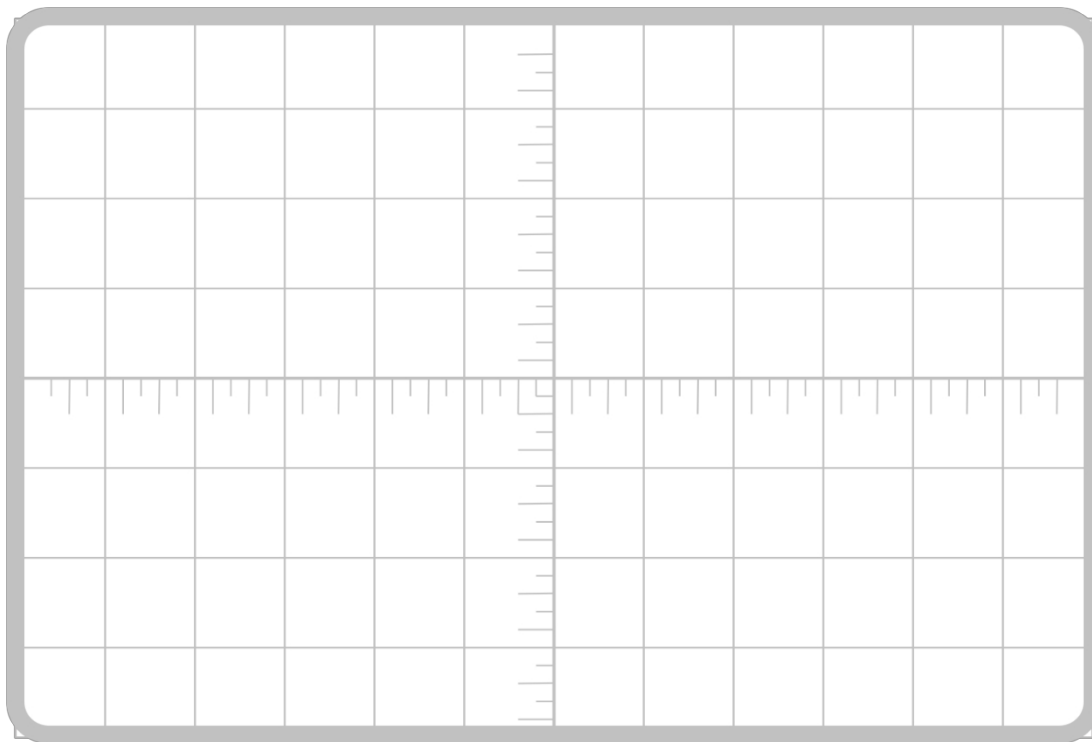
Sin condensador, el motor no arrancaría. En algunos sistemas, como éste, el motor tiene dos condensadores, uno para el arranque y otro para la marcha. El desfase de cada uno es diferente. Para la misma tensión, ¿cuánto más eficiente es el condensador de marcha que el de arranque para cada frecuencia?

---

Investiga por qué se necesita un valor diferente para "Iniciar" y "Ejecutar".

# Ficha 14

## Desfase en motores de inducción



| Frecuencia del variador de velocidad (Hz) | Potencia de salida (W) | Salida tensión (V) | Corriente de salida A (A) | Fase (grados) | Potencia resuelta (W) | Eficacia (%) |
|-------------------------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|---------------|-----------------------|--------------|
| 50 Hz                                     |                        |                    |                           |               |                       |              |
| 60 Hz                                     |                        |                    |                           |               |                       |              |
| 70 Hz                                     |                        |                    |                           |               |                       |              |

Tenga en cuenta que puede cambiar la configuración actual en el cuadro de propiedades del software situado a la derecha de la pantalla.

La potencia Resuelto puede ser determinado mediante trigonometría utilizando  $V \times I \times \cos(\text{Fase})$ .

# Ficha 15

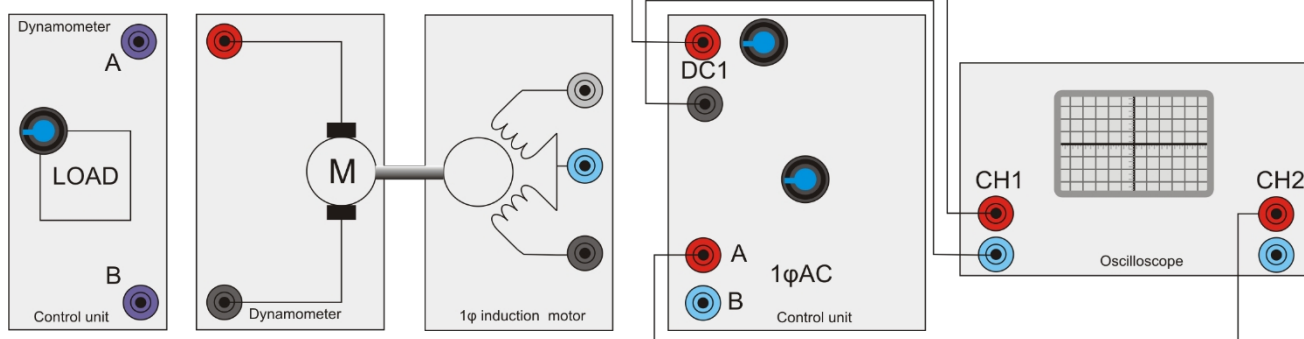
## Estrategias de accionamiento de frecuencia variable



En las fábricas, los motores de inducción suelen utilizarse a velocidades fijas, dictadas por la red eléctrica de 50 o 60 Hz.

El control de la velocidad requiere un cambio de estrategia.

Esta fotografía muestra variadores de frecuencia utilizados en una planta de agua mineral.



**No utilice un osciloscopio basado en PC.  
Utilice un 'scope tradicional sin conexión USB al PC.**

### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción monofásico como se muestra en el diagrama anterior.  
En este ejercicio, sólo examinamos las señales, por lo que no es necesario que el motor y el dinamómetro estén conectados. Sin embargo, el motor debe estar en el soporte del dinamómetro para activar la fuente de alimentación .
- 2) En su PC ejecute 'Open Control\_1Phase.bat'.
- 4) Seleccione una tensión de salida de 24 V y una frecuencia de 50 Hz.
- 3) Conecte el osciloscopio como se muestra. En esta aplicación, la salida DC1 da un pulso al comienzo de cada ciclo. Esto puede utilizarse para disparar el osciloscopio en el canal 1

mientras se observa la forma de onda de la salida A en el canal 2.

- 4) En la página siguiente, esboza la forma de onda de la salida de CA monofásica A.

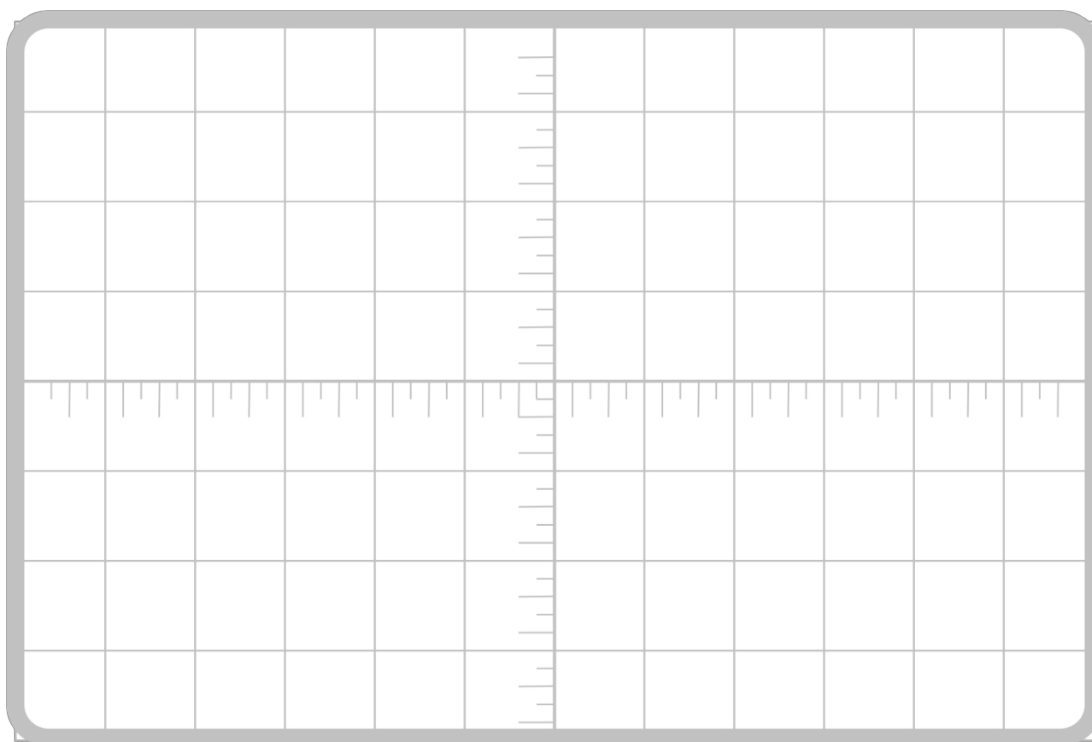
### ¿Y qué?

Este ejercicio ilustra cómo se utiliza la modulación por ancho de pulsos (PWM) para crear una forma de onda con ancho de pulsos variable pero periodo constante, el periodo de la forma de onda fundamental.

Cuando están conectadas, las bobinas de accionamiento del motor actúan como un filtro de paso bajo para señales de CA, que suaviza la forma de onda. Si trazáramos la corriente a través de los devanados, se parecería mucho más a una onda sinusoidal tradicional.

# Ficha 15

## Estrategias de accionamiento de frecuencia variable



### Te toca a ti:

- 1) Cambie la salida de SINE a DIGITAL. Dibuja la forma de onda de salida en el mismo gráfico anterior.
- 2) Con las conexiones del osciloscopio inalteradas, añada el motor de inducción de CA monofásico y arranque/rearranque.  
condensador de marcha . Consulte el diagrama de conexión en la hoja de trabajo sobre el motor de inducción monofásico si es necesario.
- 3) Con la carga del dinamómetro en torno al 50%, mida y registre en la tabla siguiente la velocidad, par, potencia de salida y potencia de entrada, para frecuencias de 50, 60 y 70 Hz.

### Características del accionamiento digital

| Frecuencia del variador de velocidad | Velocidad en rpm | Par de apriete | Potencia de salida | Potencia de entrada |
|--------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|---------------------|
| 50 Hz                                |                  |                |                    |                     |
| 60 Hz                                |                  |                |                    |                     |
| 70 Hz                                |                  |                |                    |                     |

# Ficha 15

## Estrategias de accionamiento de frecuencia variable

### Te toca a ti:

- 1) En la aplicación de software, haga clic en el botón "Seno". De este modo, la salida del variador vuelve a ser una onda pseudosinusoidal.
- 2) Haz un croquis de la salida en **A** cuando se utiliza el pulso de disparo en DC1. (Podrías comparar la señal de **B**.)
- 3) A continuación, con la carga del dinamómetro en torno al 50%, mida y registre en la tabla siguiente la velocidad, par, potencia de salida y potencia de entrada, para frecuencias de 50, 60 y 70 Hz.

### Características del accionamiento pseudosinusoidal

| Frecuencia del variador de velocidad | Velocidad en rpm | Par de apriete | Potencia de salida | Potencia de entrada |
|--------------------------------------|------------------|----------------|--------------------|---------------------|
| 50 Hz                                |                  |                |                    |                     |
| 60 Hz                                |                  |                |                    |                     |
| 70 Hz                                |                  |                |                    |                     |

### ¿Y qué?

Es sorprendente lo bien que funciona una simple señal de accionamiento digital para el motor de inducción. Sin embargo, cuando

la conservación de la energía es primordial, el coste de unos pocos bits de silicio necesarios para crear el circuito de accionamiento tiene una importancia secundaria.

# Ficha 15

## Estrategias de accionamiento de frecuencia variable

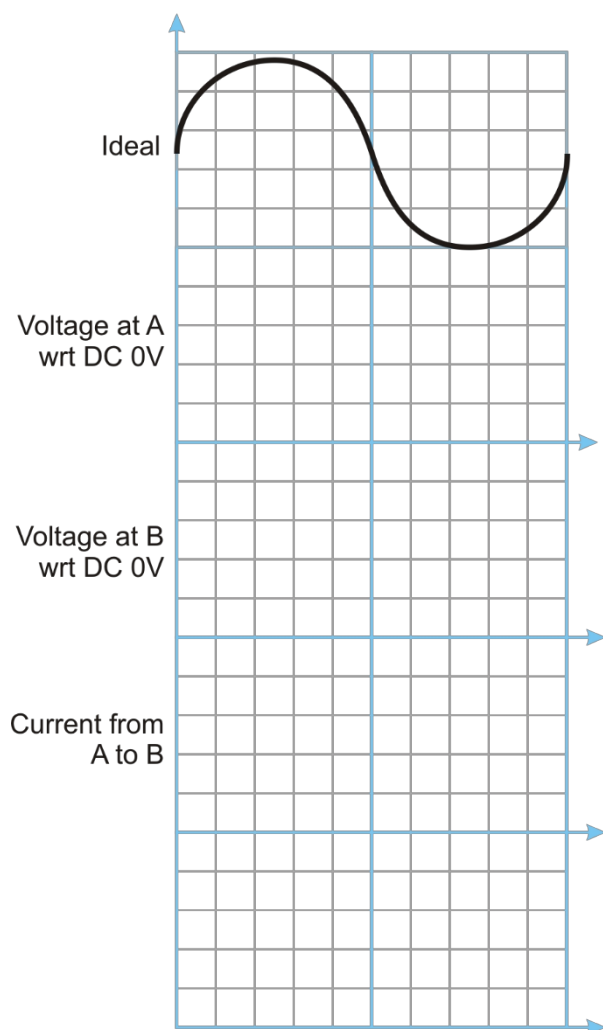
### Te toca a ti:

- 1) En el diagrama de bloques de la unidad de control de la sección "Referencia", las salidas del accionamiento del motor se muestran como "triestado". Esto significa que cada tensión de salida puede ser alta, baja o circuito abierto.

Las salidas **A** y **B** monofásicas de 24 V como máximo son positivas y negativas alternativamente, lo que crea una tensión pico a pico máxima de 48 V en el motor.

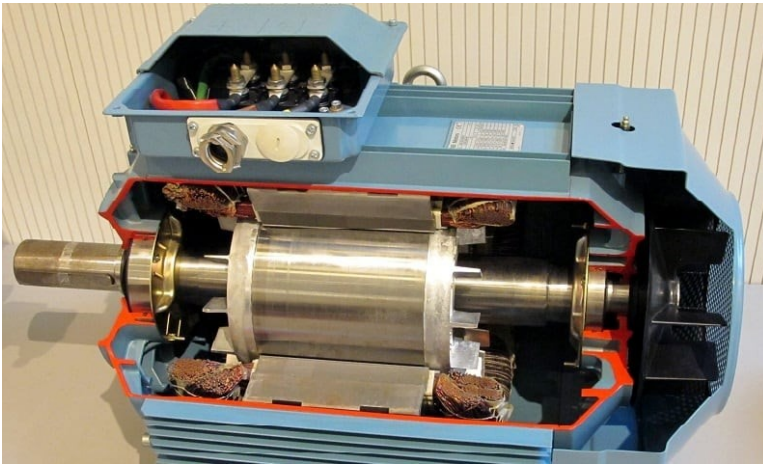
- 2) Obtén las formas de onda y dibújalas en los ejes siguientes.

Aquí puedes usar el osciloscopio de a bordo para ver la forma de onda de la corriente. Sin embargo, el osciloscopio de a bordo no es lo suficientemente rápido para mostrar PWM con precisión.



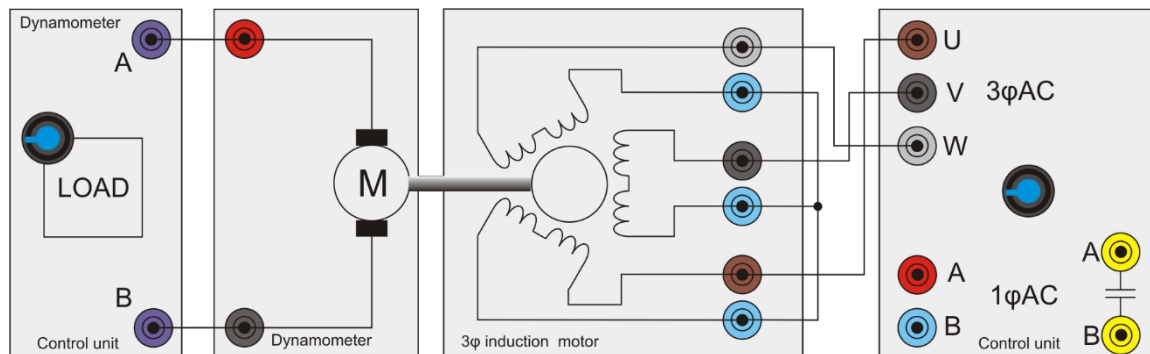
# Ficha 16

## Características del motor trifásico



Esta fotografía muestra una sección de un motor trifásico con la carcasa exterior cortada. Obsérvese la falta de escobillas y la falta de bobinado en el rotor.

Los motores de inducción funcionan induciendo una corriente, y un campo magnético, en el rotor que tiene una fase ligeramente diferente a la corriente/campo motriz.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción trifásico como se muestra en el diagrama anterior.
- 2) En su PC, cargue 'Open Log\_3phase.bat'.
- 3) Utilice los ajustes SINE, 20V, IMPROVED.
- 4) Con una frecuencia de salida de 50 Hz, ejecute el programa y realice una serie automática de lecturas en un rango de cargas del dinamómetro.
- 5) Repita esta operación para las frecuencias de salida de 60, 70, 80, 90, 100 Hz.
- 6) Si puede trazar todas las líneas de salida en el mismo gráfico.
- 7) En la página siguiente, esboza los resultados

¿Cómo se cambia el sentido de giro?

---

---

---

---

---

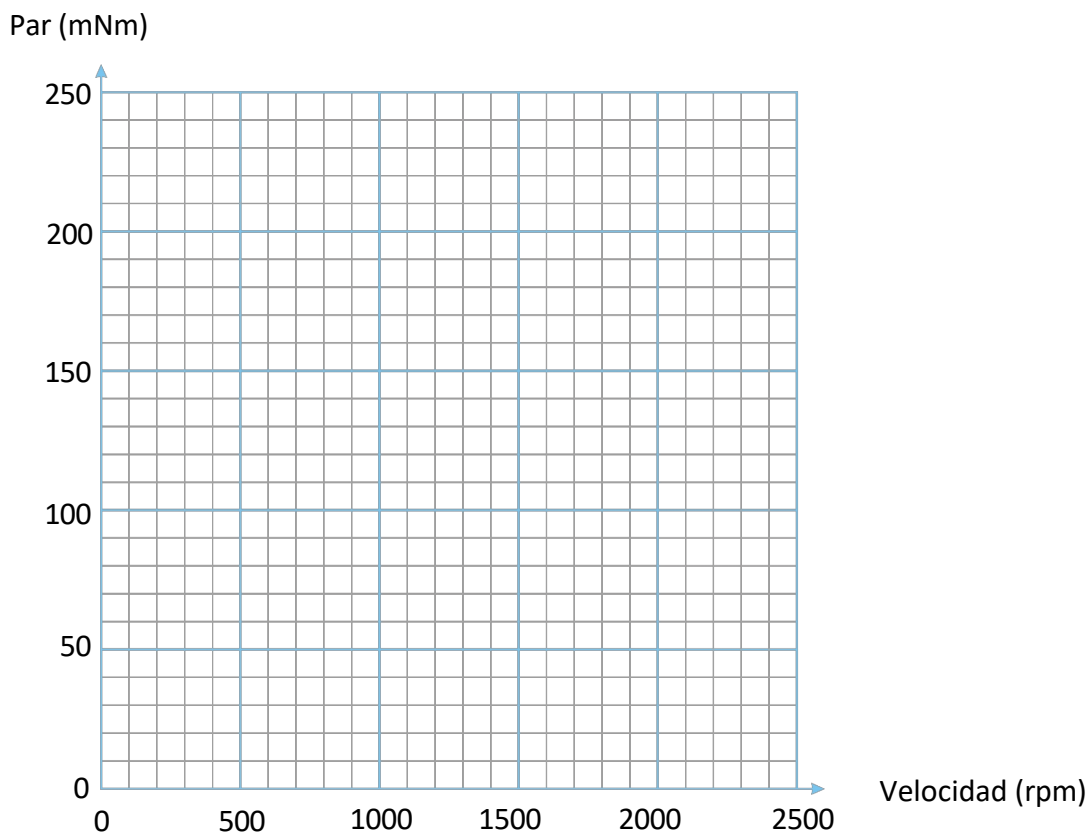
---

---

---

# Ficha 16

## Características del motor trifásico



Efecto de la velocidad sobre el par para distintos valores de la frecuencia de salida.

### ¿Y qué?

Compare las curvas de velocidad/par con las del motor monofásico.

¿Cuál es su eficiencia? Investiga las razones y expón tus conclusiones a continuación.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Ficha 17

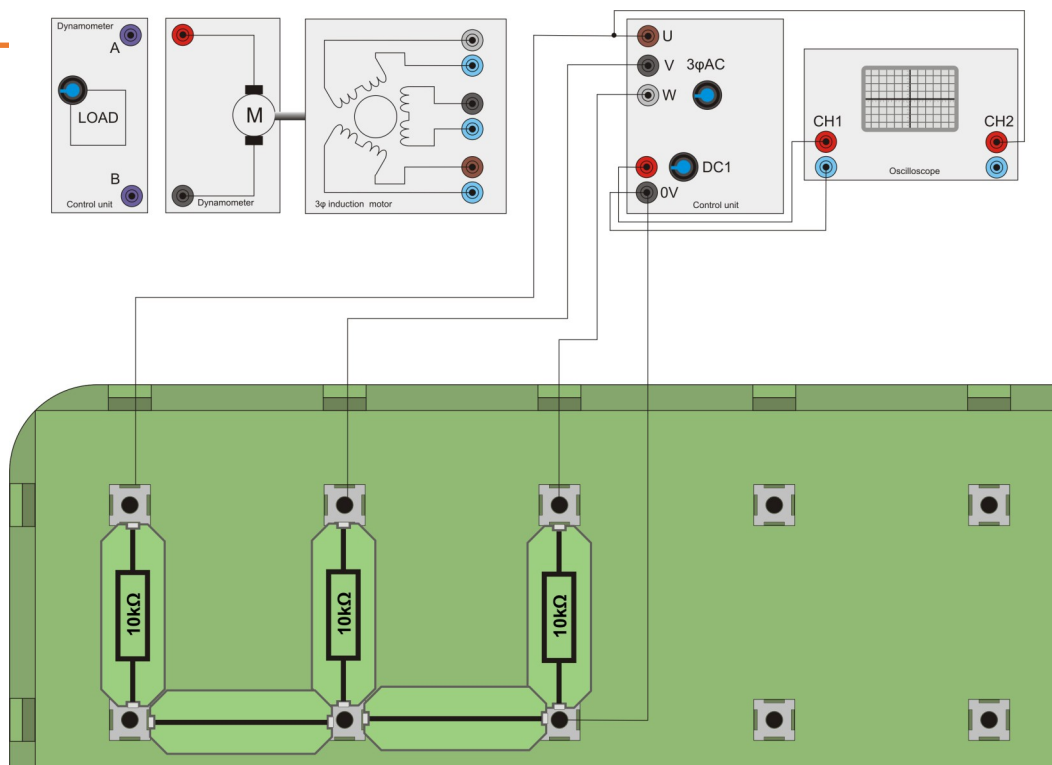
## Estrategias de accionamiento de motores trifásicos



La National Grid distribuye la electricidad en tres fases separadas en lugar de la monofásica que se encuentra en los hogares.

La generación trifásica es más eficiente desde el punto de vista energético. Las fábricas utilizan motores trifásicos porque también son más eficientes que los sistemas monofásicos.

La fotografía muestra un motor de inducción trifásico

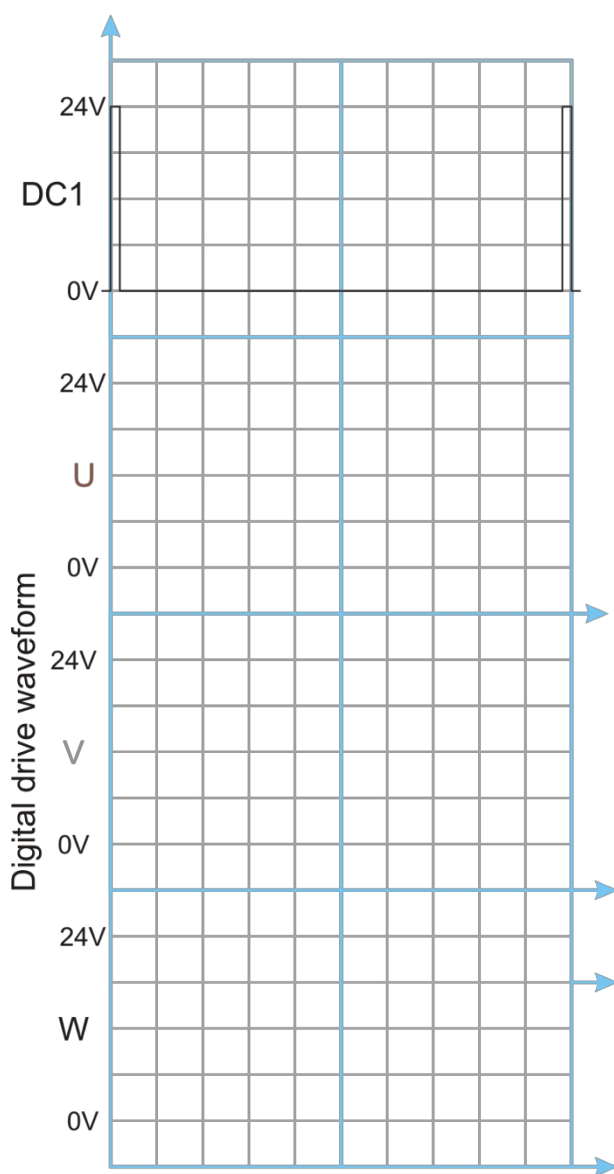


### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción trifásico como se muestra en el diagrama anterior. Como en este ejercicio sólo se estudian las señales de la unidad generadora crea, no es necesario conectar el motor trifásico a la alimentación.
- 2) Conecta tres resistencias de 10kΩ como cargas entre U, V, W y 0V.
- 3) En su PC ejecute 'Open Control\_3Phase.bat'.
- 4) Pulsa 'Play' y pon el software en modo digital pulsando el botón 'Sine'. Esto cambia la forma de onda de pseudo-seno, estructurada con PWM a una forma de onda digital simple donde U, V y W son ondas cuadradas desplazadas 120 grados. Ajuste la frecuencia de salida a 50 Hz y pulse "Ejecutar".
- 5) Dispone un osciloscopio en la salida DC1. En el segundo canal visualiza la salida U.
- 6) Haz un croquis de las formas de onda de las señales U, V y W, en relación con la forma de onda de temporización en DC1.

# Ficha 17

## Estrategias de accionamiento de motores trifásicos



### ¿Y qué?

Observe que estos impulsos tienen una separación de  $120^\circ$ . Juntos, constituyen la forma de onda trifásica básica.

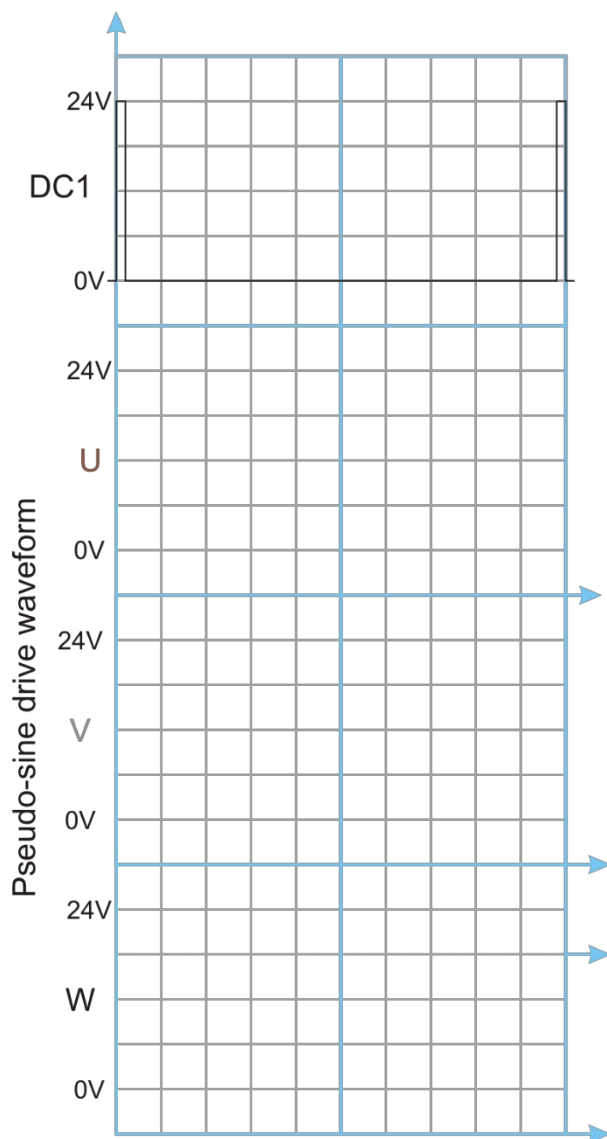
Deberías observar que cada forma de onda pasa algún tiempo a 0V, algún tiempo a 24V y algún tiempo intermedio, alrededor de un voltio más o menos. Lo que estás viendo son las tres etapas de accionamiento de cada salida: forzada a 0V, forzada a +24V y circuito abierto. En esta última etapa, el voltaje no lo dicta la fuente de alimentación, sino el resto del circuito.

# Ficha 17

## Estrategias de accionamiento de motores trifásicos

### Te toca a ti:

- 1) Todavía con las cargas resistivas de  $10k\Omega$  en su lugar, cambia la forma de onda de accionamiento a pseudo sinusoidal a 50Hz.
- 4) Una vez más, esboza las formas de onda de las señales U, V y W , relativas a la forma de onda de temporización en DC1.



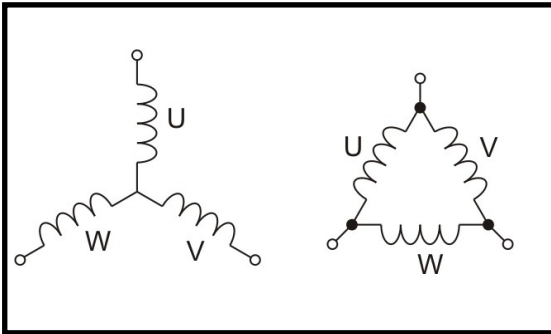
### ¿Y qué?

Ahora puede ver las formas de onda que componen el accionamiento trifásico. En realidad, hay seis pasos distintos. De ahí que a menudo se denomine "sistema de accionamiento de motor trifásico de seis pasos".

Algunos sistemas trifásicos de control de velocidad utilizan simples ondas cuadradas para accionar los motores. Sin embargo, las pseudo-onda sinusoidal que ha examinado es mucho más eficiente.

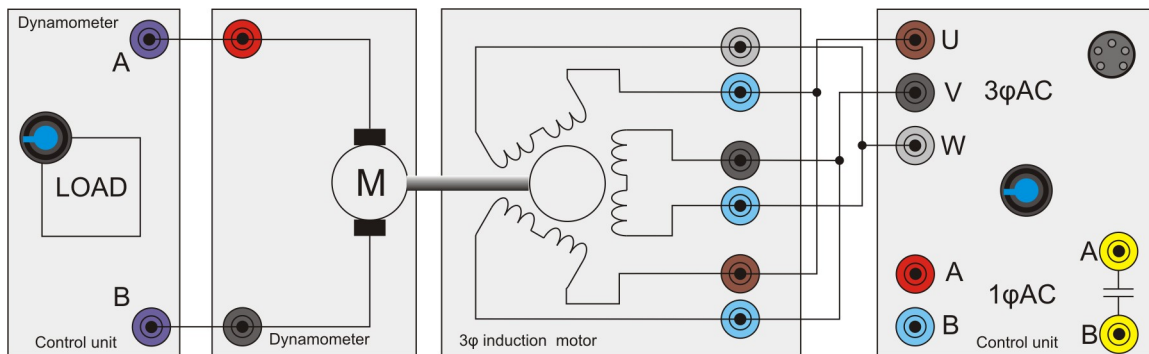
# Ficha 18

## Configuración Delta



Los motores de inducción pueden utilizarse en configuración "estrella" o "triángulo". Esta terminología sólo se refiere a la forma en que los vientos están conectados a la alimentación. La conexión en triángulo suele utilizarse cuando se necesita una mayor corriente o potencia.

La imagen muestra las conexiones de cableado de estrella y delta.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción trifásico como se muestra en el diagrama anterior.
- 2) En su PC, cargue 'Open Log\_3phase.bat'.
- 3) Reduzca la tensión de salida a 12V utilizando el deslizador. En la configuración Delta, la resistencia de los bobinados a la fuente de alimentación es mucho menor y la caja de control se disparará si consume demasiada corriente.
- 4) Con una frecuencia de salida de 50 Hz, ejecute el programa y realice una serie automática de lecturas en un rango de cargas del dinamómetro.
- 4) Repita esta operación para las frecuencias de salida de 60, 70, 80, 90, 100 Hz.

5) Si puede trazar todas las líneas de salida en el mismo gráfico.

6) En la página siguiente, esboza los resultados .

¿Cómo se cambia el sentido de giro?

---

---

---

---

---

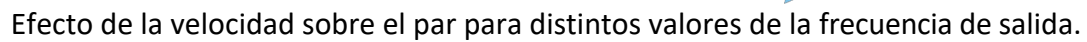
---

---

---

---

---



¿Qué puede decir sobre la potencia consumida y el par de las configuraciones en estrella y en triángulo?

[illegible]

# Ficha 19

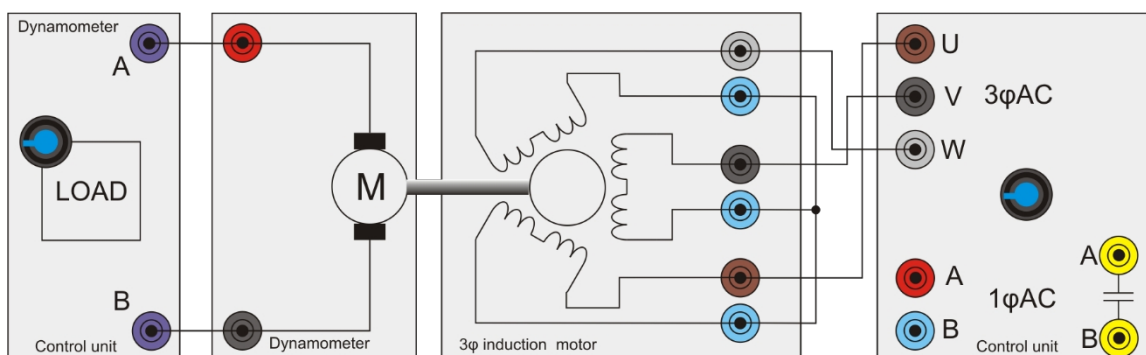
## Comprender el deslizamiento



Aunque los motores de inducción pueden variar en tamaño, todas sus características son similares.

Los motores más grandes pueden ser muy caros. Cuando fallan, se reacondicionan a mano, una tarea especializada.

En la fotografía, un ingeniero está rebobinando un motor de inducción.



### Te toca a ti:

- 1) Configure el motor de inducción trifásico como se muestra en el diagrama anterior.
- 2) En su PC ejecute 'Open Control\_3Phase.bat'.
- 3) Calcular la velocidad síncrona de los tres -utilizando la fórmula de la sección "Relaciones clave".  
(Consulte los planos de sección transversal en la sección "Referencia" para ver cuántos polos tiene este motor).
- 4) Sin carga en el dinamómetro, para frecuencias de accionamiento de 40 Hz, 50 Hz, 60 Hz, 70 Hz y 80 Hz, calcule el deslizamiento a cada frecuencia. Anote los resultados en la tabla de al lado.
- 5) Ajuste la frecuencia de transmisión a 50 Hz. Aumente la carga del dinamómetro al 50%, luego al 75%, luego al 90% y finalmente a plena carga. Calcule el deslizamiento en cada paso. Anota los resultados en la tabla.

| Accionamiento del motor 3p | Velocidad | Resbalón |
|----------------------------|-----------|----------|
| 40 Hz                      |           |          |
| 50 Hz                      |           |          |
| 60 Hz                      |           |          |
| 70 Hz                      |           |          |
| 80 Hz                      |           |          |

| Carga en banco de potencia | Velocidad | Resbalón |
|----------------------------|-----------|----------|
| 0%                         |           |          |
| 50%                        |           |          |
| 75%                        |           |          |
| 90%                        |           |          |
| completo                   |           |          |

# Ficha 19

## Comprender el deslizamiento

| Accionamiento del motor 3p | Velocidad | Resbalón |
|----------------------------|-----------|----------|
| 40 Hz                      |           |          |
| 50 Hz                      |           |          |
| 60 Hz                      |           |          |
| 70 Hz                      |           |          |
| 80 Hz                      |           |          |

Deslizamiento frente a frecuencia de accionamiento - sin carga

| Carga en banco de potencia | Velocidad | Resbalón |
|----------------------------|-----------|----------|
| 0%                         |           |          |
| 50%                        |           |          |
| 75%                        |           |          |
| 90%                        |           |          |
| completo                   |           |          |

Deslizamiento en función de la carga  
- frecuencia de accionamiento = 50%.

## Comprender el deslizamiento



Explique estas lecturas.

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

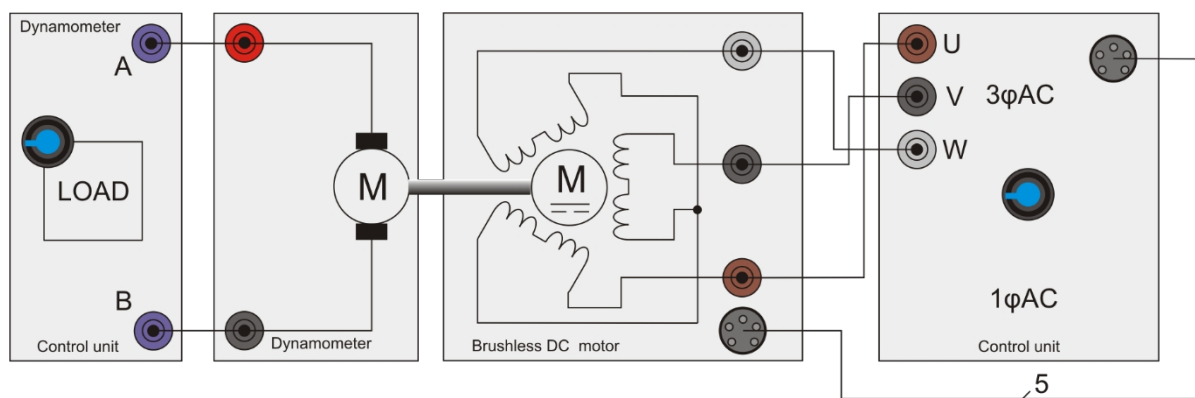
# Ficha 20

## Motor de corriente continua sin escobillas



Los motores de corriente continua sin escobillas tienen una gran relación potencia/peso, lo que los hace útiles en aplicaciones sensibles al peso, como los drones.

Su construcción significa que necesitan que se ponga en marcha a baja velocidad y luego se acelere hasta alcanzar la velocidad máxima.



### Te toca a ti:

- 1) Coloca el motor sin escobillas, como se muestra en el diagrama anterior. No olvides conectar el motor de corriente continua sin escobillas a la unidad de control con el cable de 5 patillas.
- 2) En su PC cargue 'Open Log\_3phase.bat'.
- 3) Con la frecuencia inicial fijada en 40 Hz, ejecuta el programa para obtener un conjunto de lecturas.
- 4) Repita este paso para las frecuencias de accionamiento de 50, 60, 70 y 80 Hz.
- 5) En la página siguiente, esboza los resultados.

Descubra por qué un motor de corriente continua sin escobillas se alimenta con corriente alterna trifásica.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

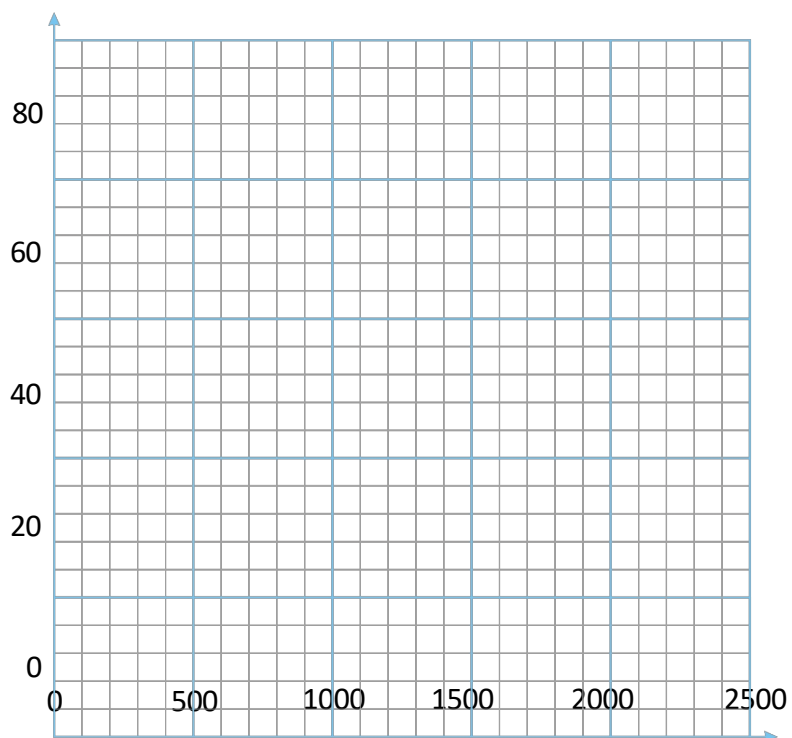
---

---

# Ficha 20

Motor de corriente  
continua sin escobillas

Par (mNm) 100



Velocidad (rpm)

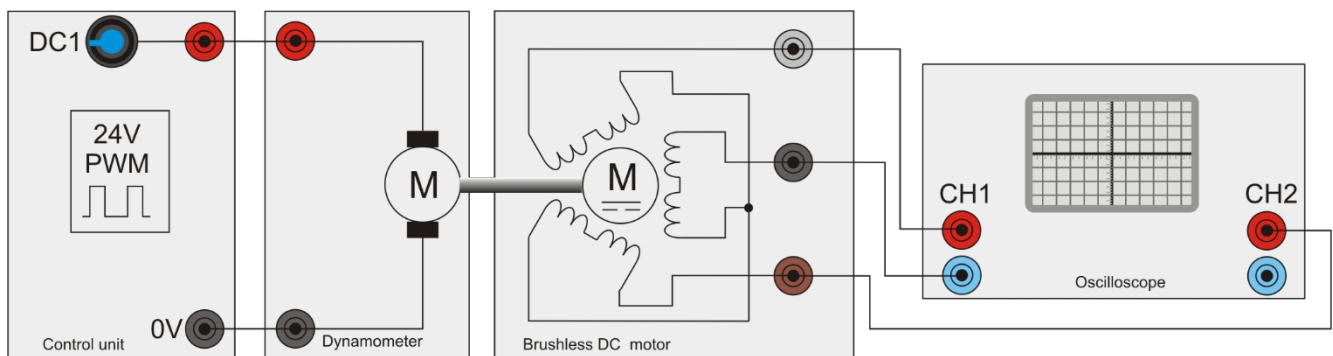
Efecto de la velocidad sobre el par para distintos valores de la frecuencia de salida.

# Ficha 21

## Generador trifásico



Vemos pequeñas turbinas eólicas por todas partes. La eficiencia de la trifásica sobre la monofásica significa que incluso los pequeños generadores eólicos utilizan máquinas trifásicas para generar electricidad.



**No utilice un osciloscopio basado en PC.**

En este experimento, el motor de corriente continua sin escobillas actúa como generador trifásico. Es mecánicamente conectado al dinamómetro y accionado por éste, que se alimenta con una tensión continua.

### Te toca a ti:

- 1) Coloca el motor sin escobillas como se muestra en el diagrama anterior.
- 2) En su PC cargue 'Open Control\_DC.bat'.
- 3) Establece un ciclo de trabajo del 40% en la salida DC1.
- 4) Pulse el botón "EJECUTAR" del software.
- 5) Varía la salida de CC del 40% al 100% en pasos del 10%.
- 6) Anote la tensión de salida pico a pico del motor sin escobillas y rellene la tabla de la página siguiente.
- 7) Dibuja la forma de onda trifásica en la página siguiente.
- 8) ¿Cómo se relaciona la forma de onda con las RPM del motor?

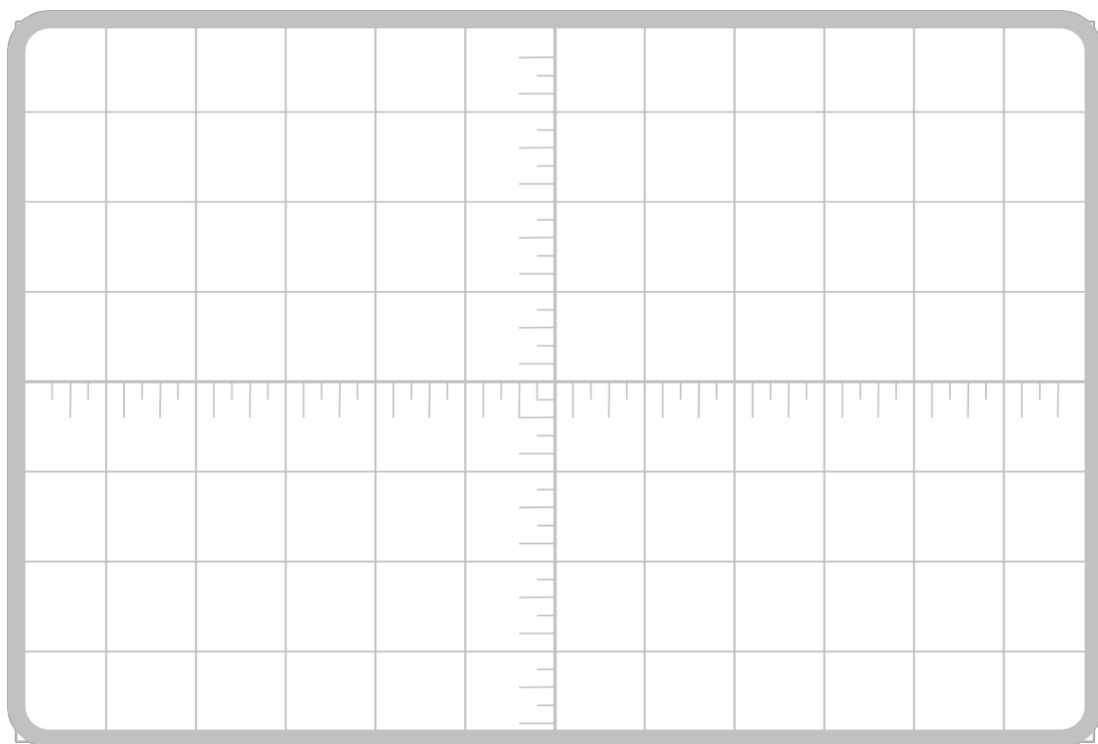
¿Y qué?

Lo mejor del motor sin escobillas es su reducido tamaño y el hecho de que no tiene escobillas para facilitar el mantenimiento.

| Accionamiento del motor 3p | Velocidad rpm | Vout pk-to-pk |
|----------------------------|---------------|---------------|
| 40%                        |               |               |
| 50%                        |               |               |
| 60%                        |               |               |
| 70%                        |               |               |
| 80%                        |               |               |
| 90%                        |               |               |
| 100%                       |               |               |

# Ficha 21

## Generador trifásico



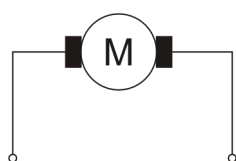
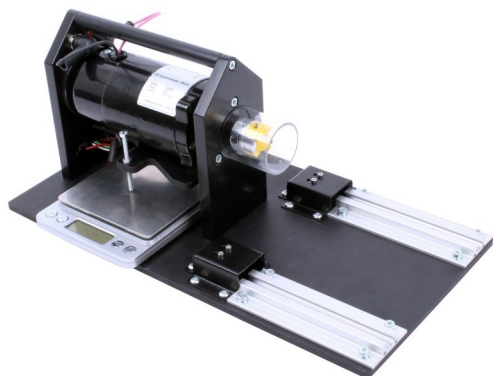
### Te toca a ti:

Utiliza las herramientas disponibles para investigar la eficiencia del motor sin escobillas y compárala con la de el motor de corriente continua.

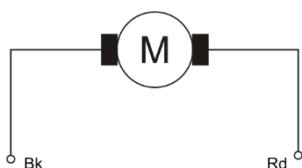
# Máquina información

# Referencia

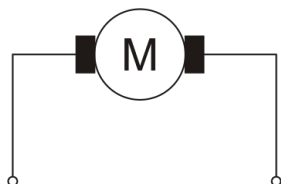
## El dinamómetro



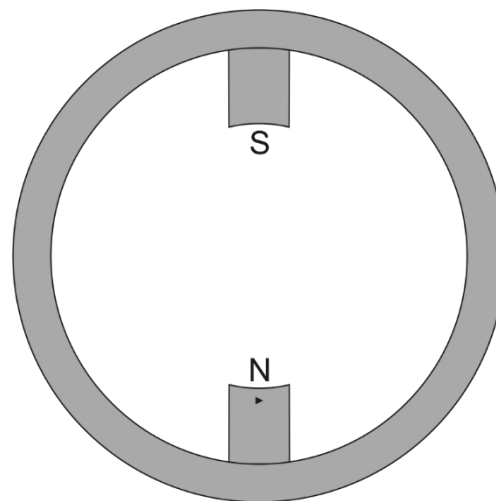
**Símbolo  
convencional**



**Circuito actual**



**Circuito en uso**



**Circuito de bobinado del  
estator**

Conexión

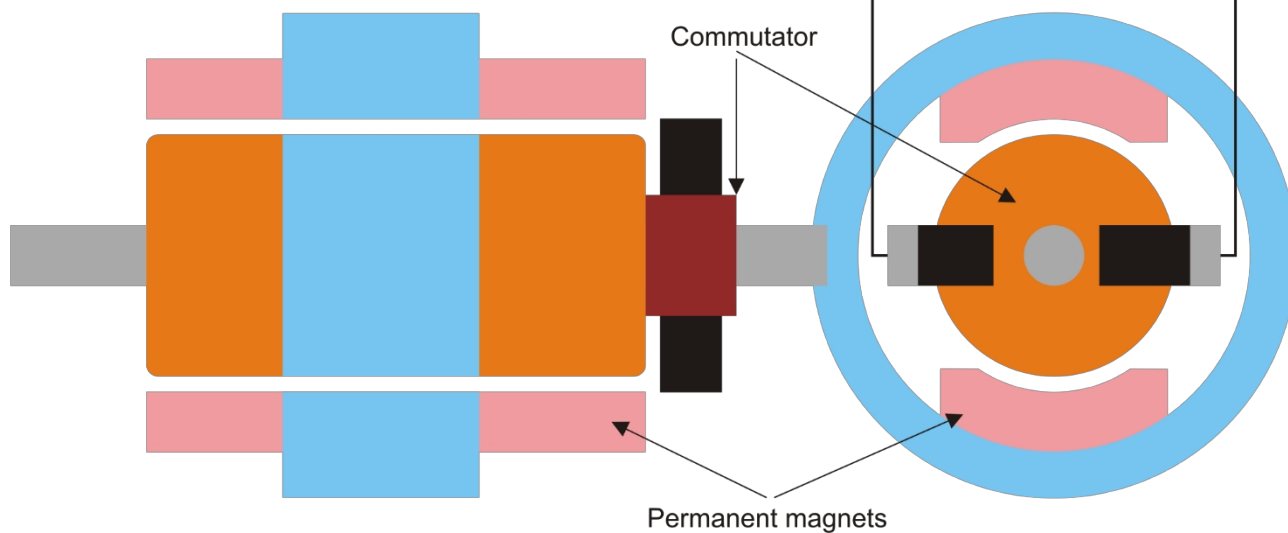
V+

V-

Color

Rojo

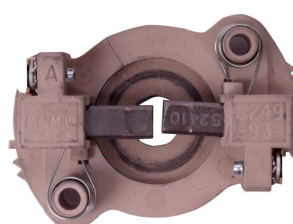
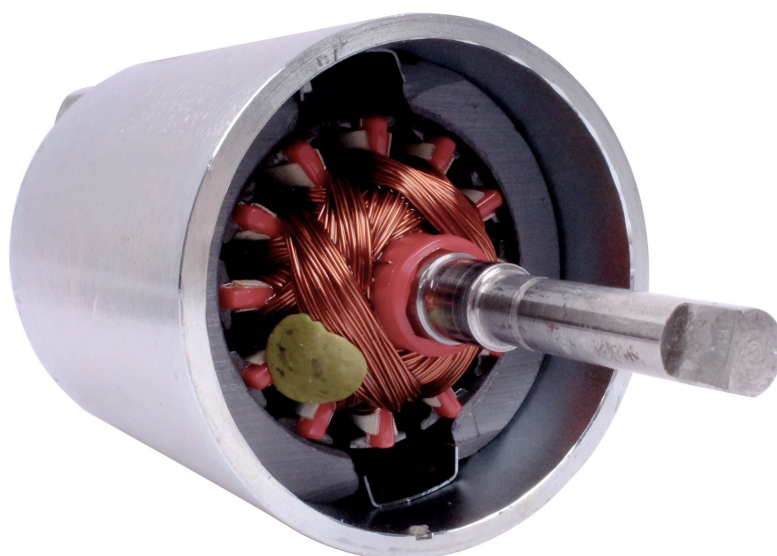
Negro



**Construcción**

# Referencia

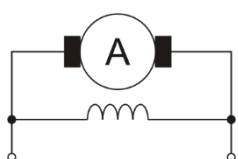
El dinamómetro



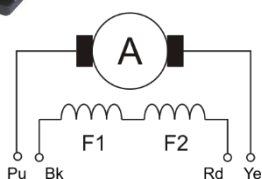
# Referenci

a

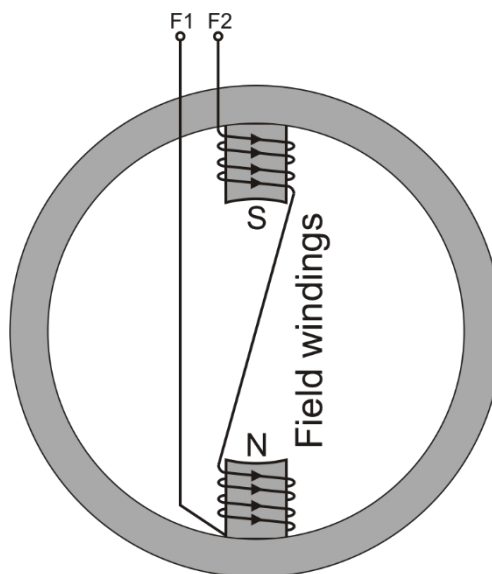
El motor de derivación



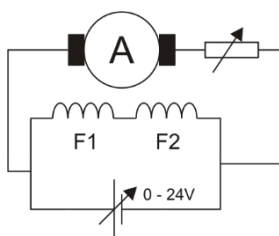
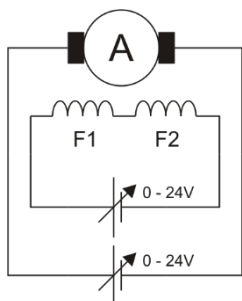
**Convencional  
símbolo**



**Circuito  
actual**



**Circuito de bobinado del  
estator**



**Circuito en uso**

Conexión

Color

Armadura

Morado  
o

Armadura

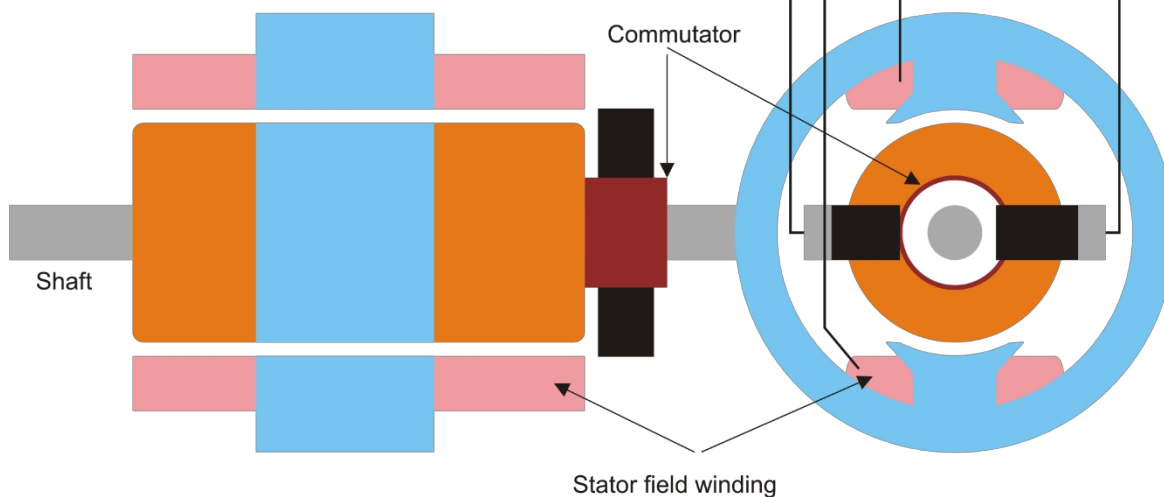
Amarillo  
o

Bobina de campo

Negro

Bobina de campo

Rojo



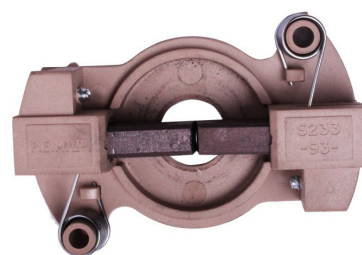
**Construcción**

# Referenci

a

El motor de derivación

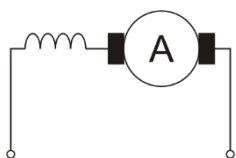
**MATRIX** | ELECTRICAL  
MACHINES



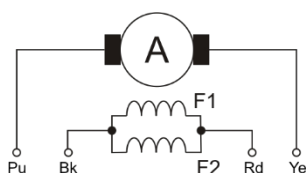
# Referenci

a

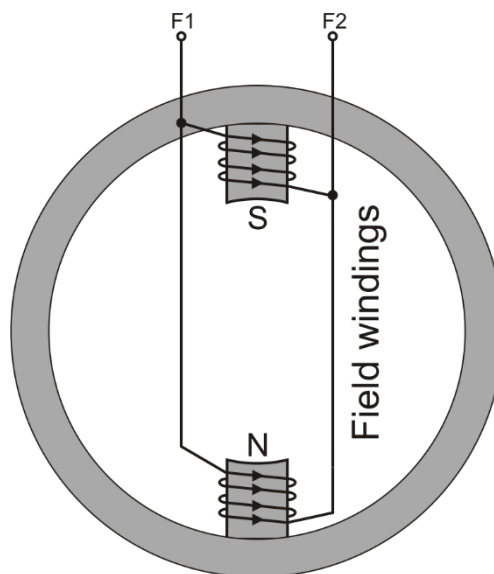
El motor de serie



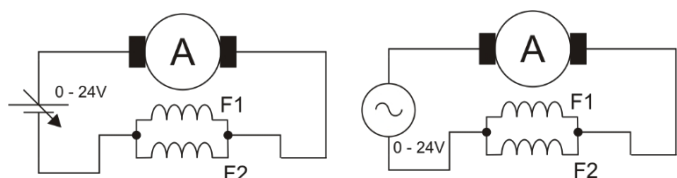
**Convencional  
símbolo**



**Circuito actual**

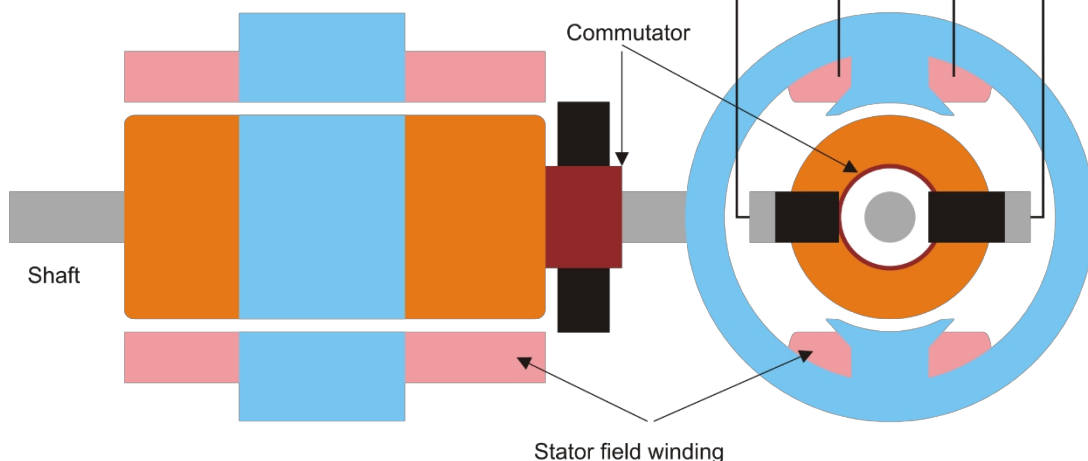


**Circuito de bobinado del  
estator**



**Circuito en uso**

| Conexión        | Color        |
|-----------------|--------------|
| Armadura        | Morad<br>o   |
| Armadura        | Amarill<br>o |
| Bobina de campo | Negro        |
| Bobina de campo | Rojo         |

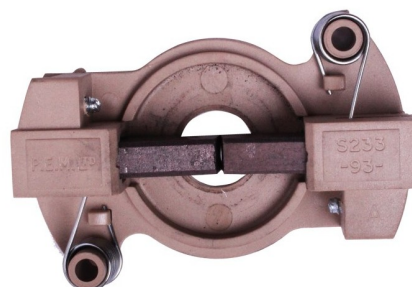
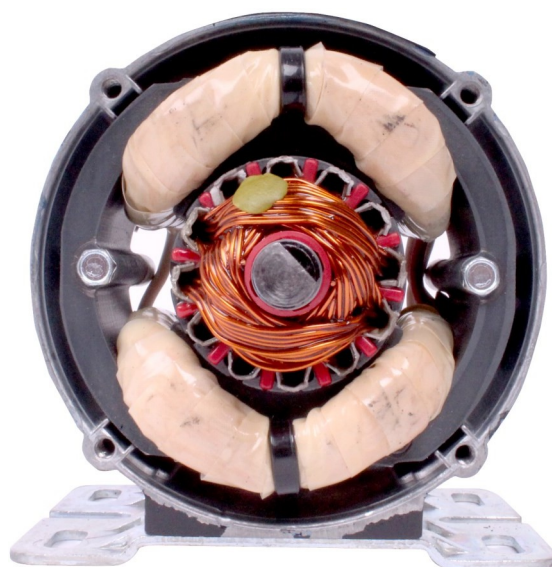


**Construcción**

# Referenci

a

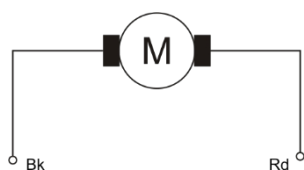
El motor de serie



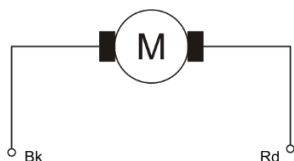
# Referenci

a

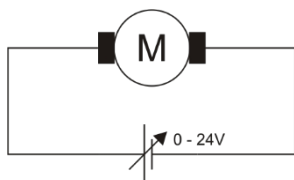
El motor de corriente continua



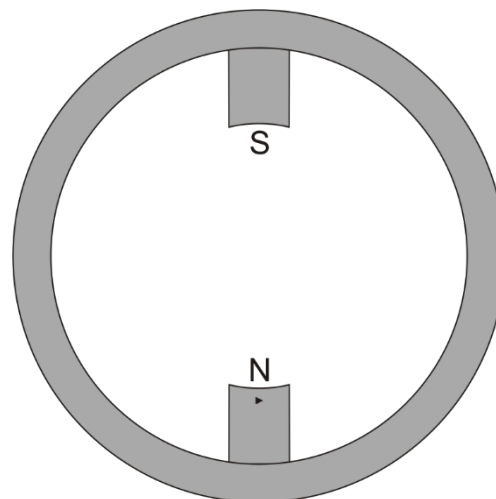
**Símbolo convencional**



**Circuito actual**



**Circuito en uso**



**Circuito de bobinado del estator**

Conexión

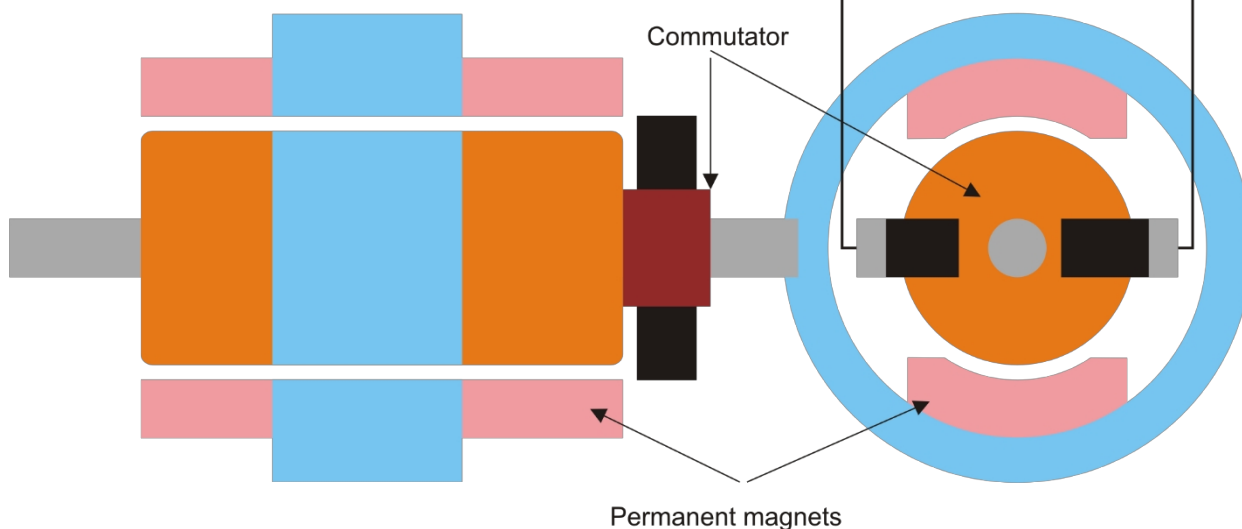
V+

V-

Color

Rojo

Negro

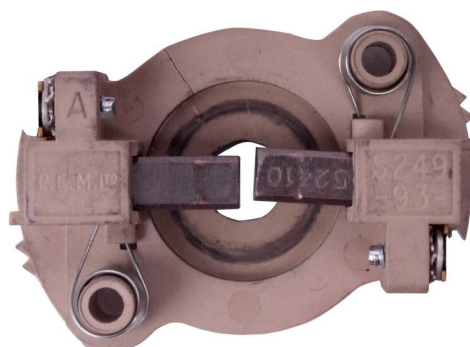
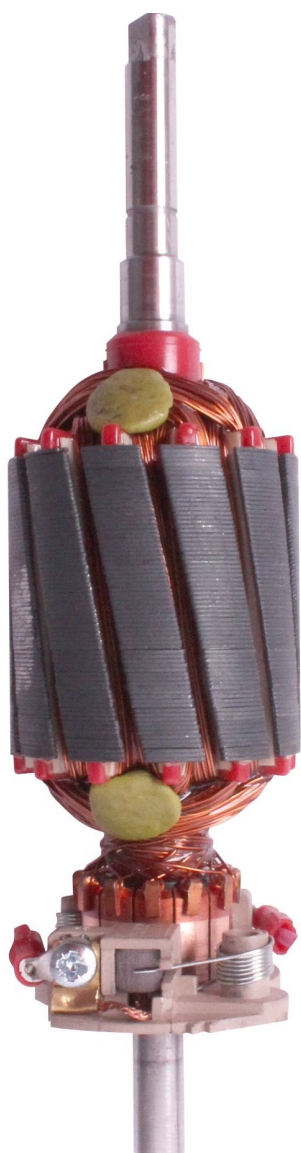
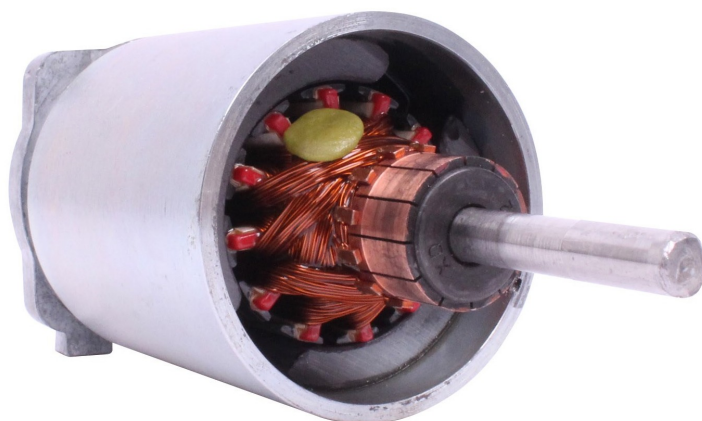


**Construcción**

# Referenci

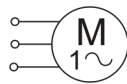
a

El motor de  
corriente  
continua

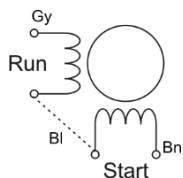


# Referencia

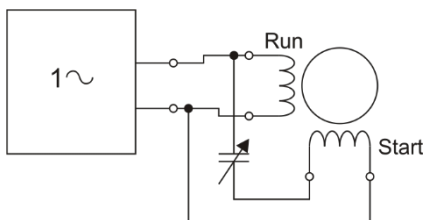
El motor monofásico de inducción de CA



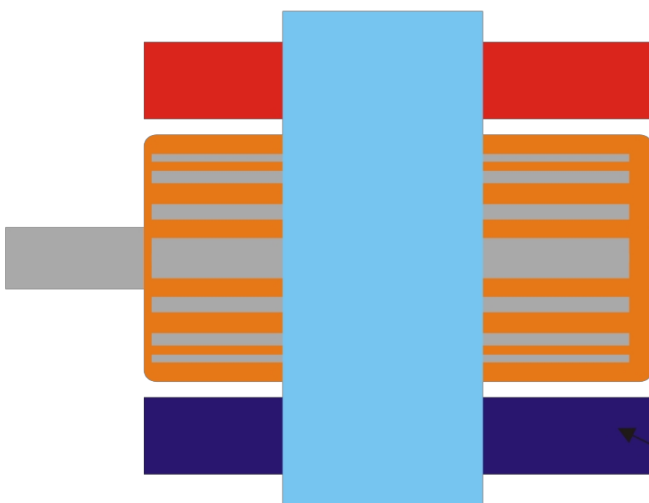
**Símbolo convencional**



**Circuito actual**

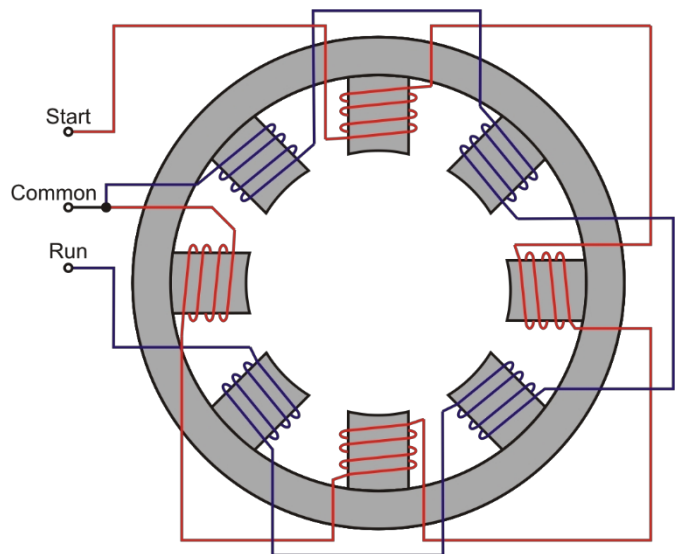


**Circuito en uso**



Stator field winding

**Construcción**



**Circuito de bobinado del estator**

Conexión

Ejecutar

Inicio

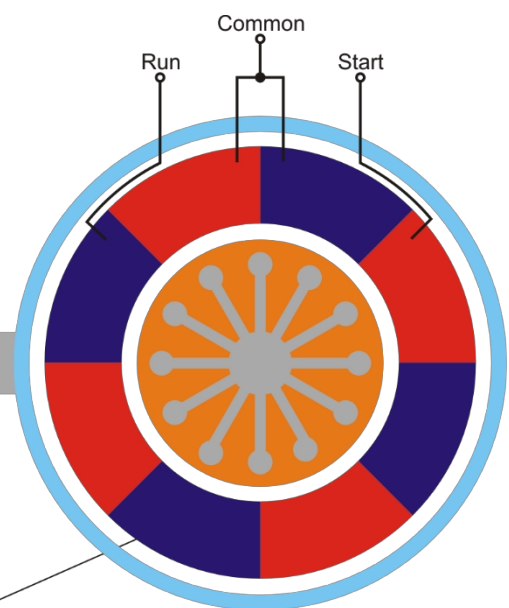
Común

Color

Gris

Marrón

Azul



# Referencia

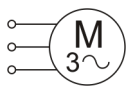
El motor monofásico de inducción de  
CA

**MATRIX** | ELECTRICAL  
MACHINES

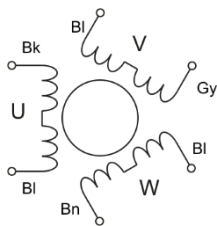


# Referencia

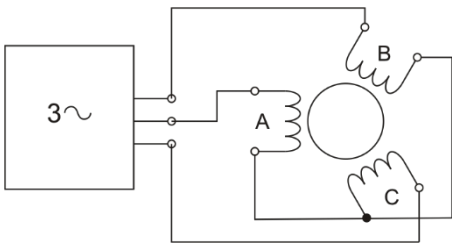
El motor trifásico de inducción de CA



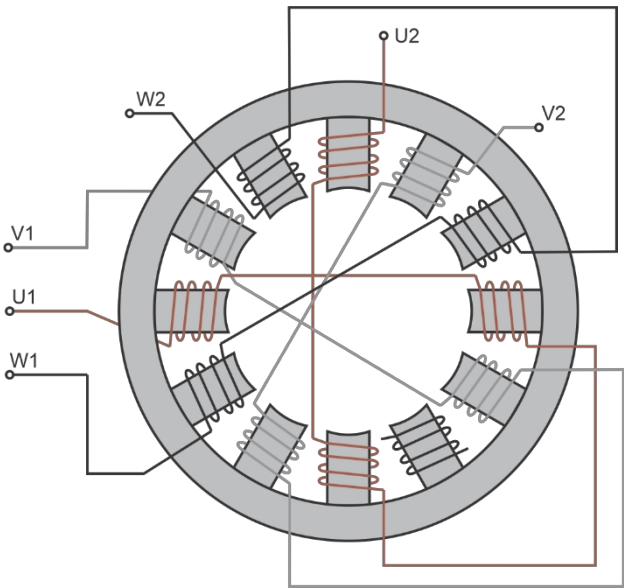
**Símbolo convencional**



**Circuito actual**

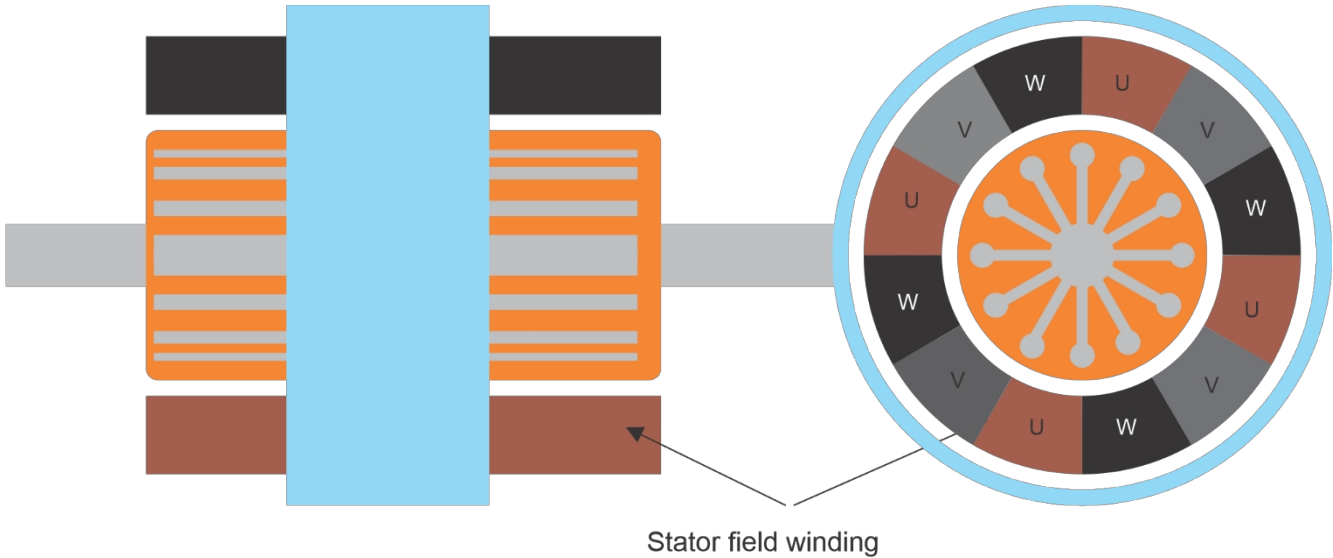


**Circuito**



**Circuito de bobinado del estator - 2 pares de polos**

| Conexión | Color  |
|----------|--------|
| Fase U1  | Negro  |
| Fase U2  | Azul   |
| Fase V1  | Gris   |
| Fase V2  | Azul   |
| Fase W1  | Marrón |
| Fase W2  | Azul   |

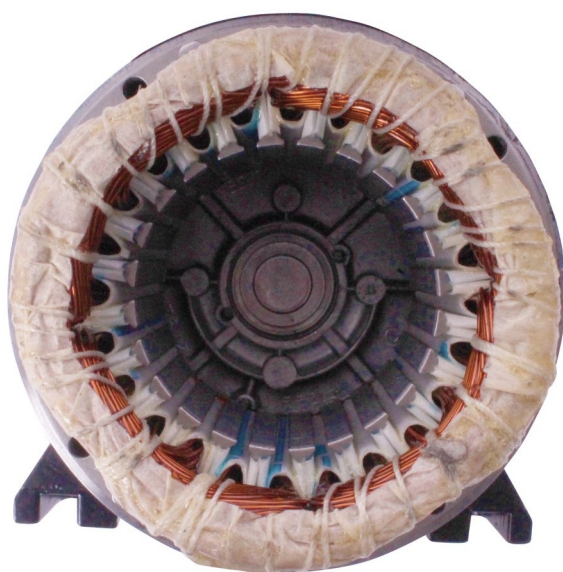
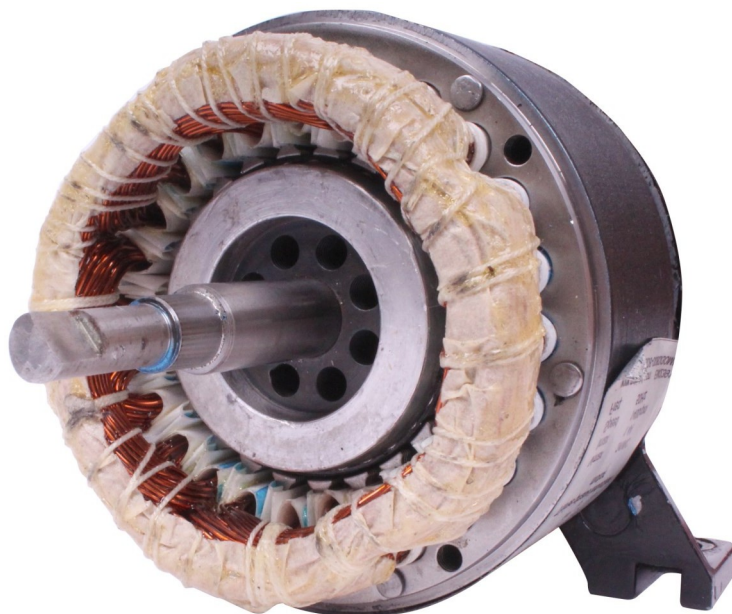


**Construcción**

# Referencia

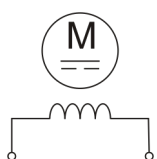
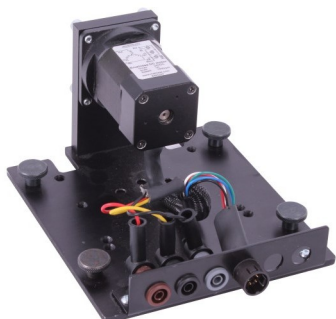
El motor trifásico de inducción de  
CA

**MATRIX** | ELECTRICAL  
MACHINES

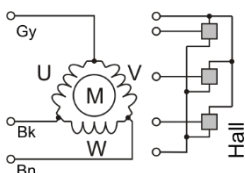


# Referencia

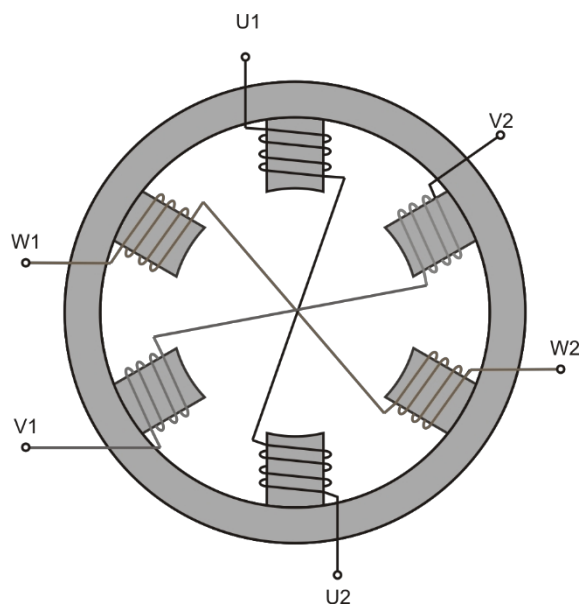
El motor de corriente continua sin escobillas



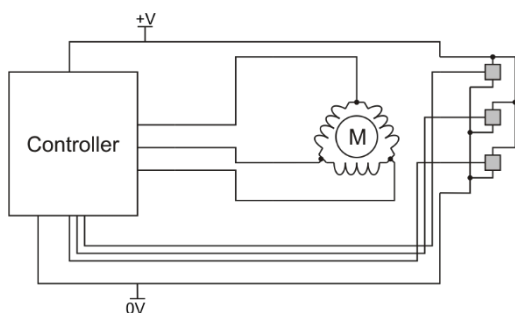
**Convencional  
símbolo**



**Circuito  
actual**



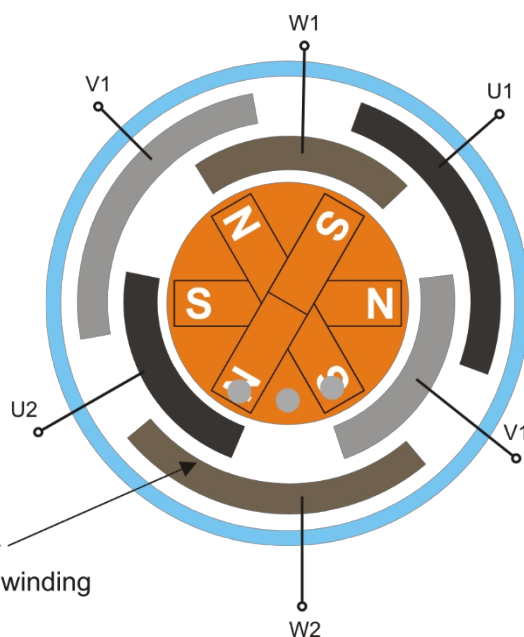
**Circuito de bobinado del  
estator**



**Circuito en uso**

Conexión  
Fase U  
Fase V  
Fase W

Color  
Negro  
Gris  
Marrón  
n

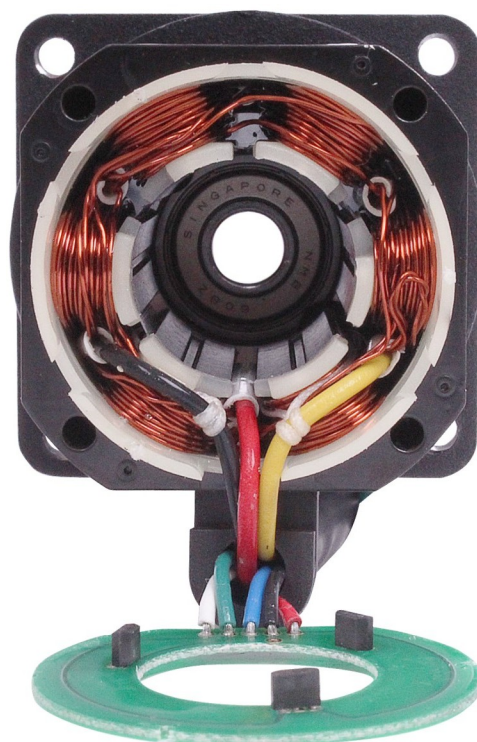
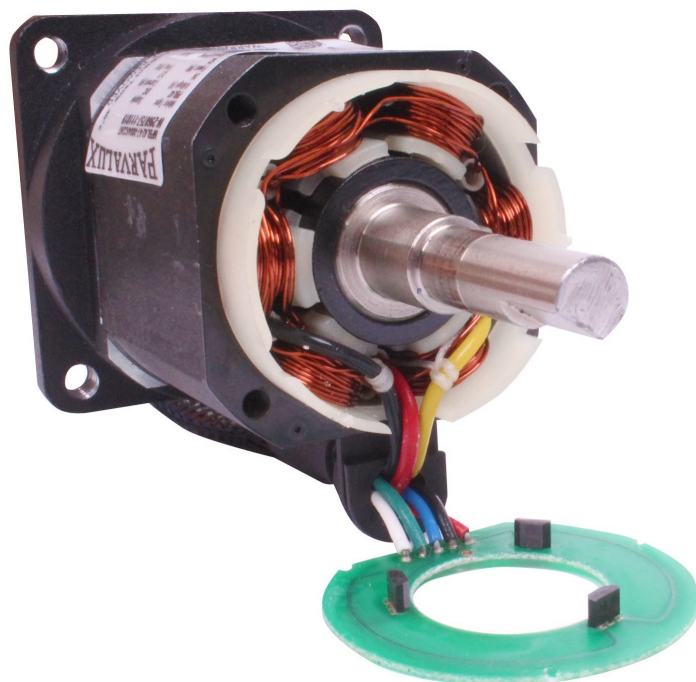


**Construcción**

# Referencia

El motor de corriente  
continua sin escobillas

**MATRIX** | ELECTRICAL  
MACHINES



# Paquete información

## Comprender el sistema



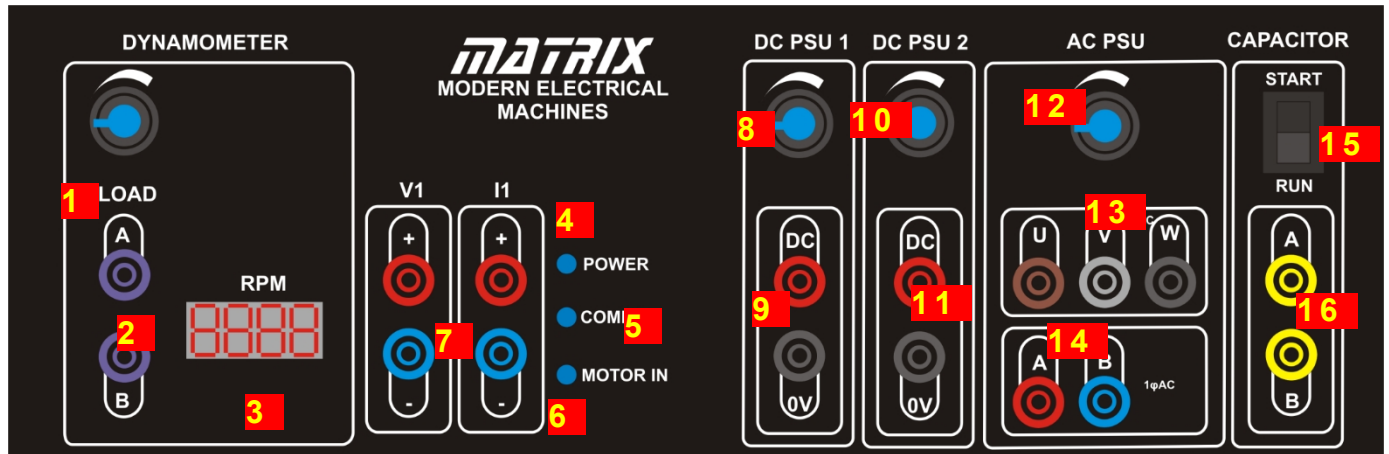
El sistema consta de una serie de máquinas eléctricas de 24 V, una unidad de control, aplicaciones de software para controlar la unidad de control y un conjunto de componentes.

hojas de trabajo. La fotografía de arriba muestra estas partes. Son:

- 1) El dinamómetro y el soporte que se conectan a la unidad de control mediante un cable tipo D de 25 vías.
- 2) Saldo
- 3) Motor sometido a prueba - en este caso un motor bobinado en derivación
- 4) La unidad de control que se conecta a un PC mediante un cable USB.
- 5) Un motor bobinado en serie
- 6) Motor monofásico de inducción de CA
- 7) Motor de corriente continua sin escobillas
- 8) Motor CC
- 9) Motor trifásico de inducción de CA
- 10) La aplicación informática que se ejecuta en un PC

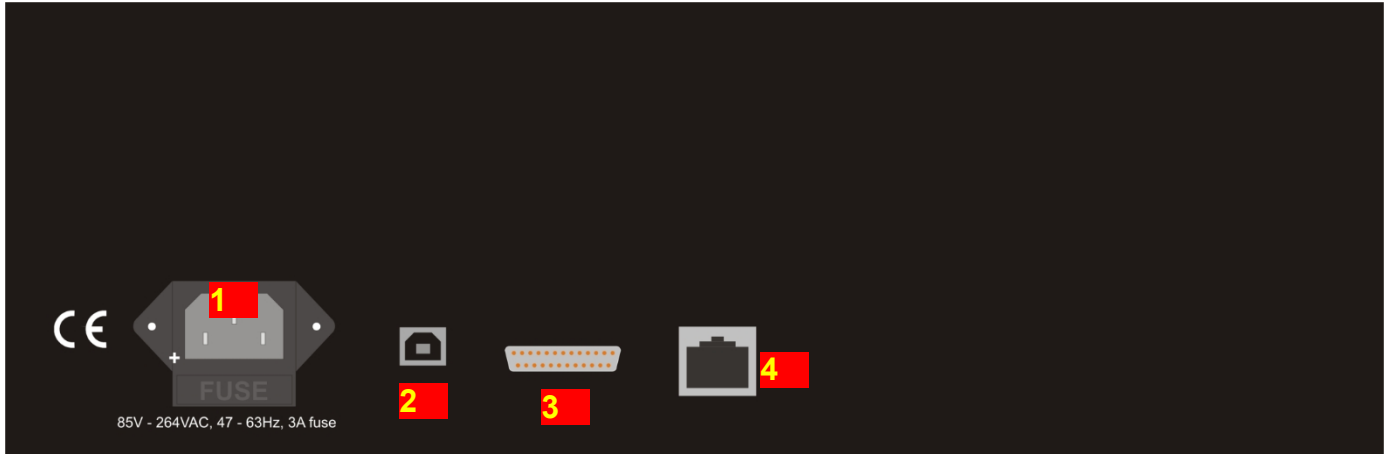
## Comprender la unidad de control

**Nota: los controles manuales se anulan en cuanto la unidad se conecta a un ordenador.**



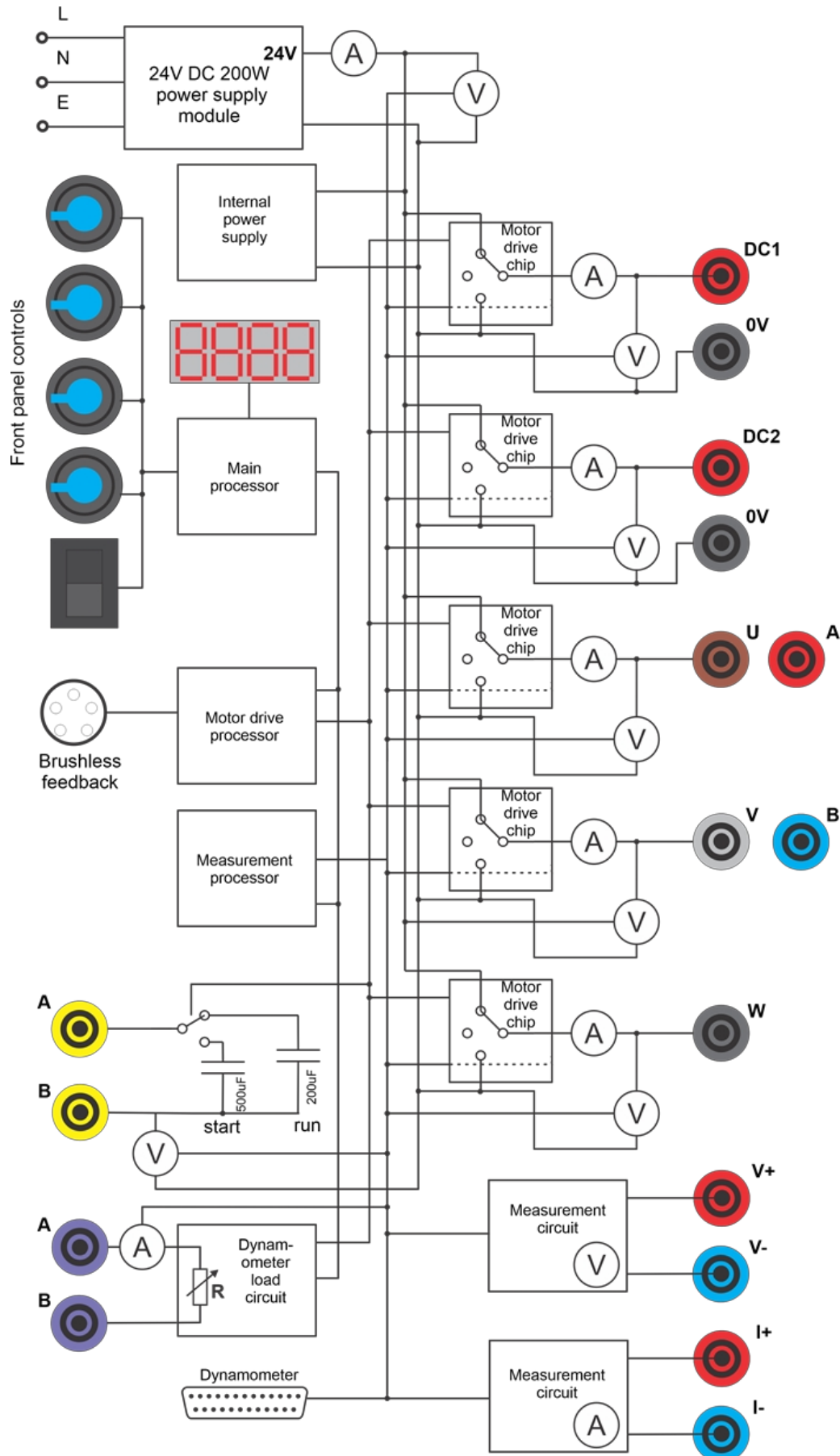
- 1) La resistencia del dinamómetro: se utiliza para controlar la resistencia efectiva colocada a través del dinamómetro: una resistencia eléctrica baja significa una gran resistencia mecánica, y una resistencia eléctrica alta significa baja resistencia mecánica
- 2) Las conexiones del dinamómetro
- 3) La velocidad del motor en revoluciones por minuto - RPM.
- 4) El LED de encendido que muestra el control unidad está encendida.
- 5) El LED COMMS que se enciende cuando el software del PC tiene comunicación con la unidad de control.
- 6) El LED 'Motor In' que indica que una máquina está físicamente conectada al dinamómetro.
- 7) El amperímetro y el voltímetro internos conexiones
- 8) Control de la salida de alimentación DC 1.
- 9) Las conexiones DC 1.
- 10) Control de la salida de alimentación DC 2.
- 11) Las conexiones DC2.
- 12) Control de la frecuencia de CA
- 13) Las conexiones de alimentación trifásica
- 14) Las conexiones de alimentación monofásica
- 15) El selector de modo del condensador: controla el valor interno del condensador conectado a los terminales A y B. Existen dos valores: START, RUN.
- 16) Terminales de capacitancia variable.

## Comprender la unidad de control



- 1) El enchufe de entrada de red: la unidad admite 240 V o 110 V.
- 2) El conector USB
- 3) Un conector tipo D de 25 vías que se utiliza para conectar la unidad de control al Dyna- mometer.
- 4) Toma RJ45 de conexión LAN/Internet.

## Esquema de la unidad de control



## Descripción de la unidad de control

Consulte el diagrama de bloques de la página anterior.

La unidad de control suministrada con el sistema Matrix Modern Electrical Machines es una de las más actualizadas del mundo. Dentro de la unidad hay tres procesadores separados: un procesador principal que se encarga de todas las tareas de interfaz de usuario y comunicación, un procesador de accionamiento del motor que se encarga de todas las tareas de alta corriente, y se ocupa de todos los sistemas de forma de onda y temporización, y un procesador de medición. Estos tres procesadores utilizan buses para comunicarse entre ellos y entre los diferentes circuitos electrónicos de la unidad.

Una característica clave de la unidad de control es que casi es posible medir todas las magnitudes de la unidad. En el esquema se puede ver que hay 16 amperímetros y voltímetros separados en el sistema. Esto proporciona al software de instrumentación y al usuario muchas opciones a la hora de visualizar lo que ocurre en un sistema de máquinas eléctricas. La medición de cada magnitud tiene lugar miles de veces por segundo y pueden ser procesados por aplicaciones de software de PC para mostrar una cantidad o una forma de onda.

Los chips de accionamiento del motor son todos unidades basadas en FET de baja caída de tensión. Como se puede ver en el esquema, todas las salidas son digitales de 24V. Se utilizan algoritmos simples de modulación por ancho de pulso para variar la potencia de salida efectiva en las salidas de CC. En las salidas de CA se utiliza de nuevo la modulación por ancho de pulsos, pero con un algoritmo más avanzado de pseudo-seno con tercera onda armónica que varía la potencia de salida sinusoidalmente a lo largo del periodo de la forma de onda de salida. Esta técnica es la que utilizan los controladores de motor más avanzados de la industria. Los sistemas de controladores de motor más antiguos, y quizás más baratos, utilizan a veces una forma de onda de salida digital simple para controlar el motor.

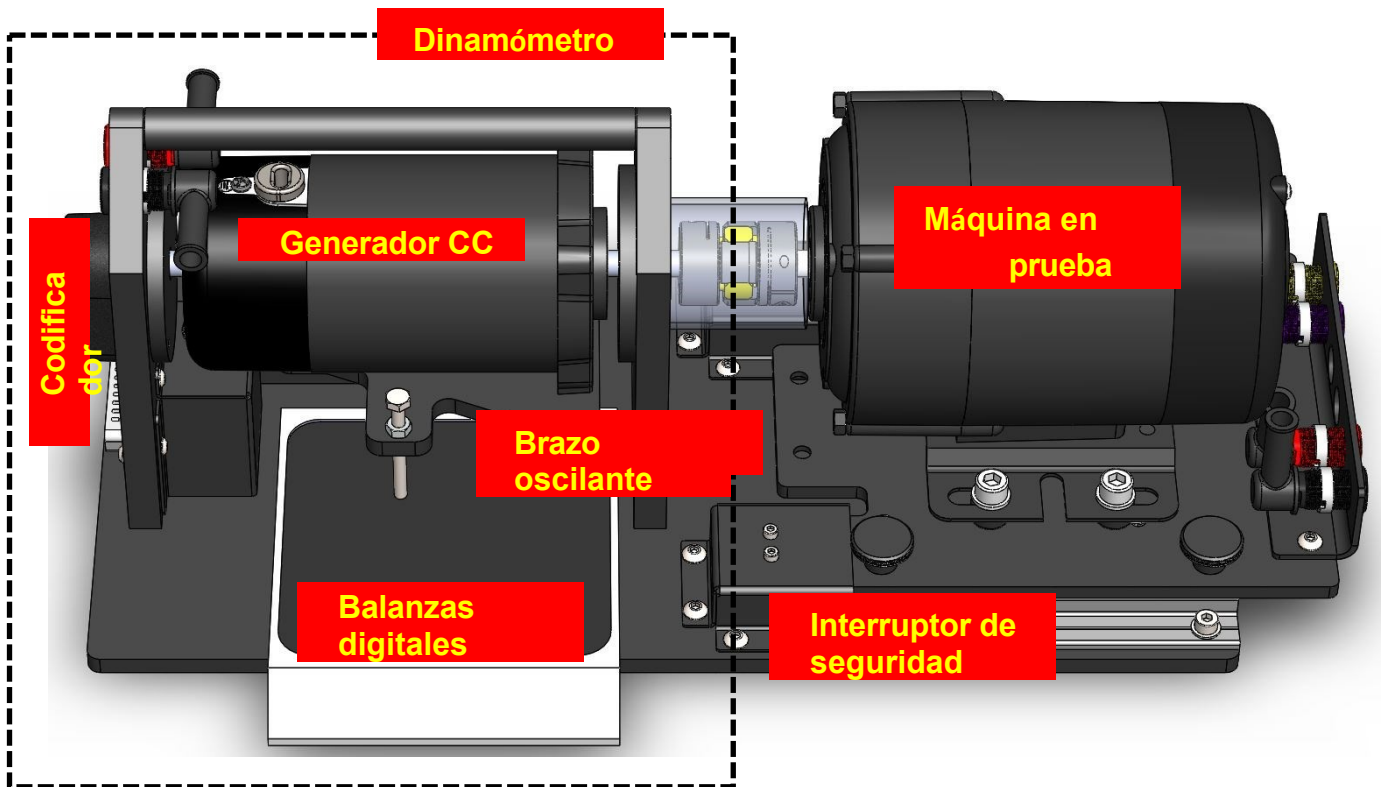
motores de inducción trifásicos en los que las tres salidas son simplemente salidas digitales desfasadas 120 grados. Esta salida digital también está disponible en algunas aplicaciones de software suministradas con el sistema para que los estudiantes puedan investigar la eficacia de cada método.

Las salidas del chip controlador del motor pueden colocarse en uno de estos tres estados: 24V, 0V y circuito abierto. Este aldea diferentes estrategias de accionamiento al generar formas de onda para accionar motores. Como parte del paquete de aprendizaje, los estudiantes investigan PWM para accionar motores de CC y ondas pseudosinusoidales para accionar motores de CA monofásicos. La unidad también realiza una generación más compleja de ondas pseudo-sinusoidales de seis pasos para accionar el motor trifásico y esto se puede comprobar con el osciloscopio multicanal interno, así como con un osciloscopio externo. Para facilitar esta tarea, en el modo CA se emite un pequeño impulso en la salida DC1 que permite disparar un osciloscopio externo para capturar las distintas formas de onda.

Tenga en cuenta que la mayoría de los amperímetros y voltímetros internos se encuentran en la placa del Driver de la unidad. El amperímetro y el voltímetro situados en la parte superior del bloque supervisan la alimentación de la tarjeta controladora y se muestran en las aplicaciones.

La unidad incluye dos valores de condensador con un relé simple para la investigación de arranque / marcha para motores de inducción monofásicos. La unidad también incluye una carga basada en FET para el dinamómetro cuya resistencia efectiva es controlado por software.

## Comprender el dinamómetro



Un dinamómetro es un instrumento que mide directamente la fuerza producida y la velocidad de una máquina giratoria (la fuerza motriz). El par y la potencia pueden calcularse a partir de la medición.

fuerza y velocidad. En nuestro caso, la rotación mecánica es producida por uno de los motores eléctricos de corriente continua o alterna. Este dinamómetro es un dinamómetro de brazo oscilante / viga equilibrada de tipo absorción, en el que la fuerza motriz se utiliza para accionar un generador de corriente continua con una carga de resistencia variable acoplada. La fuerza resultante puede medirse de dos maneras:

- Se puede utilizar una balanza digital (en la imagen de arriba) para medir la fuerza vertical efectiva sobre la balanza, que da una lectura en kilogramos. Esta lectura puede convertirse en newtons y newtonmetros (véase más abajo). Una célula de carga (detrás del dinamómetro y no mostrada en la imagen superior) conectada a la caja de control proporciona la misma información.

mación - más o menos un tanto por ciento.

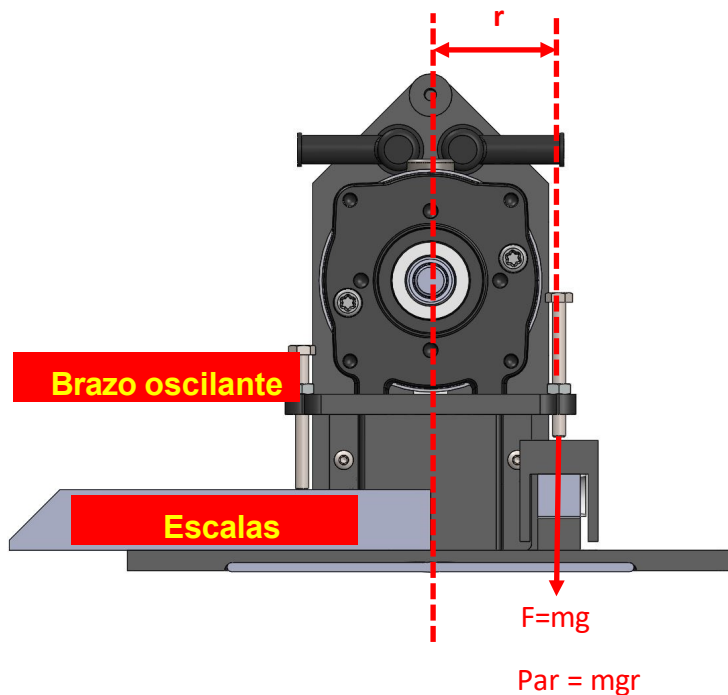
Tenga en cuenta que la rotación del dinamómetro dictará si se utiliza la balanza o la célula de carga. Control de la dirección de movimiento de cada máquina se analiza a continuación.

El codificador situado en el eje del dinamómetro permite a la unidad de control detectar la velocidad de rotación. Ésta se muestra en la unidad de control en revoluciones por minuto (rpm) y en la aplicación de software.

Las máquinas sometidas a prueba se acoplan al dinamómetro mediante un acoplamiento alojado en un tubo de plástico para evitar que la ropa y el pelo queden atrapados en el mecanismo. El dinamómetro dispone de dos microinterruptores: la unidad de control no se activará a menos que haya una máquina sometida a prueba.

# Referencia

## Medición del par



El motor debe funcionar en sentido antihorario para el modo de báscula digital

El dinamómetro gira en el mismo sentido que la máquina sometida a prueba. Proporciona una resistencia mecánica a la máquina sometida a prueba.

También genera una tensión y, si se coloca una resistencia entre los terminales del dinamómetro, produce una corriente.

Si la tensión y la corriente fluyen, se está generando potencia, es decir, se está realizando trabajo. Cuanta más potencia genere el dinamómetro, más potencia mecánica deberá generar la máquina sometida a prueba.

Probamos las máquinas eléctricas para conocer sus propiedades y saber cuándo utilizar los distintos tipos de máquinas. La forma de probarlas es

variar su velocidad y la potencia mecánica que deben generar. El dinamómetro y la unidad de

control nos permiten hacerlo.

El dinamómetro se compone de un motor de corriente continua y un soporte. El motor de CC también actúa como generador. La cuna suspende la máquina de corriente continua en dos cojinetes que permiten girar el cuerpo de la máquina. La fuerza sobre la célula de carga (o báscula digital cuando el motor funciona en sentido antihorario) crea un peso en la célula de carga o escala (que representa la masa). Si el brazo oscilante está perfectamente equilibrada y horizontal cuando está en reposo, la fuerza producida sobre la célula de carga o báscula digital es  $Fuerza = masa \times 9,81 m/s^2$ . El par puede calcularse a partir de la fórmula  $Par =$

$Fuerza \times Distancia$ . En este caso, la distancia es desde el centro de rotación del generador hasta la línea central de acción del brazo oscilante. Para el dinamómetro Matrix,  $r = 38,12 mm$ . A continuación se ofrece más información sobre los cálculos.

# Software Información

## Equipamiento: modos de uso



Los equipos de Máquinas Eléctricas Modernas pueden utilizarse de dos maneras:

### Modo manual - sin software

Cuando no hay ningún cable USB conectado a la unidad, ésta se encuentra en modo manual.

Esto permite a los usuarios controlar las salidas de alimentación de CC y CA mediante los potenciómetros de la parte frontal de la unidad.

El arranque/marcha del condensador se controla mediante un botón. La velocidad del dinamómetro se muestra en la pantalla de 7 segmentos. El modo manual es útil cuando

enseñar a los estudiantes los fundamentos del control de la máquina eléctrica y serán útiles cuando se utilicen con multímetros de verdadero valor eficaz para medir tensiones y corrientes.

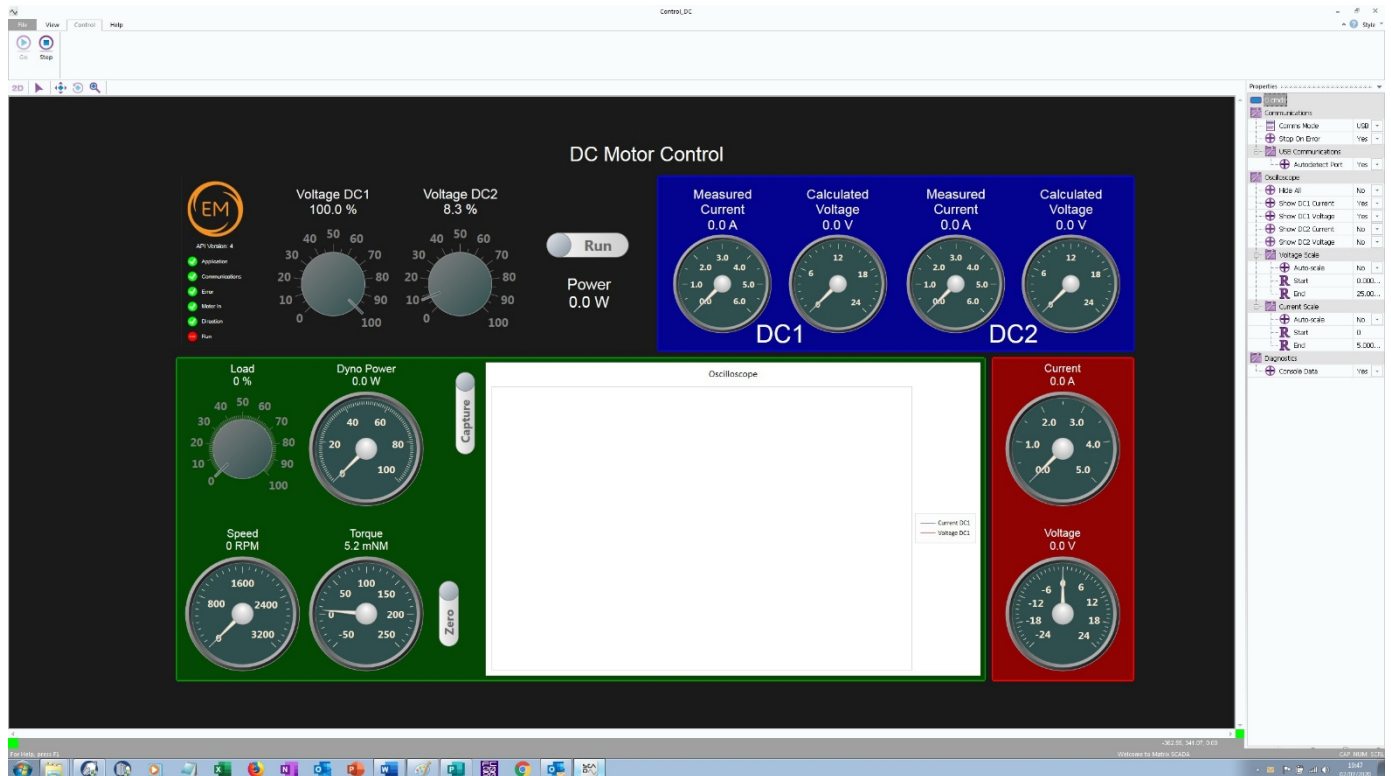
En el modo manual se utiliza una pequeña balanza para medir el par. El brazo oscilante de la balanza. Al girar en el sentido de las agujas del reloj, presiona la célula de carga para que el ordenador medición. Para cambiar el sentido de giro, basta con invertir la dirección de movimiento de la máquina sometida a prueba.

Dinamómetro tiene dos modos de uso: al girar en sentido antihorario presiona sobre

### Modo software

Cuando el cable USB está conectado a la unidad de control, los controles del panel frontal están desactivados. El usuario dispone de seis aplicaciones de software distintas para realizar experimentos con las diferentes máquinas.

## Entender el software



### Aplicaciones

La unidad incluye seis aplicaciones diferentes para PC. Cada una de ellas es un archivo ejecutable '\*.BAT' independiente. Es necesario instalar los controladores de la unidad de control, pero no las aplicaciones. Estas aplicaciones son:

**Abrir Control\_DC.bat:** para la medida directa de CC.

para motores de corriente continua.

**Abrir Log\_DC.bat:** para recopilar datos de par y velocidad y registrar los resultados para motores de CC.

**Open Control\_1Phase.bat:** para la medición directa de máquinas de inducción de CA monofásicas.

**Abrir Log\_1Phase.bat:** para recopilar datos de par y velocidad y registrar los resultados para máquinas de inducción de CA monofásicas.

**Open Control\_3Phase.bat:** para la medición directa de motores trifásicos de inducción y CC sin escobillas.

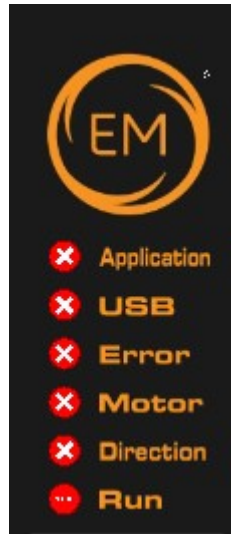
Abrir Log\_3Phase.bat: para recopilar datos de par y velocidad y registrar los resultados para motores trifásicos de inducción y CC sin escobillas.

Se explican a continuación.

También está disponible una API para su uso con LabView o MATLAB.

La denominación de estas aplicaciones puede variar ligeramente a medida que se publiquen actualizaciones.

## Banderas de software



Cada aplicación tiene un conjunto de banderas de software que se muestran en la parte superior izquierda. Éstas son:

**Aplicación:** verde cuando la aplicación está en modo Play.

**USB:** Verde cuando hay una conexión USB entre la unidad de control y el PC.

**Error:** rojo cuando hay un Error en la unidad de control. La mayoría de las veces esto ocurre debido a un error de sobrecorriente. La unidad es capaz de proporcionar 100 vatios de potencia. Cuando se supera este valor, la unidad se apaga. En este caso, debe reducir la tensión de salida y volver a intentarlo.

**Motor:** verde cuando los microinterruptores del Dinamómetro se activan por la presencia de una máquina bajo prueba. La unidad no funcionará a menos que haya una máquina bajo prueba.

**Sentido:** verde cuando el sentido de giro es el de las agujas del reloj, lo que presionará el sensor de par.

**Marcha:** verde cuando se activa el interruptor de marcha.

## Entender el software



Hay dos tipos de aplicaciones de software que se suministran con el curso de Máquinas Eléctricas:

- Control manual
- Automático

Las aplicaciones de control manual le permiten ajustar manualmente todos los parámetros dentro de la caja de control. Las aplicaciones automáticas le permiten tomar automáticamente múltiples conjuntos de lecturas para producir gráficos de par y velocidad. Esta página y las 5 siguientes le muestran la disposición de las pantallas y los controles.

El nombre de archivo de este programa es 'Open Con- trol\_DC.bat' y está pensado para mediciones manuales de CC.

1) Control del programa: pulse "PLAY" para empezar

2) Indicadores de aplicación en funcionamiento, comunicaciones USB y motor en su lugar, etc. La caja no se iniciará hasta que todos muestren marcas verdes.

3) Salida DC1 - muestra el ciclo de trabajo PWM para la salida DC 1 con voltaje y corriente.

4) Interruptor de marcha/parada - hay que pulsarlo para apagar-encender

5) Salida DC2 - muestra el ciclo de trabajo PWM para la salida DC 2

6) Contador para terminales de corriente

7) Contador para terminales de tensión

8) Carga del dinamómetro en %.

9) Velocidad del dinamómetro en RPM

10) Par en mNm

11) Potencia del dinamómetro en vatios

12) Osciloscopio

13) Propiedades del programa y ámbito de aplicación.



El nombre de archivo de este programa es 'Open Log\_DC.bat'.

- 1) Control del programa: pulse "PLAY" para empezar
- 2) Indicadores de aplicación en funcionamiento, comunicaciones USB y motor en su sitio. La caja no se iniciará hasta que los tres muestran marcas verdes
- 3) Salida DC1 - muestra el ciclo de trabajo PWM para DC salida 1
- 4) Barrido - toma un conjunto de lecturas barriendo el Dinamómetro de 0-% a 100%.
- 5) Interruptores RUN y SWEEP.
- 6) Salida DC2 - muestra el ciclo de trabajo PWM para la salida DC 2
- 7) Contadores para CC 1 - Valores eficaces
- 8) Contadores para CC 2 - Valores eficaces
- 9) Carga del dinamómetro en %.

10) Velocidad del dinamómetro en RPM

11) Par en mNm

12) Potencia del dinamómetro en vatios

13) Amperímetro y voltímetro internos V1 e I1

14) Gráfico en pantalla de los datos de la parcela

15) Botón de borrar gráfico/registro

16) Propiedades del programa

Cuando se pulsa el botón Ejecutar, la caja de control, a la tensión especificada en CC1 y CC2, tomará lecturas de 0 carga a 100% de carga en incrementos del 2%. Los resultados se almacenarán en el archivo LOG\_DC1.CSV para su representación gráfica en Excel.

Mientras se realizan las lecturas, el on mostrará un gráfico aproximado para que pueda estar seguro de que está obteniendo datos válidos. Se pueden capturar y visualizar hasta 8 conjuntos de datos a la vez.

## Manual de CA monofásica



El nombre de archivo de este programa es 'Open Control\_1Phase.bat'.

- 1) Control del programa: pulse "PLAY" para empezar
- 2) Indicadores de aplicación en funcionamiento, comunicaciones USB y motor en su sitio. La caja no se iniciará hasta que los tres muestran marcas verdes
- 3) Frecuencia de salida
- 4) Salida de tensión alterna
- 5) SINE/DIGITAL: Salida de onda sinusoidal o cuadrada.
- 6) CAP START/CAP RUN: selecciona el valor del capacitor interno.
- 7) Interruptor RUN - hay que pulsarlo para encender las salidas.
- 8) Contadores para las salidas - Valores eficaces
- 9) Carga del dinamómetro en %.

- 10) Velocidad del dinamómetro en RPM
- 11) Par en mNm
- 12) Potencia del dinamómetro en vatios
- 13) V REAL / V EFECTIVA: muestra la tensión en el gráfico en términos reales o en términos efectivos.
- 14) FASE / TIEMPO: muestra el eje X en grados o en mS
- 15) CAPTURA: captura una forma de onda
- 16) Osciloscopio / área de trazado de gráficos
- 17) Amperímetro y voltímetro internos V1 e I1
- 18) Control de propiedades

## CA monofásica automática



El nombre de archivo de este programa es 'Open Log\_1Phase.bat'.

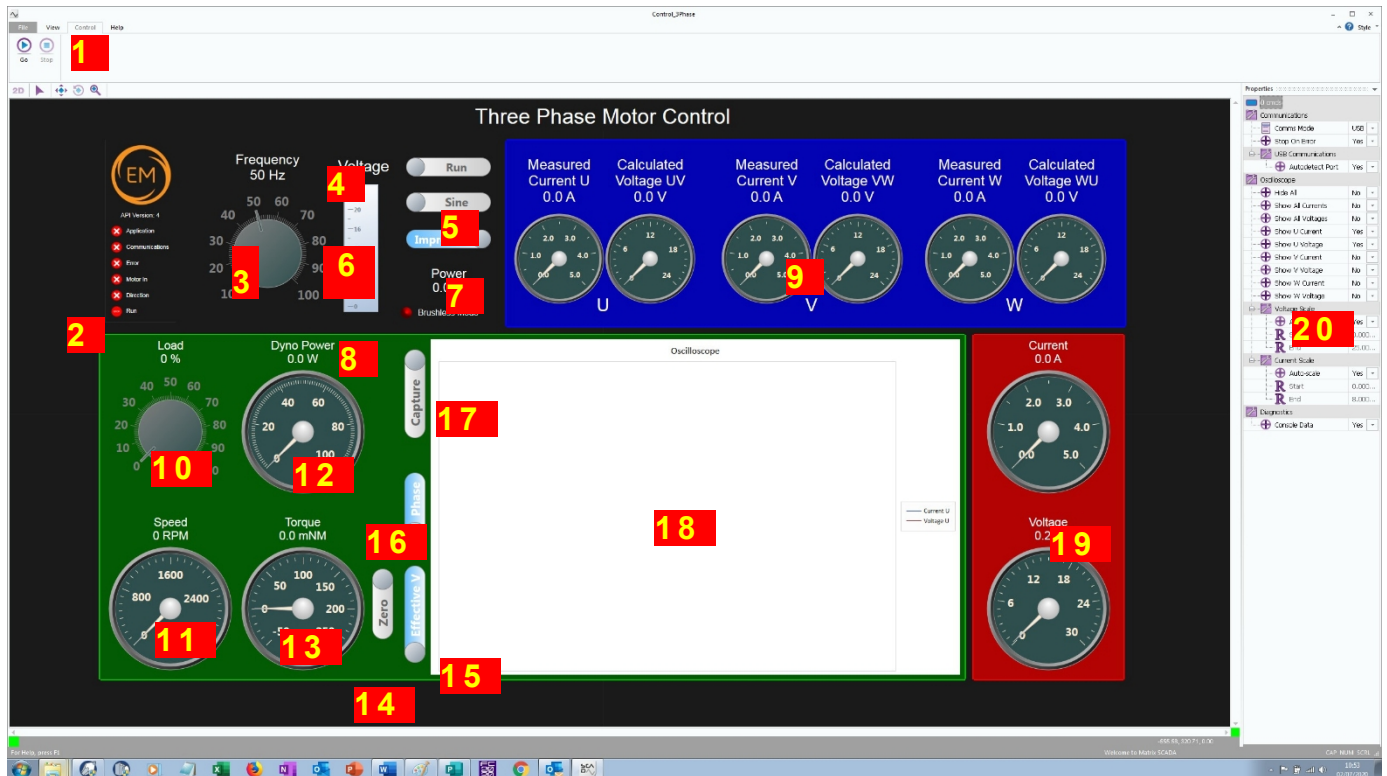
- 1) Control del programa: pulse "PLAY" para empezar
- 2) Indicadores de aplicación en funcionamiento, comunicaciones USB y motor en su sitio. La caja no se iniciará hasta que los tres muestran marcas verdes
- 3) Frecuencia de salida
- 4) Tensión de salida
- 5) Interruptor de funcionamiento: inicia el registro automático de datos
- 6) Drivemode - por defecto es pseudo-sine, on es trap- ezoid
- 7) El interruptor CAP START / RUN controla el valor del condensador interno en los terminales del condensador variable
- 8) SWEEP: inicia la función de barrido
- 9) Contadores para la salida - Valores RMS
- 10) Carga del dinamómetro en %.

- 11) Velocidad del dinamómetro en RPM
- 12) Par en mNm (el interruptor de puesta a cero se utiliza en el arranque)
- 13) Potencia del dinamómetro en vatios
- 14) Amperímetro y voltímetro internos V1 e I1
- 15) Gráfico en pantalla de los datos de la parcela
- 16) Botón de borrar gráfico/registro
- 17) Botón de par cero
- 18) Propiedades

Cuando se pulsa el botón SWEEP, la caja de control, a la frecuencia de salida especificada, tomará lecturas desde 0 carga hasta 100% de carga en incrementos del 2%. Los resultados se almacenarán en el archivo LOG\_1phase.CSV para su representación gráfica en Excel.

Mientras se realizan las lecturas, el on mostrará un gráfico aproximado para que pueda estar seguro de que está obteniendo datos válidos.

## Manual de CA trifásica



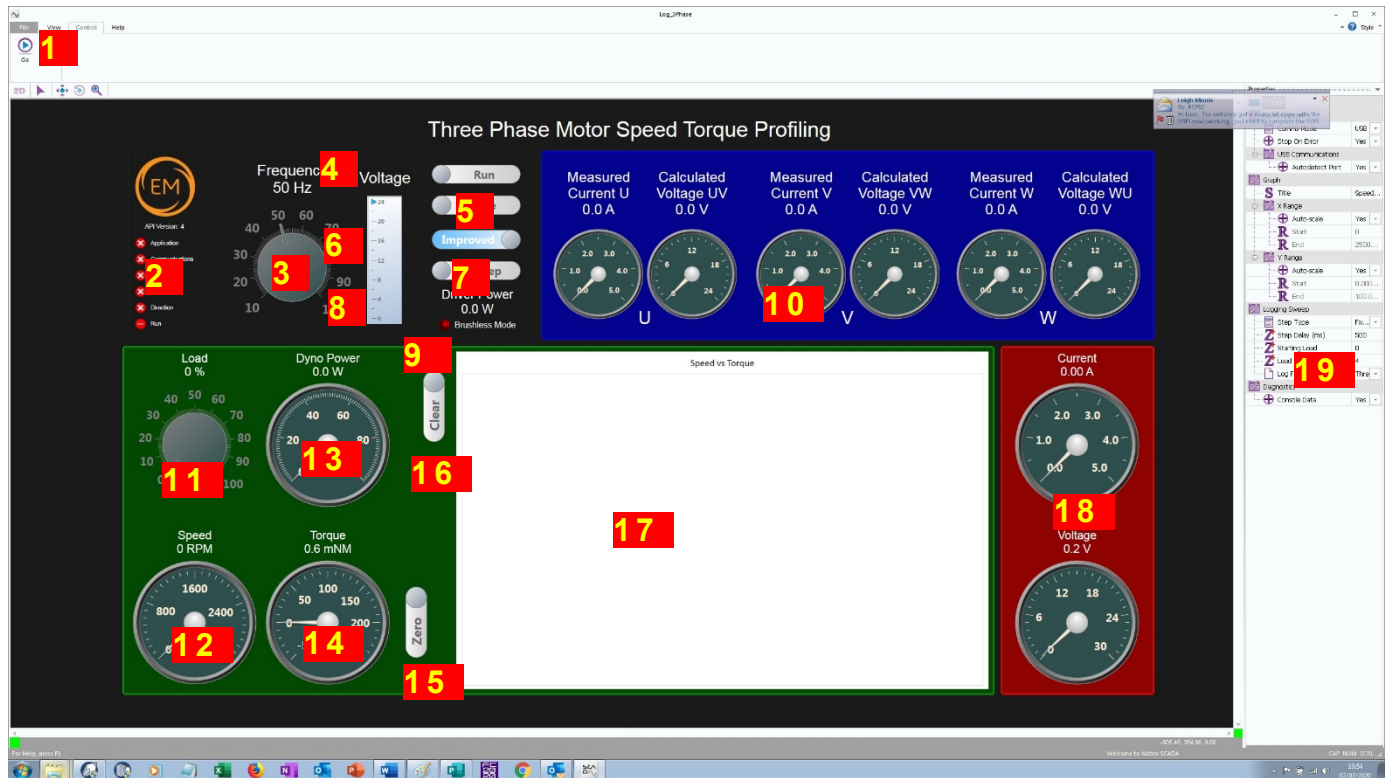
El nombre de archivo de este programa es 'Open Control\_3Phase.bat'.

- 1) Control del programa: pulse "PLAY" para empezar
- 2) Indicadores de aplicación en funcionamiento, comunicaciones USB y motor en su sitio.
- 3) Frecuencia de salida
- 4) RUN: hay que pulsar para encender las salidas
- 5) SINE / DIGITAL: Salida de onda senoidal o cuadrada
- 6) Salida 20V / 12V: modifica la tensión de salida
- 7) MEJORADO / ESTÁNDAR: altera la calidad de la forma de onda de salida
- 8) MODO BRUSHLESS: indica motor sin escobillas está enchufado
- 9) Contadores para la salida - Valores RMS
- 10) Carga del dinamómetro en %.
- 11) Velocidad del dinamómetro en RPM

- 12) Potencia del dinamómetro en vatios
- 13) Par en mNm
- 14) CERO: Pone a cero el sensor de par
- 15) REAL/EFFECTIVO: ajusta la forma en que el gráfico traza la forma de onda de salida.
- 16) FASE / TIEMPO: muestra el eje X en grados o en mS
- 17) CAPTURA: captura una forma de onda.
- 18) Área de trazado del osciloscopio
- 19) Amperímetro y voltímetro internos V1 e I1
- 20) Propiedades

Esta aplicación hace funcionar el motor trifásico y el motor de corriente continua sin escobillas.

## CA trifásica automática



El nombre de archivo de este programa es 'Open Log\_3Phase.bat'.

- 1) Control del programa: pulse "PLAY" para empezar
- 2) Indicadores de aplicación en funcionamiento, comunicaciones USB y motor en su sitio.
- 3) Frecuencia de salida
- 4) RUN: hay que pulsarlo para iniciar el programa
- 5) SINE / DIGITAL: Salida de onda senoidal o cuadrada
- 6) Salida 20V / 12V: modifica la tensión de salida
- 7) MEJORADO / ESTÁNDAR: altera la calidad de la forma de onda de salida
- 8) SWEEP: inicia la función de barrido
- 9) MODO BRUSHLESS: indica que el motor Brushless está conectado.
- 10) Contadores para la salida - Valores RMS
- 11) Carga del dinamómetro en %.

- 12) Velocidad del dinamómetro en RPM
- 13) Potencia del dinamómetro en vatios
- 14) Par en mNm
- 15) CERO: Pone a cero el sensor de par
- 16) Botón de borrar gráfico/registro
- 17) Gráfico en pantalla de los datos de la parcela
- 18) Amperímetro y voltímetro internos V1 e I1
- 19) Propiedades

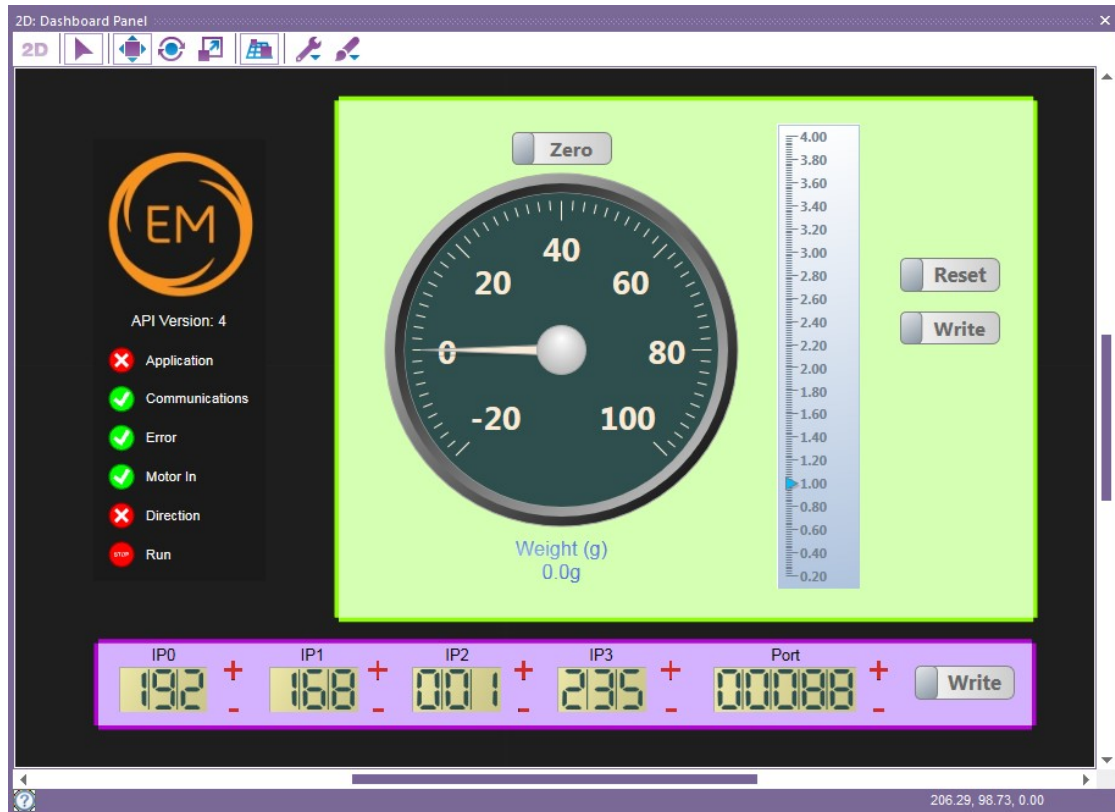
Esta aplicación hace funcionar el motor trifásico y el motor de corriente continua sin escobillas.

Cuando se pulsa el botón SWEEP, la caja de control, a la frecuencia de salida especificada, tomará lecturas desde 0 carga hasta 100% de carga en incrementos del 2%.

Los resultados se almacenarán en el archivo LOG\_3phase.CSV para su representación gráfica en Excel.

Se pueden capturar y visualizar hasta 8 conjuntos de datos a la vez.

## Calibración y configuración de IP



El nombre de archivo de este programa es 'Open Calibration.bat'. Esta aplicación de software tiene dos funciones: permite calibrar la célula de carga y permite configurar la dirección IP de la unidad de control.

### Calibración

- 1) Conecte el dinamómetro a la unidad de control con el tipo D de 25 vías.
- 2) Gire el dinamómetro en el sentido contrario a las agujas del reloj para que no presione la célula de carga situada en la parte posterior del dinamómetro.
- 3) Pulse PLAY en la aplicación de software. Pulse RESET. Pulse CERO.
- 4) Coloca un peso de 20 gramos en el extremo de la célula de carga. Utiliza el multiplicador deslizante de la App para ajustar el dial de forma que marque 20 g.

- 5) Pulse el botón Escribir para guardar la calibraen la caja de control.
- 6) Retire el peso. Pulse Cero. La unidad de control y el dinamómetro ya están calibrados.
- 7) Compruebe la calibración colocando el peso en y asegurándose de que la pantalla indica 20g.

Si tiene varios juegos de Máquinas Eléctricas, asegúrese de que están emparejados para la próxima vez que los utilice. Esto se habrá realizado en la fábrica, por lo que no debería ser necesario hacerlo al arrancar.

### Configuración IP

- 1) Pulse PLAY en la aplicación
- 2) Utilice los botones "+" y "-" de los campos de número IP para establecer la dirección IP que desee.
- 3) Pulse el botón ESCRIBIR para guardar este aviso IP en el cuadro de control.

Este documento describe el proceso que deben seguir los usuarios para conectar remotamente una caja de control de máquinas eléctricas a una red o a Internet para permitir el control remoto. Solo se puede realizar en unidades adquiridas a partir de junio de 2020.

### Acceso a través de la red local

La dirección IP por defecto del terminal de máquinas eléctricas es 192.168.1.235 y el puerto por defecto es

88. La dirección IP y el Puerto pueden cambiarse conectándose a la caja mediante una conexión USB y ejecutando la aplicación de calibración. La conexión Ethernet debe estar conectada a la red y, a continuación, la dirección IP y el puerto se pueden utilizar en las aplicaciones de software para conectarse a la caja de máquinas eléctricas.

### Acceso a través de Internet

Antes de acceder al terminal Electrical Machines desde Internet, asegúrese de que el terminal funciona correctamente en la red local. Esto ayuda a identificar cualquier problema de conexión a la IP y el puerto de la caja o la configuración del router.

Para acceder al cuadro de control de Electrical Machines desde Internet, el usuario debe asegurarse de que ha habilitado el reenvío de puertos en su propio router (la conexión de su red local a la inter-red). De este modo, las conexiones entrantes de Internet se dirigen a la dirección IP interna correcta. Utilice la dirección IP del router en las aplicaciones de software.

*Información sobre cómo activar el reenvío de puertos en su router:*

<https://portforward.com/> Información sobre cómo encontrar la dirección IP de su router.

<https://whatismyipaddress.com/>

En los routers domésticos (por ejemplo, en casa de los estudiantes o profesores), puede que también sea necesario habilitar una zona desmilitarizada (DMZ) en la dirección IP del cuadro de la máquina eléctrica para permitir que el tráfico entrante de Internet llegue a él. Es posible que un router comercial no tenga que hacer esto.

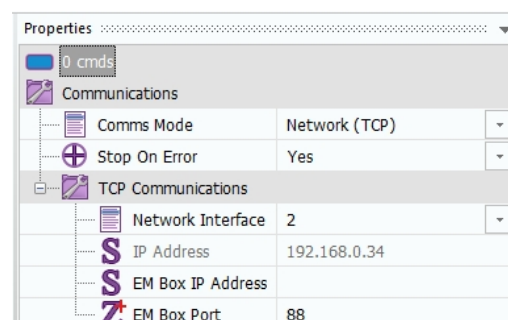
### Configuración de la aplicación informática

Utilizando la aplicación de software descargable desde el sitio web de Matrix:

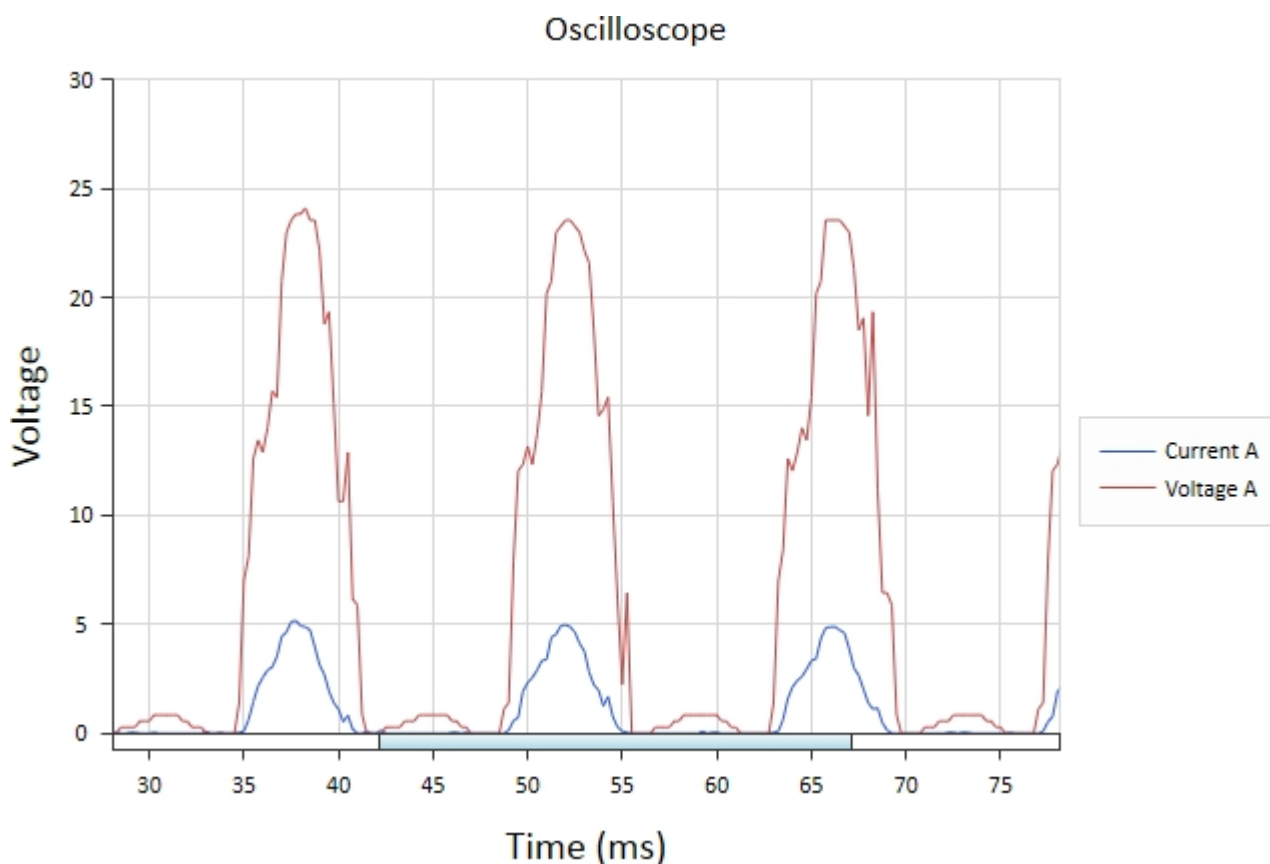
[www.matrixtsl.com/electrical-machines/resources/](http://www.matrixtsl.com/electrical-machines/resources/), el usuario inicia la aplicación de software Electrical Machines para la máquina específica que tiene en prueba.

Asegúrese de que está seleccionada la opción Comunicaciones de red (TCP) (no USB). En el menú de comunicaciones TCP, seleccione la interfaz de red que proporcione un valor IP razonable. En la casilla EM Dirección IP, introduzca la IP de su caja de control. En la casilla EM Puerto, introduzca el número de puerto de su caja de control.

*NB: Matrix TSL no puede proporcionar ayuda para configurar los sistemas de propiedad intelectual de terceros debido a las complejidades inherente a esto. Los gestores de redes de área local deben ser capaces de proporcionar este apoyo.*



## El osciloscopio de a bordo



El osciloscopio de la unidad de control mide todos los amperímetros y voltímetros de la unidad a una frecuencia de 64 kHz. Hay 16 canales en total, lo que nos da una tasa de medición efectiva de 4 kHz para cada canal.

El eje Y, la base de tiempo y las trazas pueden ajustarse haciendo clic en las palabras correspondientes de la sección Propiedades, a la derecha de cada aplicación.

Para modificar la base de tiempos: haga clic en la zona del osciloscopio y utilice la rueda del ratón para acercar o alejar la imagen.

El osciloscopio es útil para ver tensiones y corrientes a frecuencias cercanas a las de conducción. De hecho, utilizamos un pequeño condensador en la entrada para ralentizar deliberadamente la velocidad efectiva de muestreo para que el instrumento funcione mejor en este caso propósito.

Dado que la frecuencia PWM utilizada es de 7 kHz y la frecuencia de muestreo efectiva es de 4 kHz, pueden observarse efectos de Nyquist al ampliar la imagen para examinarla.

ine la frecuencia de accionamiento PWM. Por este motivo, es necesario utilizar un osciloscopio externo para examinar en detalle la estructura de la forma de onda.

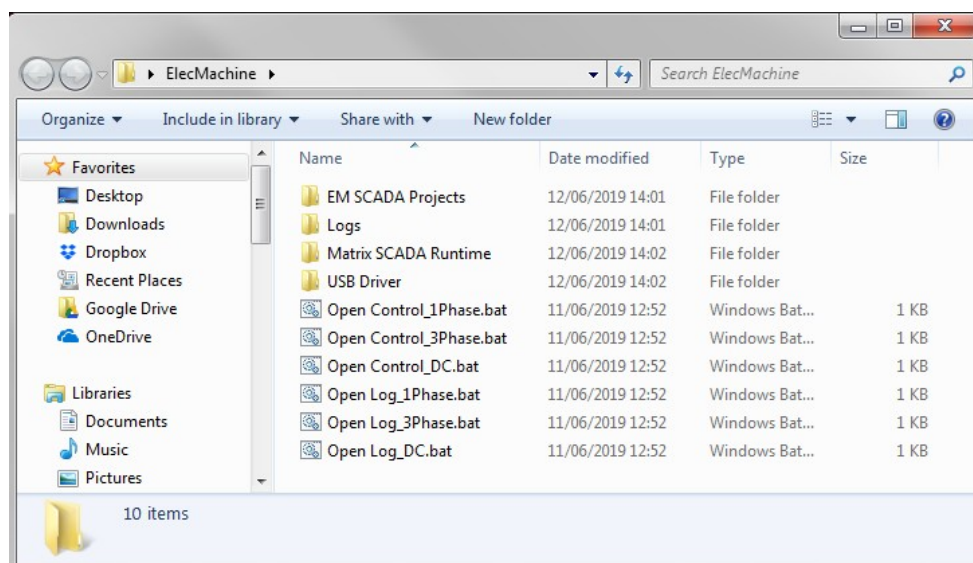
El osciloscopio es especialmente bueno para mostrar corrientes el patrón de tensión y corriente y las fases entre tensión y corriente.

El osciloscopio en los programas trifásicos tiene la capacidad de mostrar Tensión real o Tensión efectiva como estándar. Los usuarios de este nivel deben utilizar siempre la tensión efectiva.

## Instalación del software

### Copia del software

El software para Máquinas Eléctricas puede descargarse de la página web de Matrix. Cuando descomprima el archivo zip verá los siguientes archivos:



Hay 6 aplicaciones que se utilizan para la gama de máquinas eléctricas. Estas se documentan a continuación.

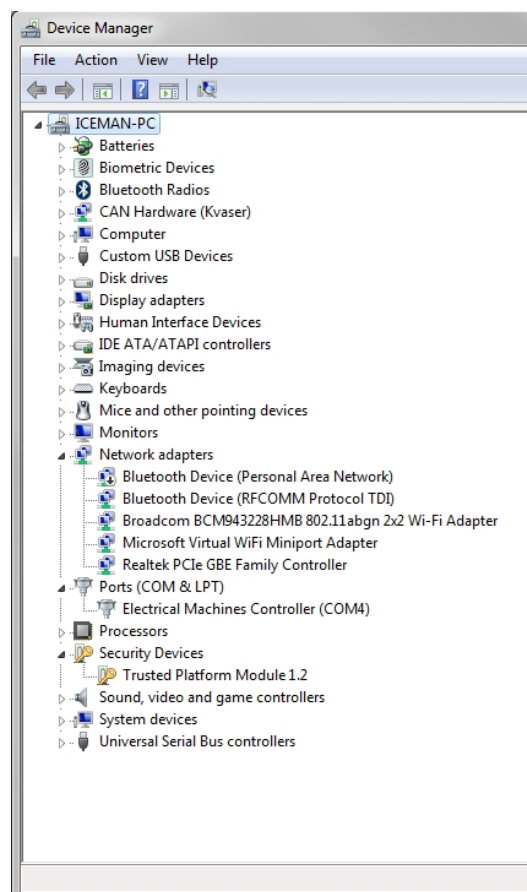
Copie estos programas y directorios en un lugar adecuado de su disco duro. Si lo desea, puede acceder directamente a los archivos \*.BAT.

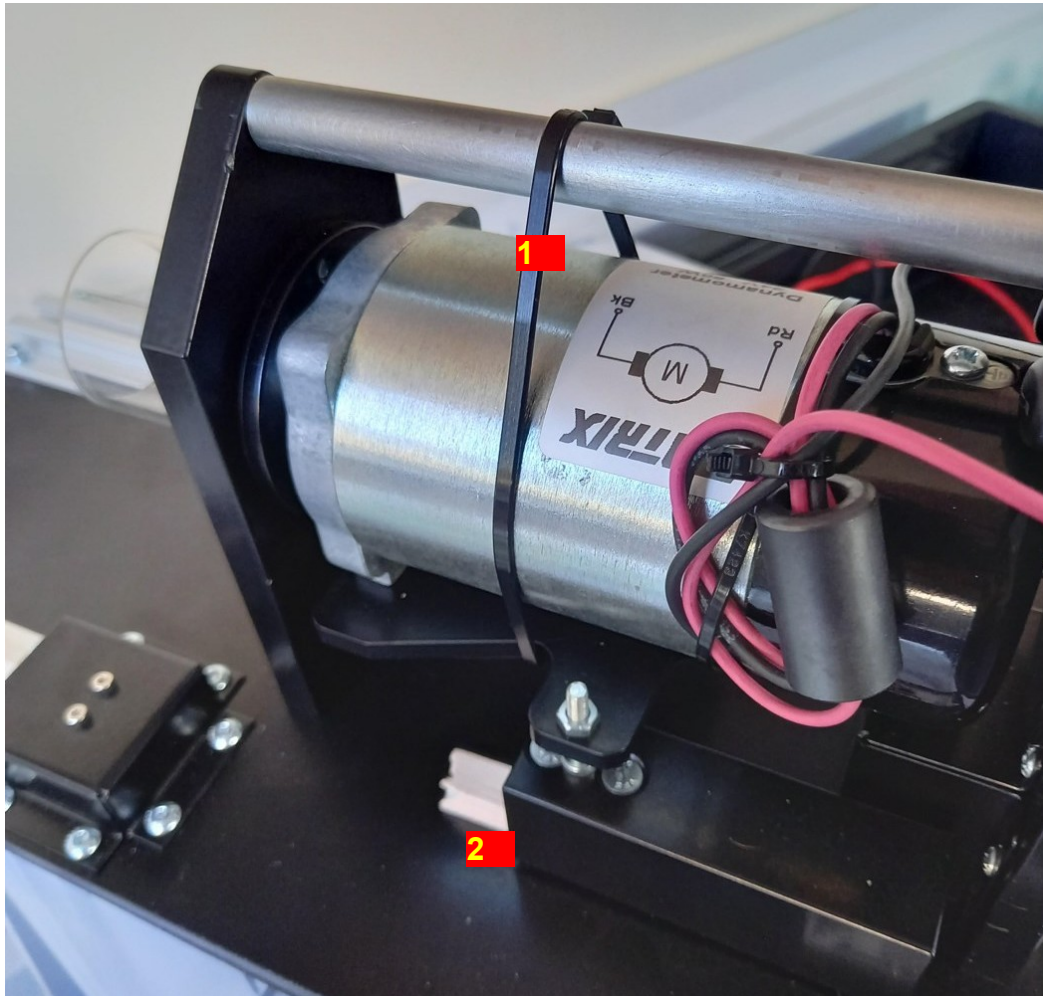
Rin cada programa haciendo clic en el archivo '\*\*.BAT'.

### Instalación de controladores

Vaya a la carpeta de controladores USB y ejecute el controlador de 32 bits o 64 bits, según corresponda a su ordenador. De este modo se iniciará el controlador de la caja de control.

Puede comprobar que el controlador está instalado correctamente consultando el Administrador de dispositivos y comprobando que el controlador Electrical Machines aparece en Puertos (véase la página opuesta).





El embalaje puede variar de un lote a otro. Para evitar que el mecanismo del dinamómetro se dañe o pierda la calibración durante el transporte, el cuerpo del dinamómetro y la célula de carga están protegidos entre sí. Consulte la fotografía anterior.

- 1) Para proteger el producto durante el transporte, se utiliza una brida para cables. atado alrededor del cuerpo del dinamómetro para evitar que se mueva y dañe el mecanismo. Esto debe ser cortado con un par de cortadores de alambre para permitir que el Dyna- mometer gire.
- 2) Para proteger el sensor se coloca un bloque de madera bajo el sensor de la célula de carga. Esto se puede quitar manualmente.