

## PRÁCTICA 0: SEGURIDAD EN EL LABORATORIO DE ELECTROTECNIA.

Tan importante como realizar mediciones exactas y construir montajes adecuados para las mismas, es realizar el trabajo en condiciones de seguridad. Por esta razón se comienza la primera parte del laboratorio consiste en una con una discusión sobre los riesgos que implica el trabajar con electricidad.

### NIVELES DE CORRIENTE FATALES

Es una creencia común que la peligrosidad de la electricidad viene dada por el voltaje de operación. Se suele decir que una tensión de 10.000 V es más peligrosa que una de 100 V. Sin embargo, lo que en realidad produce los efectos secundarios de una descarga eléctrica es la intensidad que circula por el sistema.

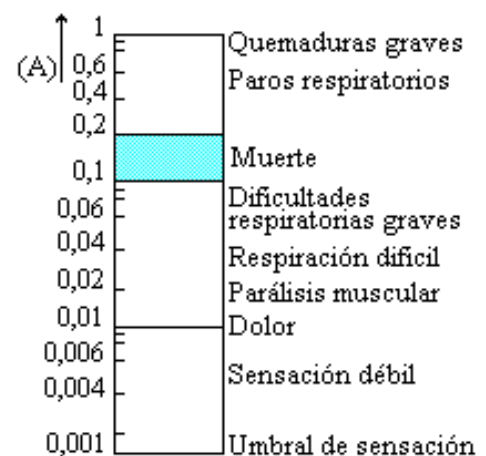
Una descarga de una intensidad superior a los 10 mA produce sensaciones dolorosas e incluso puede producir secuelas graves. Descargas más allá de los 100 mA suelen ser mortales para los humanos. Entre los 100 mA y los 200 mA se produce fibrilaciones ventriculares del corazón y por encima de los 200 mA, se producen quemaduras graves en los tejidos.

En la figura adjunta se muestra un resumen de los efectos fisiológicos para un individuo medio a diferentes niveles de corriente.

Hay que tener en cuenta que la magnitud de la corriente depende de la resistencia del cuerpo, la cual puede variar cientos de Ohmios dependiendo de la humedad de la piel, el estado de salinidad, así como también de los puntos de entrada y salida de la corriente.

### REGLAS DE TRABAJO EN EL LABORATORIO/TALLER

- Asegurarse de que siempre haya tres personas en el laboratorio, en caso de accidente uno asistirá a la víctima y la otra buscará ayuda.
- Verificar que los instrumentos y herramientas de potencia conectados a la red tengan toma de tierra instalada.
- Desconectar las fuentes poner a masa los puntos de alta tensión antes de tocar conductores.
- No manipular los equipos si se está cansado o bajo los efectos del alcohol.
- Mantener seco el cuerpo, las prendas de vestir y el calzado, no tocar dispositivos con la piel húmeda.
- No llevar prendas sueltas mientras se manipulan los equipos. Emplear gafas de seguridad.
- Evitar trabajar sobre superficies metálicas o superficies húmedas.



# PRÁCTICA I: MEDIDAS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN SISTEMAS TRIFÁSICOS.

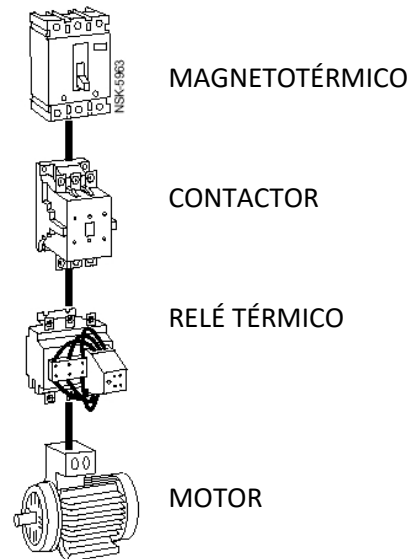
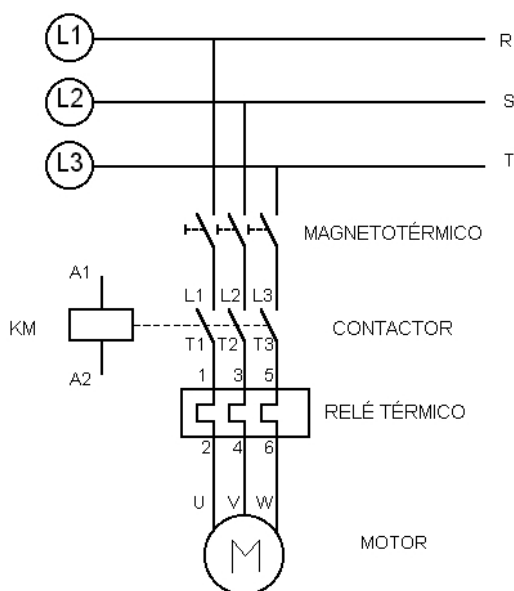
Uno de los atributos más importantes de la energía eléctrica consiste en disponer de una señal de alimentación de buena calidad que describa un sistema donde la forma de onda de tensión y corriente sean sinusoides puras. Realmente, la variedad de cargas del sistema eléctrico provoca que la onda sinusoidal original se deforme, y entre los dispositivos que pueden generar dicha deformación se encuentran: computadoras, variadores de velocidad de motores, fuentes de alimentación rectificada, equipos de control de procesos, etc.

En esta práctica analizaremos la respuesta en diferentes configuraciones de sistemas trifásicos que se describen a continuación.

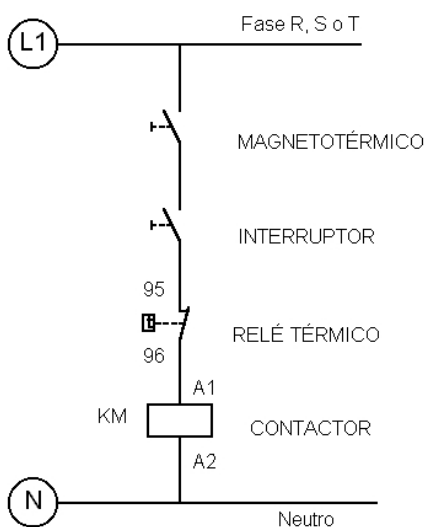
## CONEXIÓN DIRECTA MEDIANTE CONTACTOR

Motor trifásico alimentado por contactor accionado mediante interruptor y protección por relé térmico.

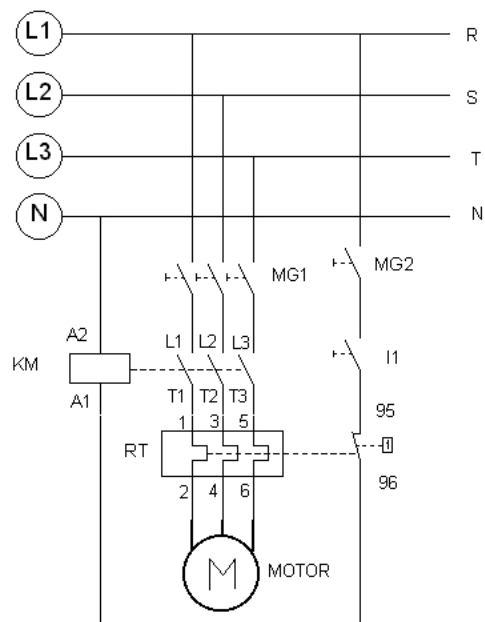
### CIRCUITO DE POTENCIA



### ESQUEMA DE MANIOBRA

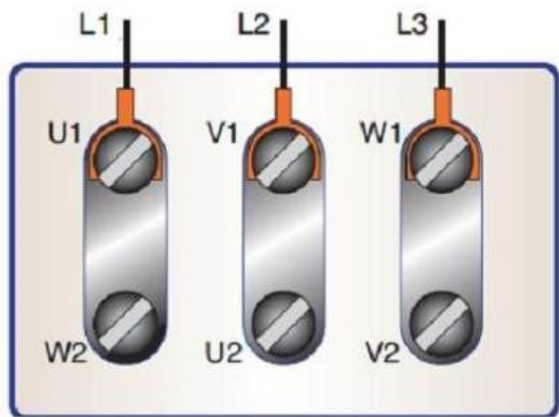


### ESQUEMA DE CONEXIONES

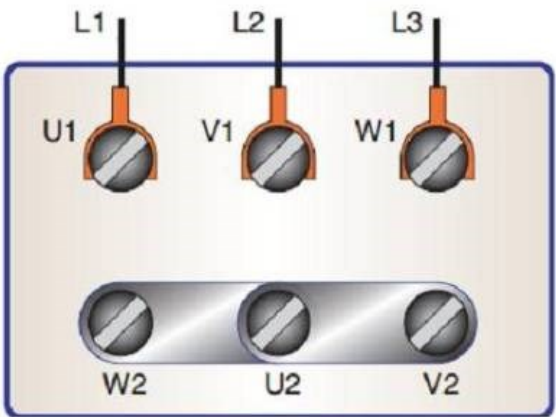


CONEXIONADO DE MOTOR

Para realizar las medidas conectaremos las bobinas del motor empleando las dos configuraciones típicas en sistemas trifásicos, estrella y triangulo



TRIANGULO



ESTRELLA

En ambas configuraciones se medirán las tensiones y corrientes de fase y línea, las potencias activa, reactiva y aparente, el factor de potencia y la distorsión armónica de las señales de corriente y tensión. Para esto nos ayudaremos de la pinza amperimétrica, el multímetro y el analizador de red trifásico.

MEDIDAS A REALIZAR

Carga en configuración estrella:

Dibuja el esquema un esquema del sistema de suministro de energía y la carga introducida por el motor:

	Multímetro	Pinza amperimétrica	Analizador de red
Tensión de línea			
Tensión de fase			
Corriente de línea			
Corriente de fase			
Potencia activa			
Potencia reactiva			
Potencia aparente			
Factor de potencia			
Distorsión armónica de tensión			
Distorsión armónica de corriente			

Calcula la impedancia compleja (resistencia y reactancia) de la carga:

Carga en configuración triángulo:

Dibuja el esquema un esquema del sistema de suministro de energía y la carga introducida por el motor:

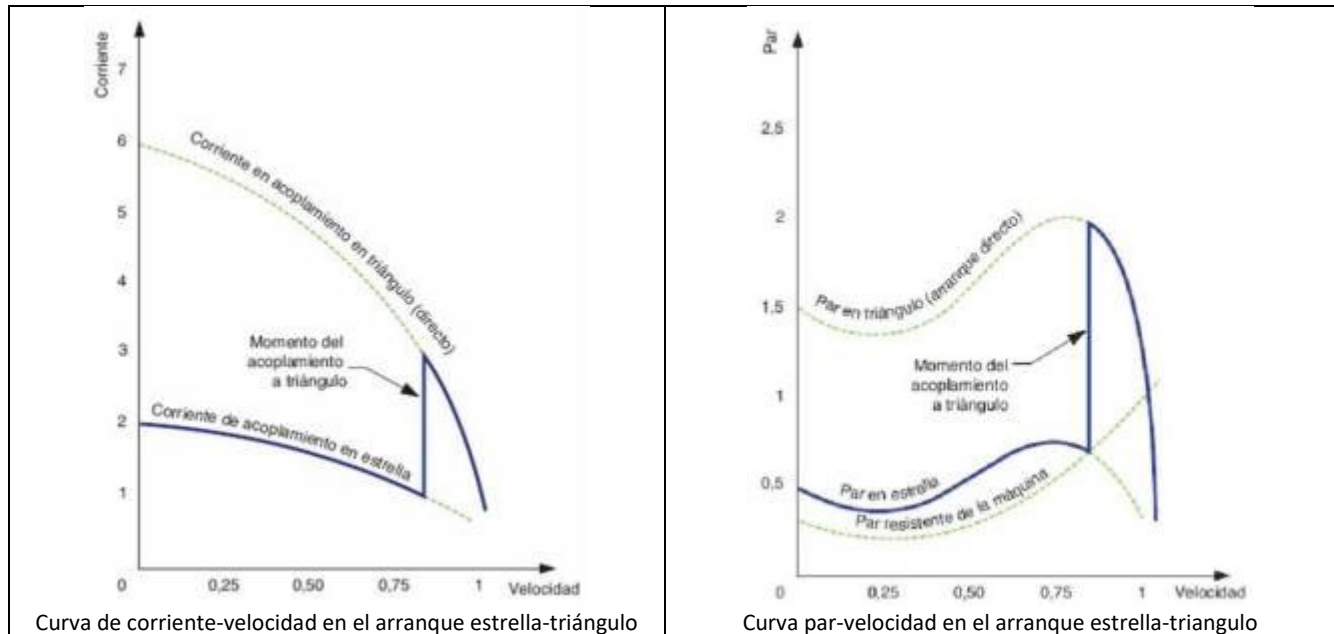
	Multímetro	Pinza amperimétrica	Analizador de red
Tensión de línea			
Tensión de fase			
Corriente de línea			
Corriente de fase			
Potencia activa			
Potencia reactiva			
Potencia aparente			
Factor de potencia			
Distorsión armónica de tensión			
Distorsión armónica de corriente			

Calcula la impedancia compleja (resistencia y reactancia) de la carga:

## PRÁCTICA II: MANIOBRAS CON MOTORES DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS.

### ARRANQUE ESTRELLA-TRIÁNGULO

Con la conexión en estrella del motor conseguimos reducir la corriente en el momento del arranque al alimentar a una tensión menor  $U_f = U_L \times \sqrt{3}$ . Con ello se consigue que la intensidad suministrada baje a la tercera parte de la intensidad que se produciría en un arranque con el motor conectado en triángulo directamente. Como consecuencia, el par mecánico de arranque se reduce a menos de la mitad, lo que hace imposible emplear este mecanismo de arranque este sistema en motores que arranquen con mucha carga. Otro inconveniente de esta técnica es que, durante un instante de tiempo, se produce un corte de tensión momentáneo al pasar de estrella a triángulo, ya que ambas configuraciones no pueden estar conectadas de forma simultánea.



En la figura se observa que el cambio de estrella a triángulo debe realizarse en el instante en el que el par motor en estrella es igual al par resistente. En el momento que ambos pares se igualan, el motor deja de acelerar y gira a velocidad angular constante y es ahí cuando realizamos el cambio a triángulo.

Tener en cuenta además que para poder realizar este sistema de arranque el motor debe estar bobinado para soportar la tensión de red en triángulo, es decir, en España, la placa de características debería indicar 400 V Triángulo / 690 V Estrella.

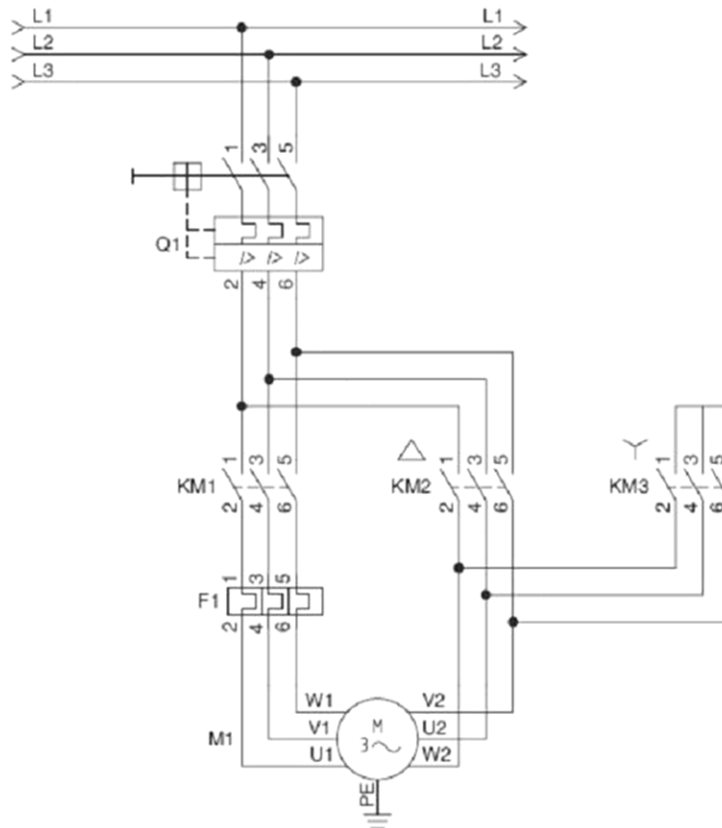
Las conexiones de estrella a triángulo deben cambiarse a los pocos segundos del arranque, por lo que, en lugar de cambiar las plaquetas en el motor, se llevarán los 6 cables + CP hasta el motor, lo que permitirá realizar la maniobra empleando tres contactores.

Con el esquema de control mostrado en la siguiente página, el cambio de estrella a triángulo se produce al pulsar el S3 (que sería un pulsador con dos contactos uno normalmente abierto (NO, 13-14) y otro normalmente cerrado (NC, 22-23).

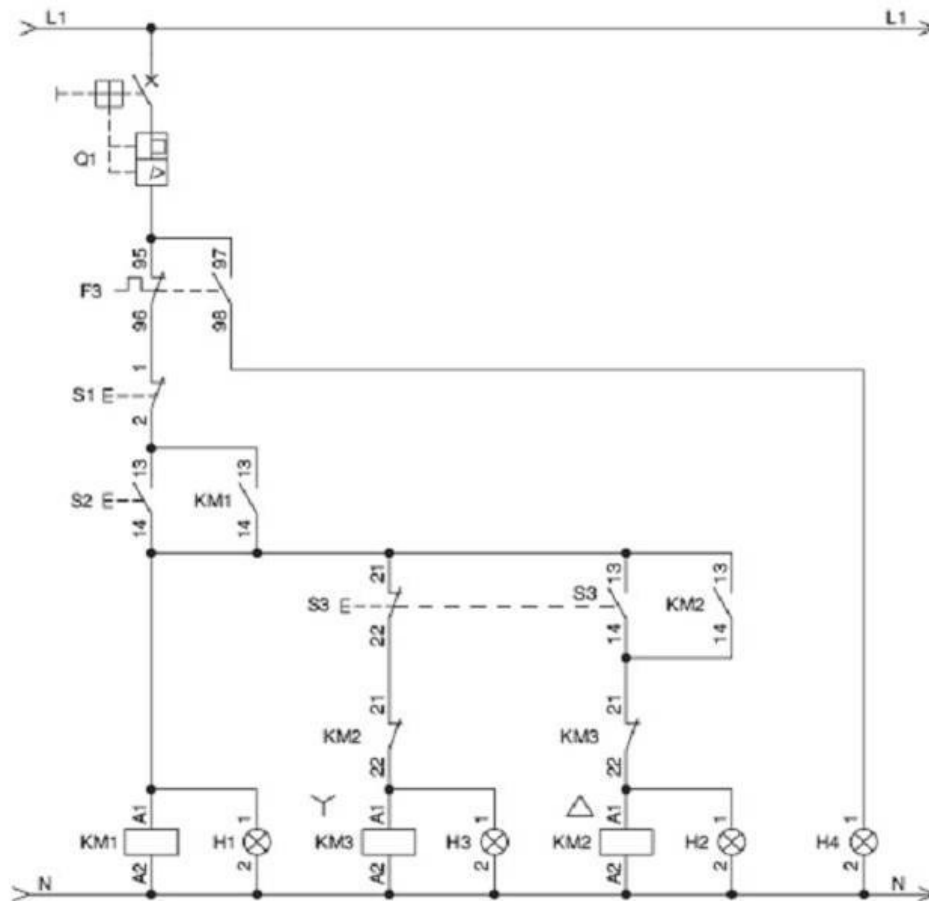
Para realizar la maniobra se emplean 3 contactores KM1, KM2 y KM3. KM1 se encarga del arranque o parada del motor, KM3 de conectar las bobinas del motor en estrella y KM2 de conectar las bobinas en triángulo. Además, para realizar la maniobra, se emplean los contactos auxiliares NC (21-22) en los contactores KM1 y KM2.

Por último, el interruptor S2 se emplea como pulsador de arranque. Además, incluye un lazo de retención o enclavamiento que mantiene el sistema en funcionamiento una vez se suelta el pulsador, para construir ese lazo se emplea un contacto auxiliar NO (13-14) del contactor KM1. S1 se emplea como pulsador de parada empleando un contacto NC (11-12).

## CIRCUITO DE POTENCIA



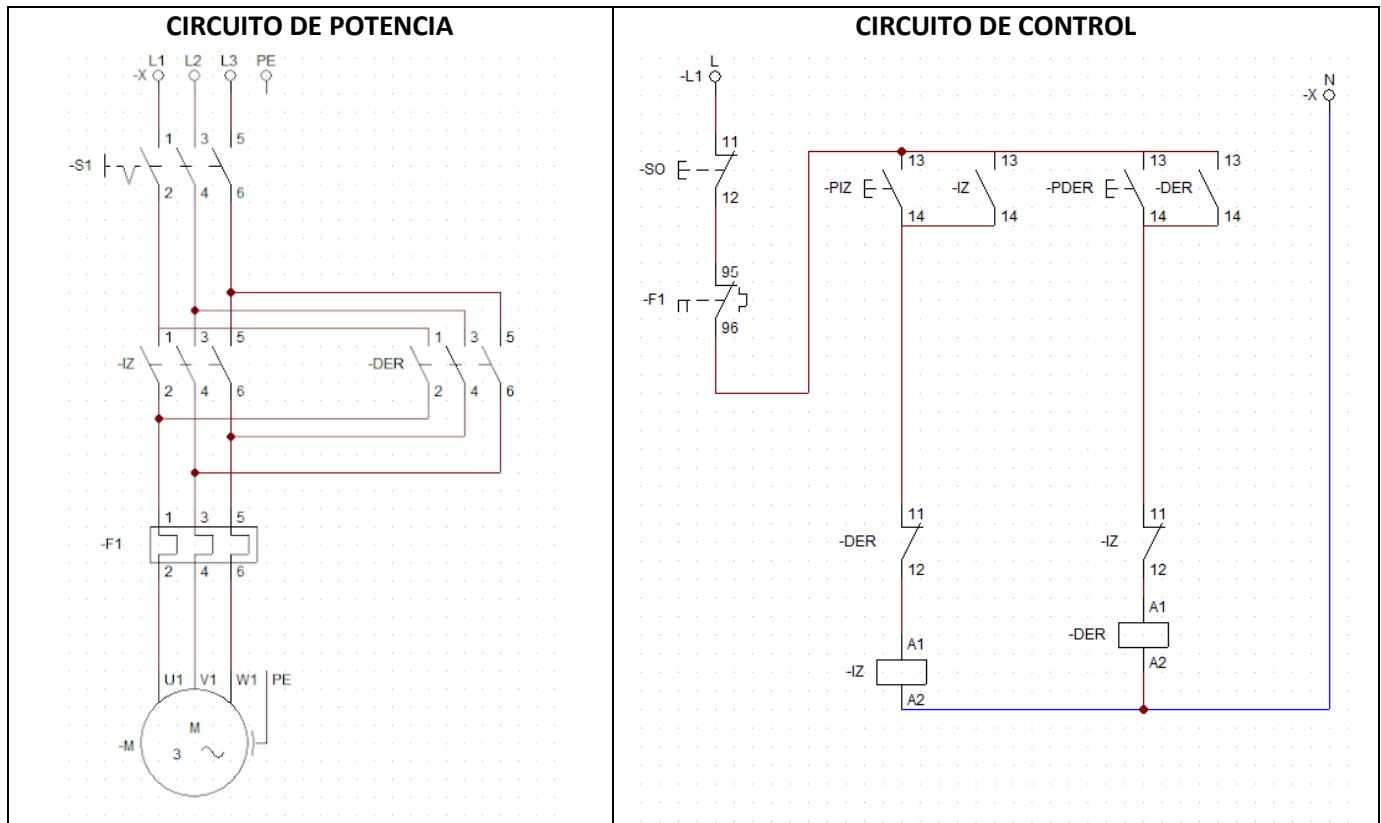
## CIRCUITO DE CONTROL



## INVERSIÓN DE GIRO CON PARADA DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Para realizar esta maniobra emplearemos la propiedad de los motores trifásicos que nos dice que su sentido de giro vendrá determinado por la secuencia de fases con la que esté alimentado. En este caso, emplearemos dos contactores para intercambiar dos de las líneas que llegan a las bobinas del motor y así alternar de una configuración en secuencia directa a secuencia inversa de fases.

La maniobra se realiza mediante dos contactores y un circuito de control que permite el accionamiento no simultaneo de los contactores para hacer que el motor gire en uno u otro sentido. Para poder cambiar el sentido de giro es necesario parar el sistema y accionar el pulsador de sentido contrario.



### RESULTADOS MOSTRAR:

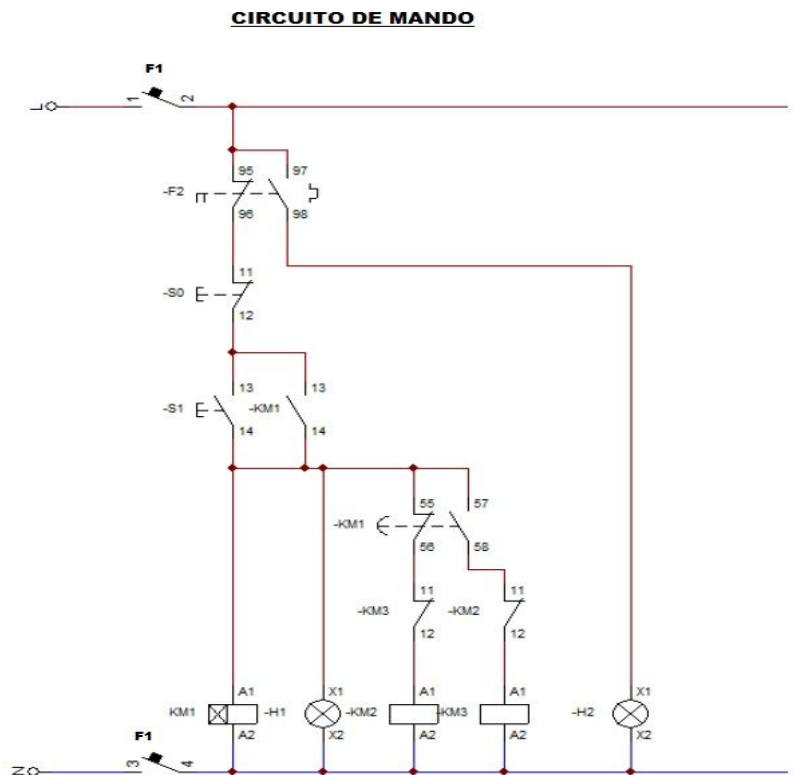
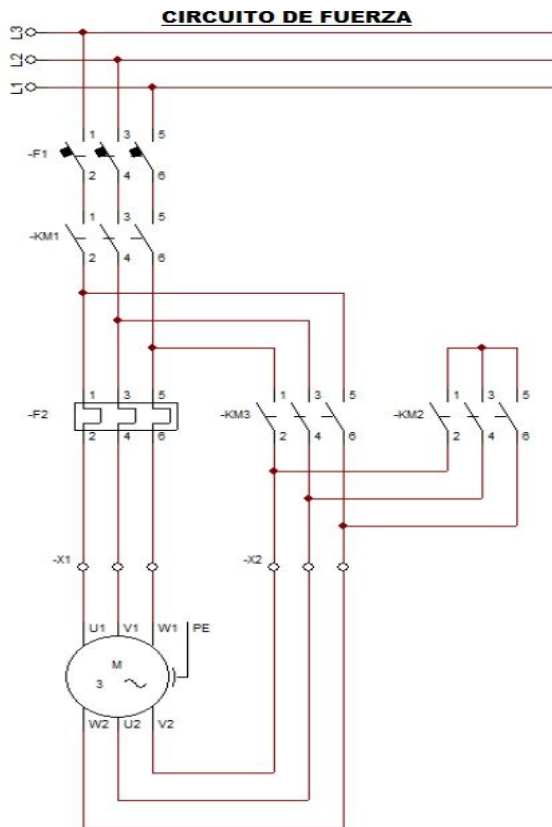
- Realizar los montajes propuestos y demostrar su funcionamiento en el laboratorio
- Simular las maniobras en CADeSIMU. Realizar **un video resumen (no más de 5 minutos)** sobre el proceso de dibujar el esquema de la maniobra y el resultado de la simulación en CADeSIMU.

Para dibujar los esquemas emplear la herramienta CAdESIMU disponible en el Campus Virtual. Contraseña para la ejecución **4962**. CAdESIMU es un software creado en el año 2001 por Juan Luis Villanueva Montoto. No necesita instalación, simplemente descargar el fichero, descomprimirlo y ejecutarlo.

## ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO CON TEMPORIZADOR

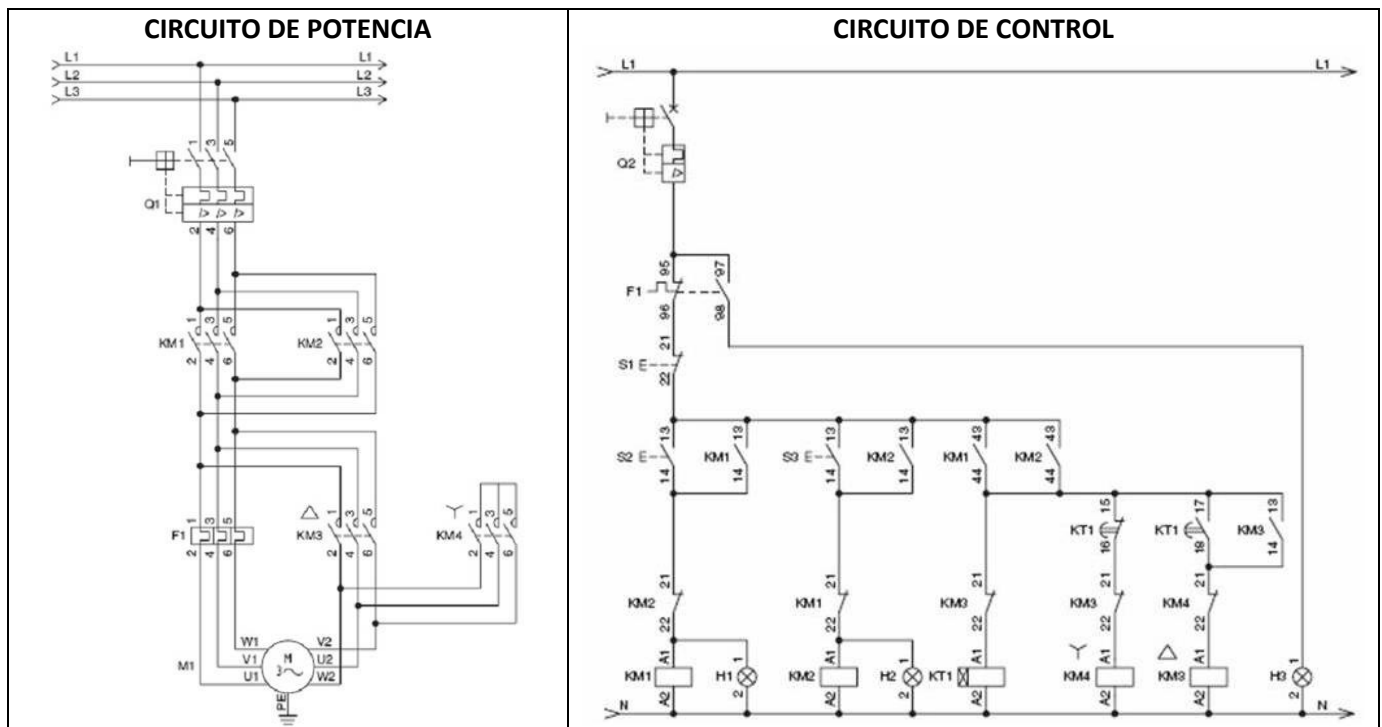
Comprender, montar y simular esta maniobra.

### ARRANQUE ESTRELLA TRIÁNGULO AUTOMÁTICO



## EJERCICIO EXTRA: ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO TEMPORIZADO CON INVERSIÓN DE GIRO

Comprender, montar y simular esta maniobra.





## PRÁCTICA II: MEDIDAS EN CORRIENTE ALTERNA CON EL OSCILOSCOPIO.

Un osciloscopio es un aparato de medida que podemos emplear para visualizar y medir formas de onda de tensión. Las ondas se caracterizan por diversos parámetros entre los que está el ciclo. Se define un **ciclo** como la mínima parte de la onda que se repite en el tiempo. Una **forma de onda** es la representación gráfica de una onda. Una forma de onda de tensión siempre se presentará con el tiempo en el eje horizontal (X) y la amplitud en el eje vertical (Y).

La forma de onda nos proporciona una valiosa información sobre la señal. En cualquier momento podemos visualizar la altura que alcanza y, por lo tanto, saber si el voltaje ha cambiado en el tiempo (si observamos, por ejemplo, una línea horizontal podremos concluir que en ese intervalo de tiempo la señal es constante). Con la pendiente de las líneas diagonales, tanto en flanco de subida como en flanco de bajada, podremos conocer la velocidad en el paso de un nivel a otro. Pueden observarse también cambios repentinos de la señal (ángulos muy agudos) generalmente debidos a procesos transitorios.

### OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

- Familiarizarse con el manejo del osciloscopio y el generador de señales analógicos.
- Medir las características de una señal alterna (período, amplitud y fase).

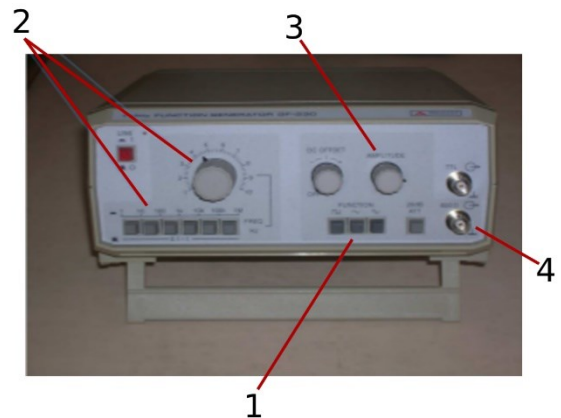
### FUNDAMENTOS

#### GENERADOR DE SEÑALES

Un generador de señales es un instrumento que proporciona señales eléctricas. En concreto, se utiliza para obtener señales periódicas (la tensión varía periódicamente con el tiempo), controlando su periodo (tiempo en el que se realiza una oscilación completa), y su amplitud (máximo valor que toma la tensión de la señal).

Típicamente genera señales de forma cuadrada, triangular o sinusoidal, que es la más usada. Sus mandos de control típicos son:

1. Selector de forma de onda (cuadrada, triangular o sinusoidal).
2. Selector de rango de frecuencias (botonera) y de ajuste continuo del valor en un determinado rango (mando rotativo).
3. Mando de selector de amplitud sin escala.
4. Dos salidas con conectores tipo BNC: salida de señal (600  $\Omega$ ) **OUTPUT**. La otra salida que proporciona una señal estándar TTL que es una señal cuadrada de 5 V de amplitud empleada en sistemas digitales.



#### OSCILOSCOPIO

Un osciloscopio nos permite visualizar y medir tensiones eléctricas que varían con el tiempo. Cuando una señal de tensión es aplicada a un terminal de entrada (INPUT) del osciloscopio, en la pantalla del mismo aparecerá una representación gráfica de la tensión  **$v(t)$**  frente al tiempo.

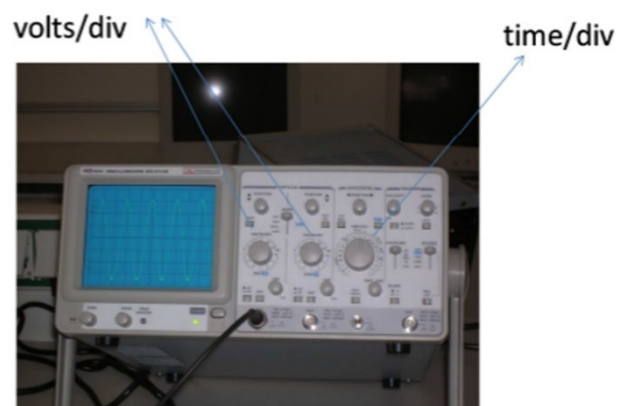
Los osciloscopios analógicos básicos solo permiten visualizar señales que varían periódicamente con el tiempo. Osciloscopios más modernos (digitales) con memoria o pantallas persistentes permiten visualizar cualquier tipo de señales.

El osciloscopio es un instrumento básico de medida en cualquier laboratorio de electricidad o electrónica y en otros muchos campos. Es importante observar que la pantalla del osciloscopio presenta unas divisiones mayores (que corresponden a las cuadrículas) y unas subdivisiones menores en los ejes principales que corresponden a 1/5 del tamaño de una de las divisiones mayores (0,2 partes de una división mayor).

Cualquier medida que se haga consistirá siempre en determinar cuantas divisiones y subdivisiones “ocupa” la señal (igual que medir con una regla). La escala de esas divisiones puede cambiarse mediante los mandos de control **time/div** y **volts/div**.

El mando **time/div** controla la escala de tiempos (el eje horizontal), y los mandos **volts/div** la escala de voltaje en cada uno de los dos canales por los que puede entrar la señal en el osciloscopio (eje vertical en la pantalla). **La mejor manera de medir una señal en el osciloscopio es utilizando una escala que amplíe al máximo la parte de**

**la señal que se quiere medir.** El ajuste de escala en la visualización no cambia las propiedades de la señal medida. Y la precisión de la medida realizada será siempre la subdivisión mínima (0,2 divisiones) convertida en unidad de tensión o tiempo multiplicando por la escala seleccionada.



### SONDAS BNC

Las sondas BNC (British National Connector) nos van a permitir llevar señales desde la fuente hasta el circuito de análisis y desde los puntos de medida al osciloscopio. Algunas sondas BNC tienen un selector con las posiciones (x1) y (x10). En la posición (x1) la lectura del osciloscopio se hace respetando las escalas de éste. En la posición (x10), la señal se divide por un factor 10 y en consecuencia hay que multiplicar las lecturas efectuadas en la pantalla del osciloscopio. En realidad, esto no es necesario, porque la mayor parte de los osciloscopios tienen un selector (normalmente debajo de la pantalla) que nos permiten selección el factor multiplicador aplicado a la entrada.



### PROCEDIMIENTO

**Encender el osciloscopio**, las señales eléctricas a visualizar se introducen por cualquiera de los dos canales de medida mediante sondas BNC. Colocar el selector AC/DC/GND (AC: no deja pasar las componentes de continua que tenga la señal eléctrica, DC: si deja pasar las componentes de continua añadidas a la señal alterna y GND puesta a tierra del terminal de entrada) **en la posición GND**, de esta forma podremos ajustar la posición vertical del haz para llevarlo a cero y la intensidad y enfoque de la traza del haz.

### MEDIDA DE UNA SEÑAL CONTINUA

1. Con el selector AC/DC/GND en la posición GND, asegurar que en nivel de referencia de 0 voltios sitúa la línea en la mitad de la pantalla.
2. Conmutar el selector AC/DC/GND a la posición DC.
3. Con la fuente de tensión DC generar una señal de valor de en torno a 5 V.
4. Conectar la sonda del osciloscopio a la salida de la fuente de tensión DC.
5. Recoger la imagen obtenida (foto o dibujo) y anotar el valor medido en el osciloscopio con su incertidumbre.
6. Medir la señal con el polímetro y comprobar que el resultado obtenido es el mismo.
7. Repetir la medida en dos escalas distintas del osciloscopio, anotando la medida y su incertidumbre. Comprobar que la medida es la misma en todos los casos y cuál de ellas tiene una incertidumbre mayor.

### MEDIDA DEL PERIODO Y AMPLITUD DE UNA SEÑAL ALTERNA

1. Con el selector AC/DC/GND en la posición AC.

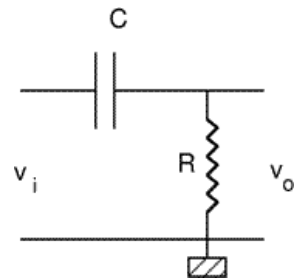
2. Seleccionar una señal sinusoidal en el generador de señales y ajustar la frecuencia de en torno a 600 Hz y amplitud a mitad del recorrido del selector de amplitud.
3. Ajustar la escala de tiempo y voltaje en el osciloscopio hasta visualizar claramente la señal.
4. Medir la tensión pico a pico ( $V_{pp}$ ) y el período de la señal, anotar las medidas y sus incertidumbres. Para esto ayúdate del regulador de posición vertical para hacer que el mínimo de la señal coincida con una línea de cuadrícula horizontal y el máximo de la señal con una línea de cuadrícula vertical.
5. Obtener la amplitud y frecuencia de la señal, sabiendo que  $V_0 = \frac{V_{pp}}{2}$  y  $f = \frac{1}{T}$ . Comprobar que la frecuencia se corresponde con la seleccionada.
6. Medir la señal con el polímetro y comprobar si el valor de amplitud obtenida es el mismo.
7. Ajustar el control de amplitud aproximadamente en el máximo del selector del generador y a una frecuencia de 24000 Hz y repetir los pasos anteriores.
8. Recoged imágenes y anotar todos los valores obtenidos con su incertidumbre.

## VARIACIÓN DE LA IMPEDANCIA DE UN CIRCUITO RC. MODULO Y FASE DE LA IMPEDANCIA

Estudiaremos ahora la variación del módulo de la impedancia y el ángulo de fase con la frecuencia en un circuito RC como el de la figura

### Módulo de la impedancia

Para calcular el módulo de una impedancia en un circuito RC, nos basamos en la ley de Ohm  $V = I \times Z$ . Para ello aplicamos una diferencia de potencial de tipo sinusoidal, mediante el generador de funciones. Seleccionaremos un condensador que permita obtener frecuencias de corte en el circuito RC de en torno a 5-10 Hz, sabiendo que la frecuencia de corte se puede obtener como  $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$ .



Para medir la corriente en el circuito RC mediremos la tensión que cae en la resistencia  $V_R$  mediante el osciloscopio. Es decir  $I = \frac{V_R}{R}$  y  $Z = \frac{V}{V_R} \times R$

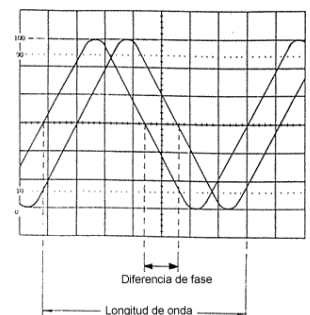
### Argumento de la impedancia

El argumento de la impedancia coincide con el desfase entre tensión e intensidad. Dado que mediante el osciloscopio podemos obtener la forma de onda de la tensión de alimentación ( $V$ ) y de una señal proporcional a la intensidad con igual fase y frecuencia ( $V_R$ ), para obtener el argumento de la impedancia solamente tenemos que medir el ángulo de desfase entre ambas señales.

### Medida de desfase entre señales de igual frecuencia. Método de las dos trazas

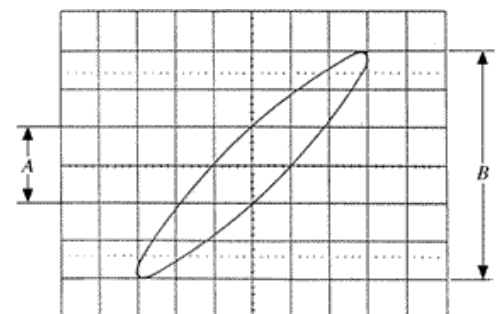
Básicamente consiste en la visualización de las dos señales cuyo desfase queremos medir en la pantalla del osciloscopio, y a partir de ahí medir sobre el eje de tiempos la distancia entre puntos homólogos para ambas señales. Dado que el desfase viene dado en grados, este desfase se puede obtener como

$$\text{desfase en grados} = \frac{\text{diferencia de fase} \times 360}{\text{período}}$$



### Medida de desfase entre señales de igual frecuencia. Método de la elipse de Lissajous

Empleando las figuras de Lissajous: Si introducimos señales de igual frecuencia por ambos canales del osciloscopio y seleccionamos el modo X-Y en este, obtenemos una elipse tal y como la que se muestra en la figura.



El desfase entre ambas señales viene dado por la relación  $\phi = \arcsen\left(\frac{A}{B}\right)$

### **Realización de la práctica**

- 1) Seleccionar una frecuencia en el generador de señales.
- 2) Medir la tensión pico-pico y frecuencia de la señal de entrada.
- 3) Medir la tensión pico-pico y la frecuencia de la tensión en la resistencia.
- 4) Medir el desfase entre la señal de entrada y la tensión en la resistencia, mediante el método de las dos trazas y el método de la elipse de Lissajous.
- 5) Obtener el valor de la impedancia en formada por la resistencia y el condensador en serie. Comprobar con el valor calculado
- 6) Repetir el proceso con 20 medidas a diferentes frecuencias.

### **RESULTADOS A MOSTRAR**

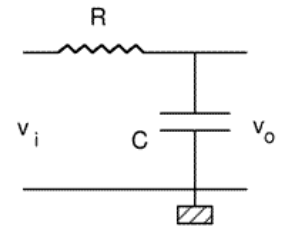
#### **CIRCUITO INTEGRADOR**

Montar un circuito RC tal que su frecuencia de corte este entre 25 y 30 kHz.

En este caso, la entrada se produce por la resistencia y la salida por el condensador. Para comprobar que efectivamente integra cuando la frecuencia de la señal es superior a la frecuencia de corte realizar:

- 1) Introducir una señal cuadrada a la entrada del circuito y verificar que a la salida la señal resultante es una señal triangular de igual frecuencia y fase.
- 2) Introducir una señal senoidal a la entrada del circuito y comprobar que a la salida se obtiene una señal senoidal de igual frecuencia, pero desfasada 90° respecto a la de entrada.

Seguidamente, para un tipo de señal sinusoidal, hacer una gráfica de la tensión y la fase de salida frente a la frecuencia de la señal de entrada (con amplitud constante). Tomar 10 medidas entre 500 Hz y 500 KHz. Observar que se trata de un filtro y justificar de qué tipo es (filtro pasa-baja, pasa-alta o pasa-banda).



## PRÁCTICA III: ACCIONAMIENTO Y MEDIDAS DE MOTORES DE C.C.

En esta práctica montaremos el accionamiento de diferentes tipos de motores y comprobaremos la característica eléctrica de cada uno de ellos.

### MOTOR PASO A PASO

#### **MOTOR PASO A PASO UNIPOLAR 28BJY**

Revisar el contenido de la página: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/motor-paso-a-paso-uln2003-l298n/>

Seguir las instrucciones de montaje al final de la página para el motor paso a paso monopolar 28BJY usando el driver ULN2003. Responder a las siguientes preguntas:

1. Realizar una secuencia de pasos de tal forma que el motor gira 90°. ¿Coincide el número de pasos con el esperado?
2. ¿Cómo es la forma de onda de la señal de tensión en las bobinas del motor? Dibujar una gráfica representativa. Obtenerla usando el osciloscopio.
3. Establecer una velocidad de giro de vuestra elección: ¿Cuál es la potencia suministrada por la fuente de alimentación a la velocidad de giro escogida?, ¿Si se aumenta o disminuye la velocidad de giro como cambia la potencia suministrada? ¿Las potencias obtenidas están dentro del rango de funcionamiento normal del motor?

## **MOTOR PASO A PASO BIPOLAR NEMA17**

Revisar el contenido de la página <https://www.luisllamas.es/motores-paso-paso-arduino-driver-a4988-drv8825/>

Seguir las instrucciones de montaje al final de la página para el motor paso a paso bipolar NEMA17 Responder a las siguientes preguntas:

1. Realizar una secuencia de pasos de tal forma que el motor gira 90°. ¿Coincide el número de pasos con el esperado?
2. ¿Cómo es la forma de onda de la señal de tensión en las bobinas del motor? Dibujar una gráfica representativa.
3. Establecer una velocidad de giro de vuestra elección: ¿Cuál es la potencia suministrada por la fuente de alimentación a la velocidad de giro escogida?, ¿Si se aumenta o disminuye la velocidad de giro como cambia la potencia suministrada? ¿Las potencias obtenidas están dentro del rango de funcionamiento normal del motor?

## **SERVOMOTOR SG90**

Revisar el contenido de la página: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/servomotor-con-arduino/>

Seguir las instrucciones de montaje al final de la página para el servomotor SG90. Responder a las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo es la forma de onda de la señal de control del ángulo de giro del servo? Dibujar una gráfica representativa usando el osciloscopio para comprobar su forma.
2. Establecer un ángulo de giro de vuestra elección: ¿Cuál es la potencia suministrada por la fuente de alimentación a la velocidad de giro escogida?, ¿Si se aumenta o disminuye el ángulo de giro como cambia la potencia suministrada?

### **MOTOR SIN ESCOBILLAS (BRUSHLESS) – OPCIONAL:**

Realiza una búsqueda en Internet de una página donde expliquen como controlar un motor sin escobillas usando un driver ESC y Arduino. Anota la URL de la página a continuación:

Sigue las instrucciones de la página y realiza el montaje. A continuación, responde a las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo es la forma de onda de la señal de control de velocidad de giro del motor? Dibujar una gráfica representativa usando el osciloscopio para comprobar su forma.
2. ¿Cómo es la forma de onda de la señal de tensión en las bobinas del motor? Dibujar una gráfica representativa ayudándote del osciloscopio.
3. Establecer una velocidad de giro de vuestra elección: ¿Cuál es la potencia suministrada por la fuente de alimentación a la velocidad de giro escogida?, ¿Si se aumenta o disminuye la velocidad de giro como cambia la potencia suministrada? ¿Las potencias obtenidas están dentro del rango de funcionamiento normal del motor?