

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL
ESTUDIO DEL MOTOR MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA**

Pablo Washington Tipán Quishpe

pablo.tipan01@epn.edu.ec

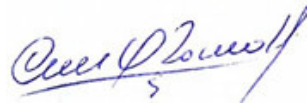
DIRECTOR: ING. CARLOS ORLANDO ROMO HERRERA, MSC.

carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, noviembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Tipán Quishpe Pablo Washington como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA, bajo mi supervisión:



**Ing. Carlos Orlando Romo
Herrera**

DIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Pablo Washington Tipán Quishpe con CI: 1725096588 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Pablo Washington Tipán Quishpe

CI: 1725096588

Teléfono: 0995736076

Correo: pablo.tipan01@epn.edu.ec

DEDICATORIA

A Dios por otorgarme la vida para terminar mis estudios.

A mi madre por estar siempre apoyándome y ser una guía en mi vida.

A mi padre y hermanos por estar pendientes de mí y darme fuerza con sus palabras.

A todas las personas que me brindaron su apoyo para seguir adelante y no rendirme con mis estudios.

Pablo Tipán

AGRADECIMIENTO

A Dios por siempre estar a mi lado cuando me sentía solo y darme esta gran oportunidad que es la vida.

A la Escuela Politécnica Nacional por brindarme ser parte de uno sus estudiantes y enseñarme el valor de la perseverancia.

A los docentes quienes formaron mi camino de aprendizaje y los cuales me han inculcado valores para ser una mejor persona y profesional en la vida.

Pablo Tipán

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos	2
1.3	Fundamentos.....	2
	Motor Eléctrico.....	2
	Motor Monofásico	2
2	Metodología.....	6
2.1	Descripción de la metodología usada	6
3	Resultados y Discusión.....	7
3.1	Requerimientos para el módulo didáctico	7
	Tipo de motor monofásico	8
	Protección eléctrica	8
	Estructura metálica tamaño y dimensiones.....	9
	Sistema de medición	9
3.2	Construcción del módulo didáctico	10
	Diseño	10
	Elaboración de la estructura	10
	Construcción del panel de conexiones.....	11
	Cables de conexión eléctrica	12
3.3	Implementación del sistema de medición	12
	Microcontrolador	12
	Módulo de medición multifunción.....	13
	Sensor de efecto Hall.....	14
	Pantalla	15
	Algoritmo para el sistema de medición	15
	Conexión del sistema de medición.....	17
	Instalación de componentes	18

3.4	Pruebas y Análisis de Resultados.....	19
	Pruebas de continuidad y resistencia.....	19
	Prueba de alimentación eléctrica.....	21
	Comprobación de elemento de protección eléctrica.....	21
	Prueba del sistema de medición y funcionamiento de los motores monofásicos..	22
3.5	Hojas guías de laboratorio.....	24
3.6	Manual de Uso y Mantenimiento.....	25
4	Conclusiones y Recomendaciones.....	26
4.1	Conclusiones.....	26
4.2	Recomendaciones.....	27
5	Bibliografía.....	29
	ANEXOS.....	31
	Anexo 1: Certificado de Funcionamiento.....	i
	Anexo 2: DIAGRAMA DE BLOQUES DE MÓDULO DEL MOTOR MONOFÁSICO.....	iii
	ANEXO 3: DATOS TÉCNICOS MOTOR MONOFÁSICO DE DOS CAPACITORES.....	i
	ANEXO 4: CONEXIÓN Y DATOS TÉCNICOS GUARDAMOTOR.....	i
	ANEXO 5: CODIGO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.....	i
	ANEXO 6: HOJAS GUIAS PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	v
	ANEXO 7: CONEXIONES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE MOTORES MONOFÁSICOS.....	ix

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Partes principales del motor eléctrico monofásico.....	2
Figura 1.2 Esquema de motor de fase partida.....	3
Figura 1.3 Esquema motor de fase partida con arranque por condensador.	4
Figura 1.4 Esquema de motor de fase partida con capacitor permanente.....	4
Figura 1.5 Esquema de motor monofásico de condensador permanente y de arranque	5
Figura 3.1 Diagrama del sistema.....	7
Figura 3.2 Motor monofásico de dos capacitores WEG.....	8
Figura 3.3 Guardamotor MMS-32S	9
Figura 3.4 Diseño de la estructura metálica.	10
Figura 3.5 Estructura del módulo construida.	11
Figura 3.6 Panel de conexiones.....	12
Figura 3.7 Cable flexible AWG.	12
Figura 3.8 Arduino Uno.	13
Figura 3.9 Módulo PZEM-004 a 100A.	13
Figura 3.10 Pinza amperimétrica de 100(A).	14
Figura 3.11 Sensor efecto Hall KY-003.	14
Figura 3.12 Pantalla SPI TFT 1.8”.....	15
Figura 3.13 Diagrama de flujo del programa.	16
Figura 3.14 Diagrama de conexión para el sistema de medición.....	17
Figura 3.15 Baquelita para el sistema de medición.	18
Figura 3.16 Motor monofásico montado en la estructura.....	18
Figura 3.17 Módulo de motor monofásico de dos capacitores.....	19
Figura 3.18 Prueba de resistencias bobinado.	20
Figura 3.19 Medición de alimentación eléctrica.	21
Figura 3.20 Comprobación del guardamotor.	21
Figura 3.21 Multímetro y tacómetro utilizado para la medición de valores.....	22
Figura 3.22 Conexión para el motor de arranque por condensador.....	23
Figura 3.23 Conexión para el motor de arranque por condensador y marcha por condensador.....	24
Figura 3.24 Código QR del video del manual de uso.	25
Figura 3.25 Código QR del video de mantenimiento.	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Información técnica del motor monofásico de dos condensadores WEG.....	8
Tabla 3.2 Información técnica del guardamotor MMS-32S.	9
Tabla 3.3 Materiales utilizados para la elaboración del módulo.	11
Tabla 3.4 Características técnicas módulo PZEM-004T.	13
Tabla 3.5 Datos medidos de resistencia de los devanados.	20
Tabla 3.6 Verificación de continuidad con la carcasa del motor.....	20
Tabla 3.7 Valores para la prueba del motor de arranque por condensador.	22
Tabla 3.8 Porcentaje de error para los valores del motor de arranque por condensador.	22
Tabla 3.9 Valores para la prueba del motor de arranque y marcha por condensador.	23
Tabla 3.10 Porcentaje de error para los valores del motor de arranque y marcha por condensador.....	23

RESUMEN

El presente proyecto de titulación, “IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL ESTUDIO DEL MOTOR MONOFÁSICO DE INDUCCIÓN”, tiene el objetivo de proporcionar al estudiante un módulo en el que le permita conocer las características del motor monofásico y aplicar sus conocimientos teóricos, además de que pueda familiarizarse con el conexionado. Este módulo también cuenta con un sistema de medición que permitirá conocer el comportamiento eléctrico que posee.

La distribución de las secciones que tiene el presente documento es la siguiente:

La sección uno está compuesto por la introducción, el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto, además cuenta con una corta explicación de la teoría del motor monofásico, así como los elementos de medición implementados.

En la sección dos se señala la metodología utilizada para el diseño del módulo didáctico, así como las definiciones conceptuales y operacionales.

En la sección tres se indica la construcción del módulo didáctico, así como las diferentes pruebas realizadas para comprobar el correcto funcionamiento del módulo construido, además del desarrollo de las hojas guías para prácticas.

La sección cuatro está constituido por las conclusiones y recomendaciones conseguidas al finalizar el proyecto de titulación.

Y, por último, en la sección cinco donde se encuentran las referencias bibliográficas que fueron consultadas para la elaboración de este proyecto.

PALABRAS CLAVE: motor, monofásico, módulo, devanado, efecto hall.

ABSTRACT

The present degree project, "IMPLEMENTATION OF A DIDACTIC MODULE FOR THE STUDY OF THE STUDY OF THE SINGLE-PHASE INDUCTION MOTOR", has the objective of providing the student with a module that allows him to know the characteristics of the single-phase motor and to apply his theoretical knowledge, in addition to familiarizing him with the wiring. This module also has a measurement system that will allow the student to know its electrical behavior.

The distribution of the chapters of this document is as follows:

Section one is composed of the introduction, the general objective and the specific objectives of the project, it also has a short explanation of the theory of the single-phase motor, as well as the measurement elements implemented.

Section two describes the methodology used for the design of the didactic module, as well as the conceptual and operational definitions.

Section three shows the construction of the didactic module, as well as the different tests carried out to verify the correct operation of the constructed module, in addition to the development of the practice guide sheets.

Section four is constituted by the conclusions and recommendations obtained at the end of the degree project.

Finally, section five contains the bibliographical references that were consulted for the elaboration of this project.

KEYWORDS: motor, single-phase, module, winding, hall effect.

1 INTRODUCCIÓN

La Escuela de Formación de Tecnólogos tiene actualmente la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica la cual está diseñada para que sus estudiantes tengan la capacidad de proponer soluciones para la automatización y control de sistemas electromecánicos de aplicación industrial [1].

El estudiante de Tecnología Superior en Electromecánica, dentro de su enfoque práctico está involucrado en la utilización, mantenimiento y la instalación de máquinas eléctricas, por lo tanto, es importante que el estudiante de esta carrera realice constantemente prácticas en las que se familiarice con motores, generadores y transformadores para consolidar sus conocimientos.

En la Escuela de Formación de Tecnólogos hoy por hoy no cuenta con un laboratorio de máquinas eléctricas y mucho menos con módulos didácticos, los cuales ayuden a la complementación práctica para que se pueda mejorar la metodología de enseñanza. Actualmente las prácticas son realizadas en la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica y uno de los inconvenientes para los estudiantes de la ESFOT es no tener fácil acceso debido a la escasa disponibilidad de horarios para el uso del laboratorio.

En el área de motores eléctricos es fundamental conocer el principio de funcionamiento y sus respectivas conexiones acorde a cada tipo de motor, por ejemplo, los motores monofásicos actualmente son importantes en la industria, ya que son eficientes y económicos, es por esto que surge la necesidad de tener un módulo que permita la familiarización y la aplicación de conocimientos relacionados con los motores monofásicos [1].

Por esta razón, en este trabajo de titulación se implementó un módulo de motor monofásico en donde el estudiante pueda aplicar sus conocimientos teóricos y verificar su funcionamiento, además, que pueda familiarizarse con su conexionado de los tipos de motores monofásicos y sus características. También, se realizaron hojas guías para llevar a cabo prácticas con este módulo.

En el anexo 1, se indica el certificado de funcionamiento correcto del módulo didáctico implementado.

1.1 Objetivo general

Implementar un módulo didáctico para estudio del motor monofásico de inducción.

1.2 Objetivos específicos

- Establecer requerimientos para el módulo didáctico.
- Construir el módulo didáctico.
- Implementar el sistema de medición eléctrica para el módulo.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Elaborar hojas guías para prácticas de laboratorio.

1.3 Fundamentos

Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina rotativa que transforma la energía eléctrica en energía mecánica en un eje. Principalmente está constituido por un estator y rotor, esto se visualiza en la **Figura 1.1** [2].

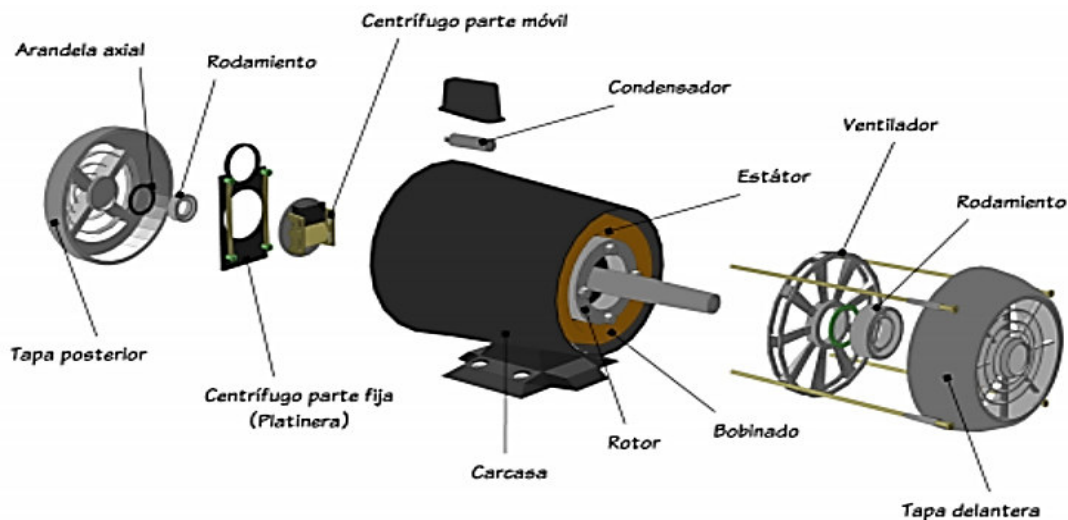


Figura 1.1 Partes principales del motor eléctrico monofásico [16].

Motor Monofásico

El motor monofásico tiene un funcionamiento similar al motor trifásico, pero a diferencia de éste, el devanado del estator genera un campo magnético alterno insuficiente para que el motor empiece a girar, esto ocasiona que su par arranque sea prácticamente cero. Es por esta razón que surge la necesidad de crear un campo bifásico a partir de uno monofásico, esto se logra implementando un devanado auxiliar el cual produce un desfase en relación con otro devanado, con la finalidad de que el motor pueda arrancar [2].

Los motores monofásicos se clasifican de acuerdo al método que se utilice para su arranque, tales como:

Motor monofásico de fase partida

Este motor consta de dos devanados en el estator los cuales están conectados en paralelo (**Figura 1.2**). El devanado auxiliar o de arranque tiene menos vueltas de alambre de cobre y su diámetro es menor, este bobinado se encuentra conectado en serie con un interruptor centrífugo. El devanado de marcha o trabajo es lo opuesto ya que posee más vueltas y el diámetro del alambre de cobre es mayor. Al tener los devanados estas propiedades se puede crear un campo magnético giratorio que permiten el arranque del motor [3].

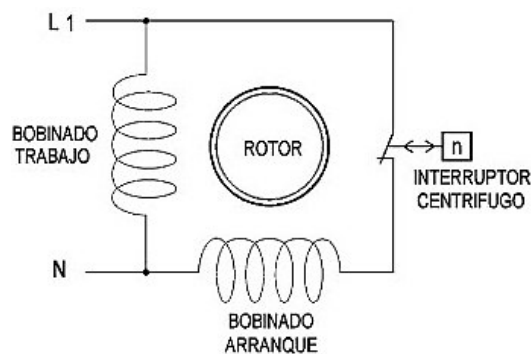


Figura 1.2 Esquema de motor de fase partida [17].

Motor de fase partida con arranque por condensador

Este motor es idéntico al de fase partida, con la diferencia que en el devanado auxiliar se tiene conectado un capacitor en serie (**Figura 1.3**). La función de este capacitor es de que la corriente se adelante a la tensión en el devanado auxiliar, esto genera que el par de arranque sea mayor ya que el desfase entre el devanado de trabajo y auxiliar puede ser mayor o igual a 90° [3].

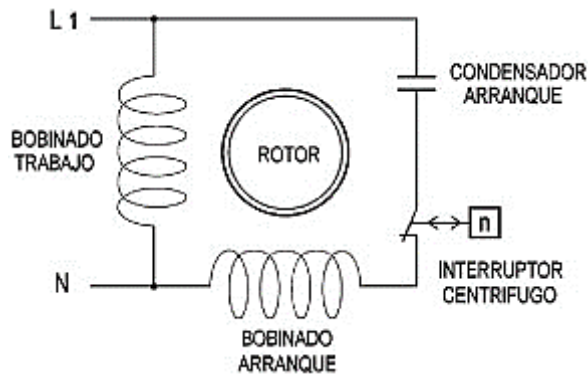


Figura 1.3 Esquema motor de fase partida con arranque por condensador [17].

Motor de fase partida con capacitor permanente

Para este motor los dos devanados del estator son de propiedades iguales conectados en paralelo (**Figura 1.4**). Estos son los encargados de producir un campo magnético giratorio, pero en uno de ellos está conectado un capacitor en serie con la finalidad de corregir el factor de potencia del motor en estado estable. Otra de sus características es no contar con un interruptor centrifugo.

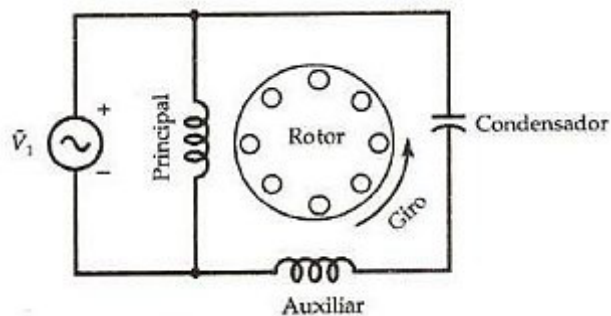


Figura 1.4 Esquema de motor de fase partida con capacitor permanente [4].

Motor monofásico de arranque por condensador y marcha por condensador

Este motor utiliza dos condensadores uno de arranque (CA) y otro de marcha o trabajo (CM), mediante la capacidad de estos dos se eleva el par de arranque en razón de dos a tres veces del par nominal (**Figura 1.5**). El condensador de arranque se desconecta una vez alcanzado el 75% de la velocidad sincrónica, mientras que el condensador de trabajo sigue conectado. Este motor fue seleccionado para realizar el módulo de motor monofásico ya que, cuenta con los bobinados necesarios para poder llevar a cabo el conexionado de diferentes tipos de motores monofásicos [4].

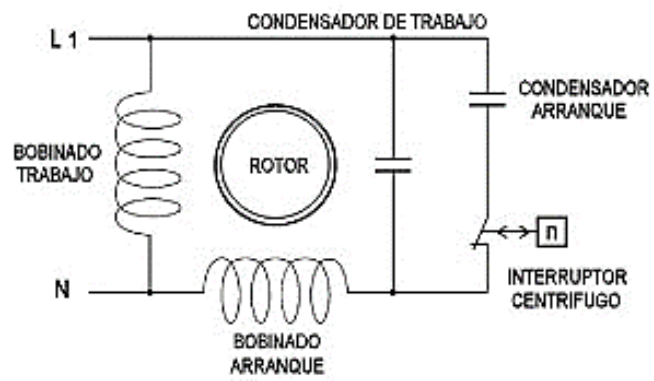


Figura 1.5 Esquema de motor monofásico de condensador permanente y de arranque [17].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

El diseño del módulo didáctico para la materia de Máquinas Eléctricas CA, se realizó mediante los conocimientos adquiridos en la ESFOT, la construcción y el sistema de medición eléctrica se efectuó mediante una investigación exhaustiva en la cual se llevó a la práctica cumpliendo los objetivos propuestos [5].

En cuanto a la realización de este módulo se utilizó un motor monofásico de la marca “WEG” que cuenta con tres devanados, dos de ellos son principales y uno secundario, con los cuales se puede llevar a cabo las conexiones necesarias para su funcionamiento. Además, este motor cuenta con un capacitor de arranque y otro de marcha que mejoran las capacidades de trabajo. Como elemento de protección y maniobra se utilizó un guardamotor de la marca “LS Electric”, se debe mencionar que este elemento es trifásico; pero se realizó una conexión para que su operación sea monofásica. Para el diseño de la estructura en la que se montará el motor monofásico se usó el software SolidWorks el cual cuenta con la norma ISO para el desarrollo de estructuras. El material que se utilizó para la construcción de la estructura fue el tubo cuadrado de hierro, el cual es más conveniente al momento de realizar los procesos como: soldadura y corte con discos abrasivos, además de proporcionar una mayor rigidez a la estructura evitando las vibraciones que pueda causar el motor.

En la implementación del sistema de medición eléctrica para el módulo, se utilizó la plataforma Arduino Uno, la cual a su vez se conecta al módulo de medición PZEM-004T el cual permite censar los valores tales como: voltaje, corriente y el factor de potencia.

Para la medición de las revoluciones de un motor industrial no existe un kit de Arduino que permita realizar tal proceso, por esta razón se adaptó un sensor de efecto Hall que censa mediante un imán de neodimio adaptado a la polea del motor, dicho sensor se comunica con el sistema del Arduino Uno. Todos los valores censados se muestran en una pantalla Spi Tft de 1.8 pulgadas la cual se comunica al Arduino Uno.

Se llevaron a cabo las pruebas de funcionamiento en el módulo con la finalidad de hallar la existencia de errores o anomalías como: inexactitud en el sistema de medición (voltaje, corriente, factor de potencia y RPM), falla del elemento de protección, alta vibración del motor. Finalmente, se elaboró un manual de uso y se realizaron las hojas guías para el desarrollo de las prácticas con el módulo de motor monofásico.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El módulo didáctico cuenta con un motor monofásico que posee un devanado de arranque, dos devanados de marcha o trabajo, un capacitor de arranque y otro de marcha, estos componentes pueden ser conectados para realizar el estudio de este motor. Además, está integrado un sistema de medición el cual permite observar los valores de voltaje (V), corriente (A), factor de potencia y RPM en el eje del motor. Todos los elementos mencionados están montados en una estructura metálica la cual es de un empleo accesible. Se puede observar el diagrama del sistema en la **Figura 3.1**.

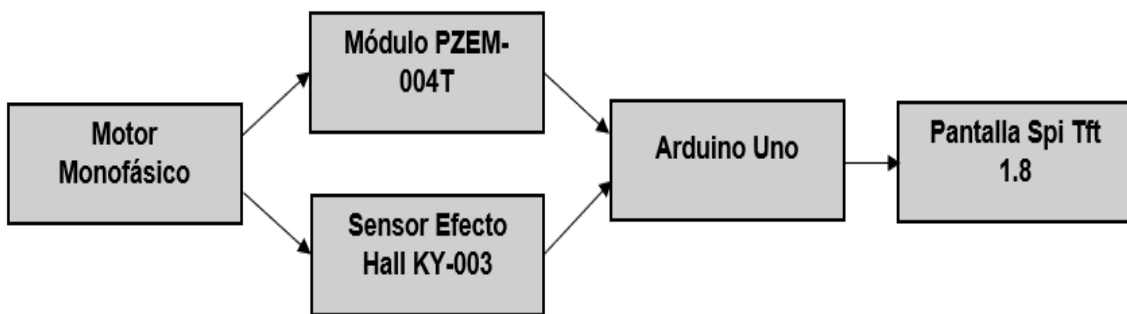


Figura 3.1 Diagrama del sistema.

3.1 Requerimientos para el módulo didáctico

Para el diseño y la construcción de este módulo se planteó cumplir con los objetivos propuestos, es por esta razón que se realizó una investigación para determinar los requerimientos que mejor funcionamiento y operabilidad puedan brindar al mismo. Los elementos que se tomaron en cuenta fueron:

- Motor monofásico de arranque y marcha por condensador.
- Guardamotor como elemento de protección y control para el motor monofásico.
- Estructura metálica para albergar los componentes.
- Sistema de medición mediante el uso microcontroladores.

Los elementos que se consideraron fueron un motor monofásico de dos condensadores en el cual se puede llevar las conexiones de diferentes motores monofásicos, un guardamotor que permite la protección y operación del motor, una estructura metálica de manipulación accesible que consigue albergar los elementos implementados y, por último, un sistema de medición que está integrado por componentes que pueden medir los valores de voltaje, corriente, factor de potencia y RPM. A continuación, se explica más detalladamente los requerimientos de cada componente.

Tipo de motor monofásico

Para la construcción de este módulo se buscó un motor monofásico (**Figura 3.2**) que cuenta con dos devanados, un principal y un secundario, ya que el objetivo es que el estudiante pueda realizar las conexiones para la operación de éste. El motor que se escogió es el de arranque por condensador y marcha por condensador, ya que éste dispone de tres devanados dos de ellos son de marcha y uno de arranque lo cual permite que opere a dos voltajes de alimentación. Las características del motor seleccionado se encuentran en la **Tabla 3.1**.



Figura 3.2 Motor monofásico de dos capacitores WEG [6].

Tabla 3.1 Información técnica del motor monofásico de dos condensadores WEG [6].

Características eléctricas del motor monofásico de dos capacitores de marca WEG	
Voltaje	110-127 / 220-254 (V)
Frecuencia	60 (Hz)
Corriente	17.30-19.90 / 8.65-9.95 (A)
Potencia de salida	1.5 (Hp) o 1.10 8 (KW)
RPM	1730
Factor de servicio	1.15
Clase de aislamiento	F
Número de polos	4
Temperatura de ambiente de trabajo	40 (°C)
Tipo de alimentación (PH)	1 (Monofásica)

Protección eléctrica

En cuanto a la protección eléctrica para el motor monofásico, se escogió un guardamotor (**Figura 3.3**) ya que permite resguardar de sobrecargas y cortocircuitos, además de funcionar como elemento de paro y marcha del motor eléctrico. La selección de este elemento se realizó mediante la corriente nominal del motor, dicho dato está ubicado en la placa del motor. Los datos técnicos de este elemento se encuentran en la **Tabla 3.2**.

Tabla 3.2 Información técnica del guardamotor MMS-32S [7].

Características del guardamotor MMS-32S (22-32A)	
Marca	Meta-MEC
Aplicación del dispositivo	Motor
Tipo de Red	CA
Característica de empleo	Paro y arranque para el motor monofásico
Elemento de protección eléctrica	Relé térmico
Intensidades de disparo	22-32 (A)
Tensión nominal de aislamiento	690 (V)
Temperatura de funcionamiento	-20 ~ +60 (°C)



Figura 3.3 Guardamotor MMS-32S

Estructura metálica tamaño y dimensiones

La construcción de la estructura del módulo se buscó realizar con tubo cuadrado de hierro de 2 (cm) por 2 (cm) esto con la finalidad de brindar una mayor estabilidad al momento de la operación de motor, ya que al ser una máquina industrial esta produce una vibración.

Sistema de medición

Para el desarrollo del sistema de medición se tomó en cuenta los parámetros de voltaje, corriente, factor de potencia y velocidad (RPM). El sistema micro procesado que se utilizó es el Arduino uno el cual funciona como un sistema de adquisición de datos y puede comunicarse con una pantalla para la muestra de los valores.

El módulo que permite la medición de los parámetros ya mencionados a excepción de la velocidad (RPM) es el PZEM-004T-100(A). Para la obtención de la velocidad del eje

del motor se utilizó el sensor de efecto Hall KY-003, además de colocar un imán de neodimio en la polea del motor.

3.2 Construcción del módulo didáctico

Diseño

El diseño de la estructura contiene componentes de medición y protección eléctrica. Este fue realizado considerando las dimensiones de cada uno de estos elementos, así como para la profundidad y el ancho de la estructura se tomó en cuenta que pueda albergar al motor monofásico, además de que el módulo sea accesible para la manipulación por parte de los estudiantes.

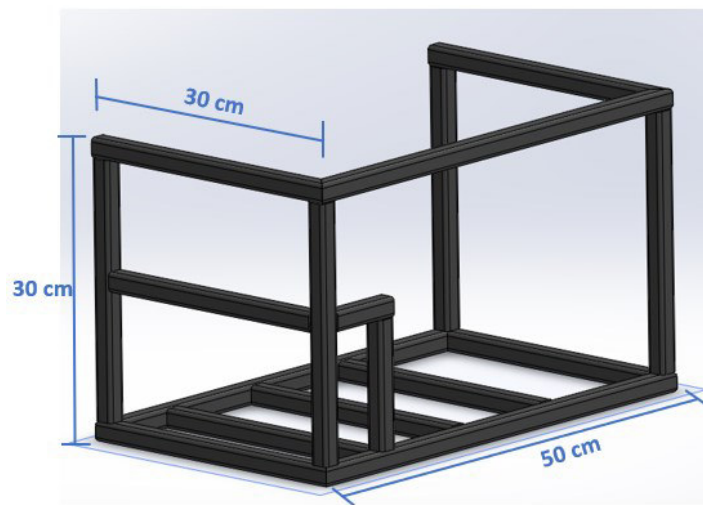


Figura 3.4 Diseño de la estructura metálica.

Para lograr una mayor firmeza al módulo se colocó cuatro soportes plásticos en las esquinas de la base.

Elaboración de la estructura

Una vez realizado el plano esquemático lo siguiente en llevarse a cabo fue la adquisición de los materiales para la fabricación de la estructura metálica del módulo del motor monofásico. Considerando el tamaño de los elementos que alberga la estructura se tomó las siguientes dimensiones: 30 (cm) de altura, 50 (cm) de largo y 30 (cm) de ancho. A continuación, se puede observar en la tabla los materiales utilizados para la elaboración. En la **Figura 3.4**, se señala el plano del módulo, los cuales se realizaron en el software SolidWorks.

Tabla 3.3 Materiales utilizados para la elaboración del módulo.

Material	Cantidad
Tubo cuadrado de 2 X 2 (cm)	5.5 (m)
Acrílico transparente de 4 (mm) de espesor	60 (cm ²)
Madera trípex base de 5 (mm) de espesor	50 (cm ²)
Madera trípex frontal de 1 (cm) de espesor	50 (cm ²)

Posteriormente, se realizó el corte del tubo cuadrado tomando en cuenta las medidas fijadas en el diseño, esto se hizo mediante el uso de una herramienta de corte para metal. Una vez obtenidas las piezas se procedió a unirlos para construir la estructura metálica y para ello se empleó soldadura eléctrica SMAW, ya que esta es la más utilizada para efectuar este tipo de trabajo, además se soldó cuatro tuercas en los extremos de la base del módulo para colocar los soportes plásticos.



Figura 3.5 Estructura del módulo construida.

Para la base en la que se asienta el motor se utilizó madera trípex con el fin de disminuir la vibración y brindar mayor soporte.

Construcción del panel de conexiones

Para la realización del panel se utilizó madera trípex de espesor de 5 (mm) en la cual se ubicaron las borneras plásticas, además se hizo dos aberturas, una para la operación del guardamotor y otra para la visualización de la pantalla de datos.



Figura 3.6 Panel de conexiones.

Cables de conexión eléctrica

Para la instalación del motor monofásico con el panel de conexiones se seleccionó el cable a partir de la información del fabricante del motor, por lo cual se eligió el cable flexible 12 (AWG) que fue utilizado para el conexionado del panel hacia las bobinas de marcha, este cable también sirvió para la alimentación eléctrica del motor. Para la conexión del panel con los capacitores y la bobina de arranque se escogió el cable flexible 16 (AWG).



Figura 3.7 Cable flexible AWG [14].

3.3 Implementación del sistema de medición

Microcontrolador

Se utilizó el Arduino Uno (**Figura 3.8**), ya que este posee los puertos analógicos y digitales necesarios para la conexión de los elementos que permiten la medición de los valores propuestos. El microcontrolador recibe los datos de voltaje, corriente, RPM y factor de potencia, los cuales son indicados en una pantalla SPI.



Figura 3.8 Arduino Uno.

Módulo de medición multifunción

El módulo PZEM-004T (**Figura 3.9**) cuenta con varias funciones de medición tales como: voltaje RMS, corriente RMS, potencia activa y energía para una carga en un sistema monofásico. Todos estos valores pueden ser comunicados a un microcontrolador (PIC o Arduino). Para la medición de corriente cuenta con una pinza amperimétrica (**Figura 3.10**), la cual permite medir valores más elevados. En la **Tabla 3.4** se observa las características técnicas que posee este elemento [8].

Tabla 3.4 Características técnicas módulo PZEM-004T [8].

Características módulo PZEM-004T 100A	
Voltaje rango	80 a 260 (V _{ac})
Corriente rango	0 a 100 (A)
Potencia rango	0 a 22 (kW)
Energía rango	0 a 9999 (kWh)



Figura 3.9 Módulo PZEM-004 a 100A [9].



Figura 3.10 Pinza amperimétrica de 100(A).

Sensor de efecto Hall

Se eligió el sensor de efecto Hall KY-003 (**Figura 3.11**) dado que este cuenta con una salida digital la cual permite comunicarse con el microcontrolador, además detecta de una forma rápida campos magnéticos generados cerca de éste. Se debe mencionar que la temperatura de trabajo es -25 ($^{\circ}\text{C}$) a 85 ($^{\circ}\text{C}$) lo cual permite que se pueda utilizar en un ambiente de trabajo poco rústico. La implementación de este sensor tiene la finalidad de medir las revoluciones del motor mediante un imán de neodimio colocado en el eje del motor [9].

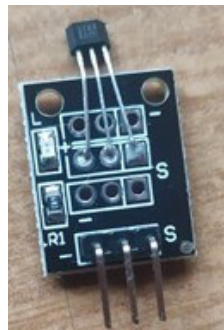


Figura 3.11 Sensor efecto Hall KY-003.

Pantalla

Se seleccionó la pantalla SPI TFT 1.8" (**Figura 3.12**) con el fin de que se pueda observar con una mayor nitidez todos los valores a medir. En la cual se indican los valores como; voltaje, corriente, factor de potencia y RPM.



Figura 3.12 Pantalla SPI TFT 1.8”.

Algoritmo para el sistema de medición

Para la realización e implementación del código lo primero que se llevó a cabo fue conocer los elementos que se usarían para la medición de los valores propuestos. Una vez ubicados los elementos se procedió a buscar las librerías correspondientes para la conexión y comunicación con el Arduino Uno.

El diagrama de flujo se hizo para determinar el proceso que se realizará de manera sistemática con el fin de identificar más adecuadamente los valores. Este se visualiza en la **Figura 3.13**.

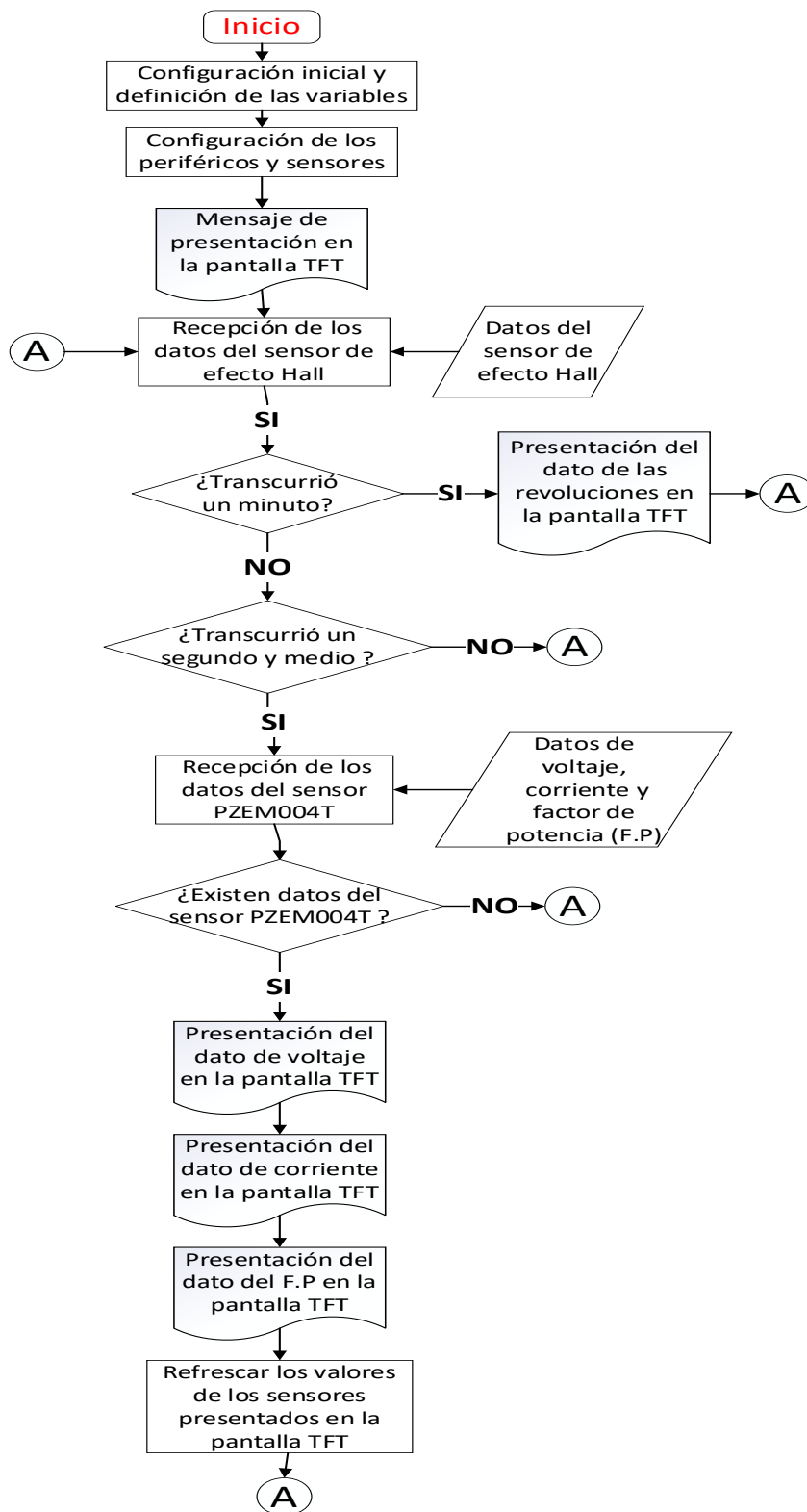


Figura 3.13 Diagrama de flujo del programa.

La funcionalidad del programa consiste en presentar primero la información del estudiante que elaboró el módulo del motor monofásico, lo siguiente en indicar es una pantalla en donde se visualizan los datos como; voltaje, corriente, factor de potencia y

velocidad del motor (RPM). Los pines de voltaje, así como la pinza amperimétrica deben estar conectados al motor para que el programa señale los valores en la pantalla, si esto no está realizado no indicará los valores eléctricos.

La velocidad del motor es monitoreada pasando un minuto por lo cual los valores se refrescarán con el tiempo ya mencionado, no es necesario realizar ninguna conexión para su funcionalidad. El código se puede observar en el **Anexo 5**.

Conexión del sistema de medición

Lo primero que se realizó fue la conexión a nivel de simulación, esto a través de un software que tiene en su librería los elementos que se utilizaron para la medición de los valores. Una vez comprobado los componentes en la simulación se procedió a realizar la conexión en un Protoboard, para el uso de la pantalla TFT se utilizó resistencias de valores de un $1k\Omega$ y 470Ω . Las conexiones se visualizan en la **Figura 3.14**.

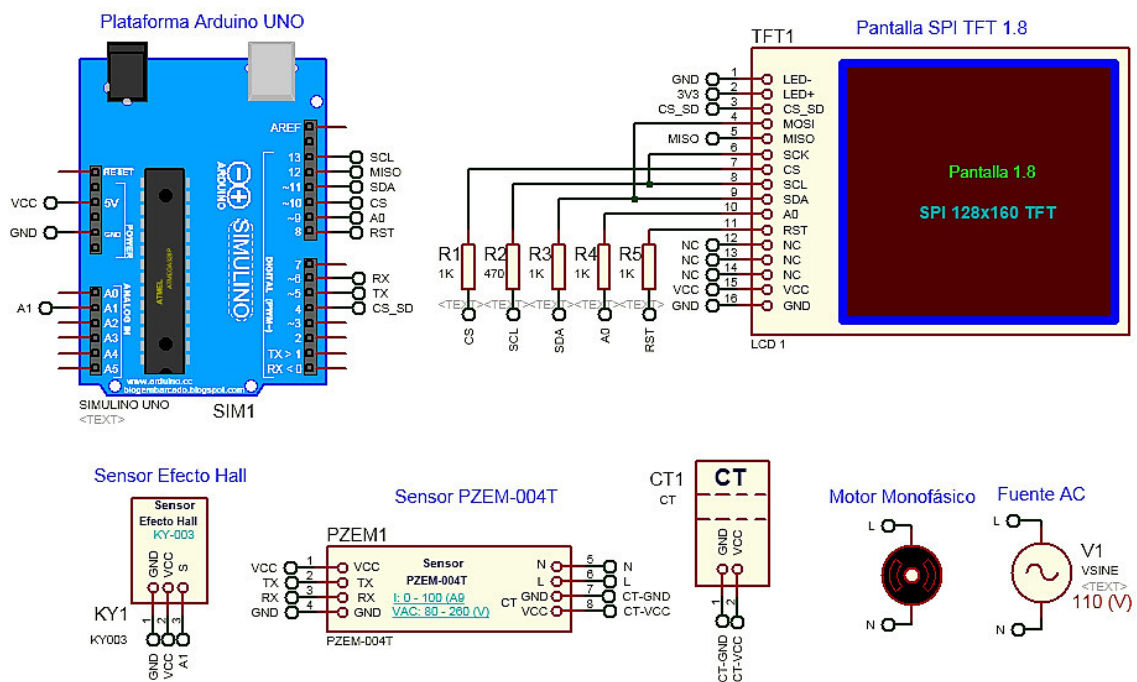


Figura 3.14 Diagrama de conexión para el sistema de medición.

Se realizó el diseño de una baquelita con la finalidad de optimizar el espacio donde está ubicado el sistema de medición. Esta se puede ver en la **Figura 3.15**.



Figura 3.15 Baquelita para el sistema de medición.

Instalación de componentes

Una vez realizado el dimensionamiento de todos los elementos se procedió a llevar a cabo su instalación, el motor montado en la estructura metálica (**Figura 3.16**) y sus terminales conectados al tablero, así como el sistema de medición cuya pantalla está ubicada en el panel de conexiones. Las partes que componen al módulo del motor monofásico de dos capacitores se visualizan en la **Figura 3.17**.



Figura 3.16 Motor monofásico montado en la estructura.

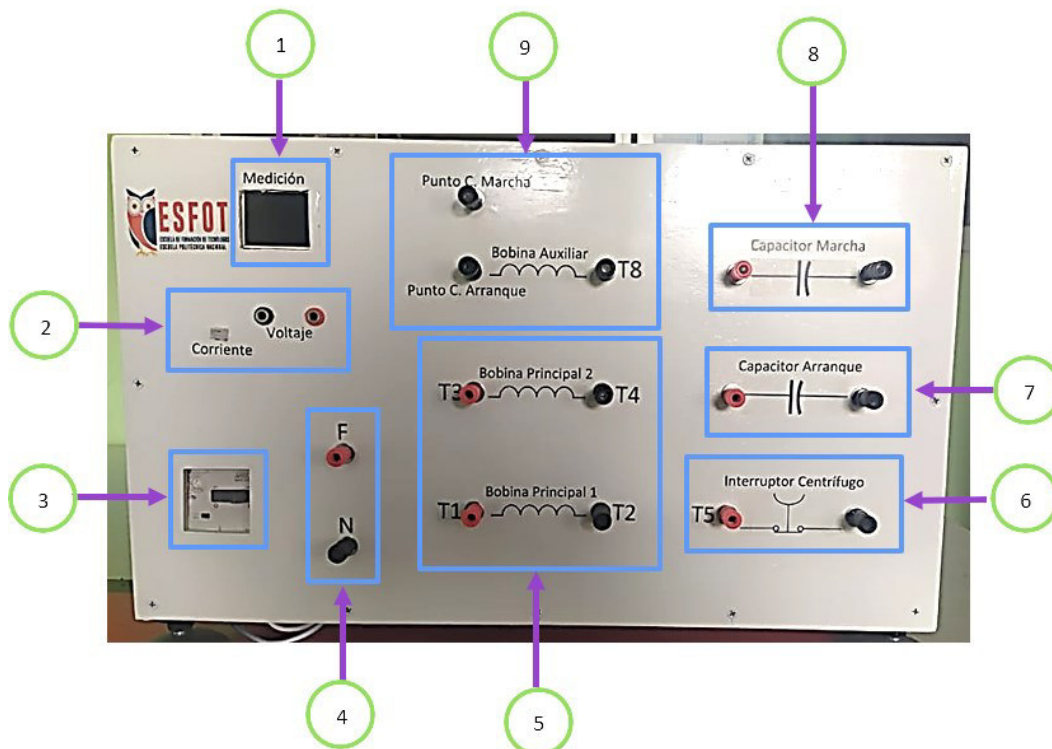


Figura 3.17 Módulo de motor monofásico de dos capacitores.

1. Pantalla TFT.
2. Conectores para sistema de medición eléctrica.
3. Guardamotor.
4. Alimentación para el conexionado.
5. Bobinas de marcha.
6. Interruptor centrifugo.
7. Capacitor de arranque.
8. Capacitor de marcha.
9. Bobina auxiliar o de arranque.

3.4 Pruebas y Análisis de Resultados

Una vez instalados todos los elementos en el módulo se realizaron las pruebas de funcionamiento, se debe mencionar que para estas verificaciones se empleó un multímetro marca Tianyu y un tacómetro de marca Cummins.

Pruebas de continuidad y resistencia

Para realizar estas pruebas se utilizó un multímetro con el fin de comprobar la resistencia y el estado de cada bobina (**Figura 3.18**), así como la verificación de que ningún cable del motor este en contacto con la carcasa del mismo, ya que si esto ocurriera provocaría un cortocircuito dañando ya sea al estator o al rotor. La prueba de

resistencia se observa en la **Tabla 3.5** y de la continuidad de los cables con la carcasa en la **Tabla 3.6**.

Tabla 3.5 Datos medidos de resistencia de los devanados.

Elemento	Resistencia (Ω)
Bobina de marcha 1	0.8
Bobina de marcha 2	0.8
Bobina de arranque	1.2

Tabla 3.6 Verificación de continuidad con la carcasa del motor.

Terminales del motor	Continuidad con la carcasa	
	Si	No
T1		✓
T2		✓
T3		✓
T4		✓
T5		✓
T8		✓



Figura 3.18 Prueba de resistencias bobinado.

Prueba de alimentación eléctrica

Esta prueba se llevó a cabo para medir los valores eléctricos como voltaje y corriente que alimentan al motor monofásico, esto se llevó a cabo conectando un multímetro en los bornes de alimentación del módulo. El valor de alimentación eléctrico fue de 117 Voltios.

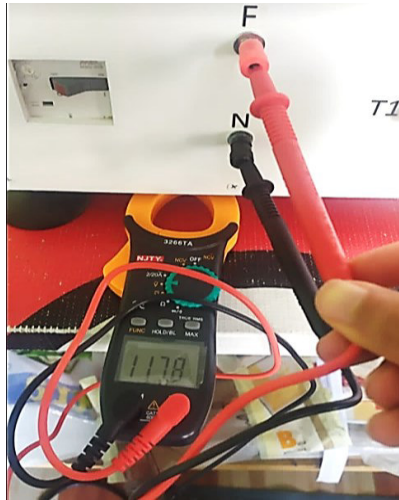


Figura 3.19 Medición de alimentación eléctrica.

Comprobación de elemento de protección eléctrica

El elemento a comprobar es el guardamotor, ya que este cuenta con un relé térmico que sirve para la protección eléctrica del motor, además de que permite regular el rango de corriente para las sobrecargas. Lo que se realizó fue conectar una resistencia de potencia de 3.3Ω en paralelo con las entradas de alimentación eléctrica del guardamotor, esto con el fin de tener un flujo de corriente mayor al establecido en dicho elemento el cual se encontraba en los 22 (A). Esto posibilitó observar la activación de protección eléctrica del equipo.

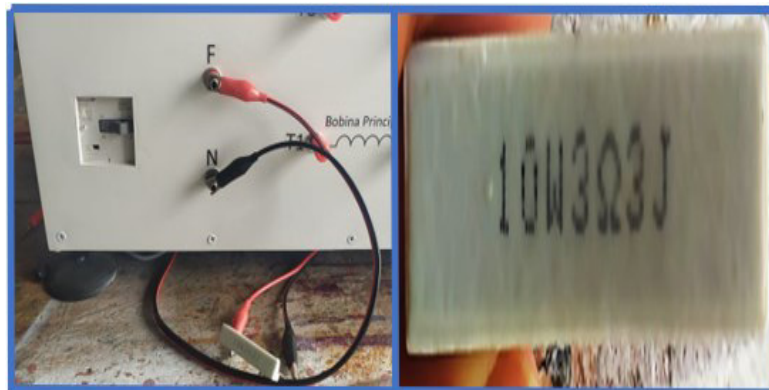


Figura 3.20 Comprobación del guardamotor.

Prueba del sistema de medición y funcionamiento de los motores monofásicos

Se comprobó el funcionamiento de los diferentes motores que se pueden llevar a cabo en el módulo y se utilizó cables de conexión banana-banana para poder efectuar el conexionado de cada uno. El esquema de conexión de cada motor se puede observar en el **Anexo 7**. También se verificó el sistema de medición del módulo, para esto se comparó los valores eléctricos con un multímetro, mientras que para los datos de velocidad del eje del motor se utilizó un tacómetro. Esto con la finalidad de señalar el porcentaje de error que tiene el sistema de medición implementado. A continuación, se observan las tablas de los datos obtenidos en estas pruebas.



Figura 3.21 Multímetro y tacómetro utilizado para la medición de valores.

Tabla 3.7 Valores para la prueba del motor de arranque por condensador.

Prueba del sistema de medición para el motor monofásico de arranque por condensador					
Valores de Voltaje (V)		Valores de Corriente (A)		Valores RPM	
Módulo	Multímetro	Módulo	Multímetro	Módulo	Tacómetro
115.8 V	116.8 V	18.5 A	18.8 A	1753	1793.8

Tabla 3.8 Porcentaje de error para los valores del motor de arranque por condensador.

% de error entre los valores del motor monofásico de arranque por condensador	
Voltaje	0.86 %
Corriente	1.62 %
RPM	2.32 %

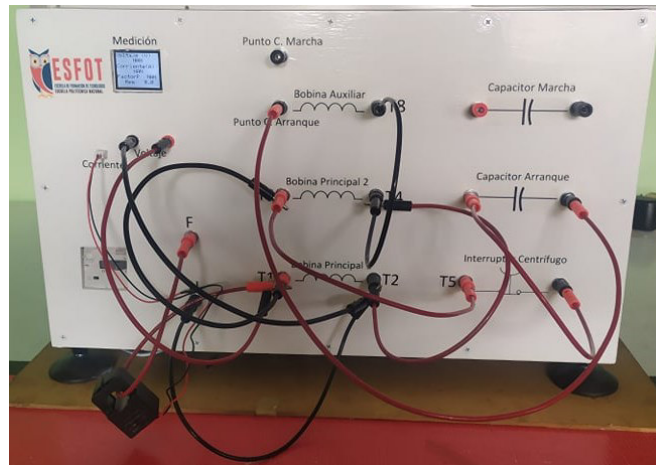


Figura 3.22 Conexión para el motor de arranque por condensador.

Tabla 3.9 Valores para la prueba del motor de arranque y marcha por condensador.

Prueba del sistema de medición para el motor monofásico de arranque y marcha por condensador					
Valores de Voltaje (V)		Valores de Corriente (A)		Valores RPM	
Módulo	Multímetro	Módulo	Multímetro	Módulo	Tacómetro
111.5 V	113.3 V	17.22 A	17.6 A	1752	1794.8

Tabla 3.10 Porcentaje de error para los valores del motor de arranque y marcha por condensador.

% de error para los valores del motor monofásico de arranque y marcha por condensador	
Voltaje	1.61 %
Corriente	2.2 %
RPM	2.44 %



Figura 3.23 Conexión para el motor de arranque por condensador y marcha por condensador.

El porcentaje de error para las pruebas realizadas al módulo del motor monofásico dentro de sus dos configuraciones poseen valores muy bajos, lo cual se interpreta que el motor eléctrico como el sistema de medición tienen un funcionamiento adecuado.

3.5 Hojas guías de laboratorio

Se elaboraron tres hojas guías para la realización de las prácticas de laboratorio, las cuales ya tienen su respectiva resolución. El propósito de las prácticas es para que los estudiantes se familiaricen con las características y funcionamiento del motor monofásico de dos capacitores.

En estas prácticas se llevarán a cabo una introducción al motor eléctrico monofásico de dos capacitores, además, se identificarán los elementos como: las bobinas de marcha, bobina de arranque, interruptor centrifugo, eje del motor, capacitor de marcha y de arranque.

También se llevará a cabo la medición de la resistencia de los devanados de marcha y de arranque, además se comprobará que ninguno de los bobinados esté en cortocircuito con la carcasa del motor.

Los detalles e información de las actividades a realizar de las prácticas se pueden observar en el **Anexo 6**.

3.6 Manual de Uso y Mantenimiento

Para el uso del módulo didáctico del motor monofásico se realizó un video en el cual se explican las partes que lo componen, además de su funcionamiento. El video puede ser visualizado mediante el código QR de la **Figura 3.24**.



Figura 3.24 Código QR del video del manual de uso.

De la misma manera se desarrolló un video en el cual se detalla cómo se debe mantener en un buen estado al módulo del motor monofásico, en este se indican los pasos e implementos que se deben seguir. El video puede ser observado mediante el código QR de la **Figura 3.25**.



Figura 3.25 Código QR del video de mantenimiento.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El módulo didáctico está diseñado para que el estudiante pueda conocer los diferentes tipos de motores monofásicos con el fin de mejorar sus conocimientos prácticos, esto se logrará mediante la realización de prácticas en el laboratorio.
- Para la selección del motor monofásico que se implementó en el módulo, se escogió el de arranque por condensador y marcha por condensador, ya que este cuenta con los devanados y condensadores necesarios para poder llevar a cabo el conexionado de diferentes motores.
- El módulo posee un guardamotor que sirve como elemento de protección y control para el motor eléctrico monofásico, este componente se dimensionó con base en la corriente nominal del motor. Los terminales del guardamotor están diseñados para un motor trifásico por lo cual se realizó un conexionado para su funcionamiento a nivel monofásico.
- El diseño y construcción de la estructura metálica se realizó para albergar al motor monofásico, los elementos de protección y medición. Además, de que es accesible y fácil de transportar para el servicio de los estudiantes, esto permite que se pueda utilizar en cualquier espacio del laboratorio de máquinas eléctricas.
- Se realizó un panel de conexiones en el cual se colocaron borneras que permiten llevar a cabo el conexionado de los motores eléctricos monofásicos, así como la conexión sistema de medición implementado. También cuenta con dos espacios, uno para la manipulación del guardamotor y otro para la pantalla de datos.
- Para realizar el conexionado de los elementos (bobinas y capacitores) del motor monofásico con el tablero de conexiones, el cableado utilizado para dichas uniones fue seleccionado a partir de la información del fabricante. Se debe mencionar que para las uniones de los cables se soldó con estaño y se recubrió con espagueti térmico, para evitar contactos con partes metálicas y prevenir cortocircuitos.
- El sistema de medición cuenta con el microprocesador Arduino Uno el cual se escogió porque cuenta con los puertos de entrada y salida necesarios para la conexión de los elementos que permiten la medición y visualización de los valores como corriente, voltaje, factor de potencia y RPM. Además, que posee las librerías que permiten la conexión con dichos componentes de medición.

- El módulo PZEM-004T se eligió para medir voltaje RMS, corriente RMS y el factor de potencia ya que cuenta con una interfaz serial TTL la cual se puede comunicarse con el Arduino Uno. Mientras que para la medición de las RPM se utilizó un sensor de efecto Hall del kit de Arduino (KY-003), el cual mediante un imán de neodimio colocado en la polea del motor se adaptó para poder medir dicho valor.
- El factor de potencia para el módulo del motor monofásico posee un valor bajo, ya que el motor arranca en vacío, este valor puede cambiar cuando se adapte una carga al motor. En la información del fabricante del motor con relación al factor de potencia no se encontró valores referentes para cuando el motor está en condiciones de vacío por lo cual no se pudo comparar dicho valor con el sistema de medición.
- Las pruebas que se realizaron al módulo del motor monofásico para su sistema de medición dejaron valores de error muy bajos lo cual indica que dicho sistema posee una resolución aceptable. También se observó el correcto funcionamiento del motor eléctrico con sus respectivas conexiones de acuerdo al tipo del motor monofásico.
- Se elaboró una placa PCB para conectar los elementos de medición con el propósito de optimizar el área en donde estos están ubicados. También tiene impreso el nombre de cada pin esto con el fin no equivocarse al momento de conectar los componentes.
- La selección de la pantalla SPI TFT 1.8" se realizó para que se pueda observar todos los datos medidos en tiempo real.

4.2 Recomendaciones

- Al realizar las prácticas en este módulo es necesario revisar los circuitos implementados para la obtención de los motores monofásicos, ya que una mala conexión puede generar un cortocircuito con lo cual se disminuirá la vida útil del mismo.
- Revisar que el área o espacio de trabajo en donde se ubique el módulo sea firme, esto con el fin de evitar que sufra alguna caída y prevenir que sus componentes electrónicos tengan algún daño.
- El sistema de medición del módulo no está diseñado únicamente para medir los valores eléctricos del motor monofásico implementado, este puede ser utilizado para observar el comportamiento eléctrico de otros componentes de corriente alterna.

- Al momento de arrancar al motor monofásico tener cuidado con el eje del motor. Aunque este cuenta con una pieza de protección para evitar su contacto puede producir daños al operario ya que gira a altas revoluciones.
- Si se tiene algún inconveniente con el módulo ya sea con el sistema de medición o el motor monofásico guiarse con el presente documento u observar el video de mantenimiento.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] EPN, «ESFOT EPN,» EPN, 08 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://esfot.epn.edu.ec/index.php/oferta-academica/tecnologia-superior-en-electromecanica>. [Último acceso: 31 08 2021].
- [2] AreaTecnología, «AreaTecnología,» AreaTecnología, 23 12 2016. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motores-monofasicos.html>. [Último acceso: 29 09 2021].
- [3] I. E. R. González, «Máquinas Eléctricas,» Instituto Politécnico Nacional , Ciudad de México, 2008.
- [4] M. A. Pernía, «Conceptos Básicos de Motores Monofásicos,» UNET, San Cristóbal, 2011.
- [5] J. Cerón, Manual de tipos de motores eléctricos, reconocimiento y sus aplicaciones en la industria, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2013.
- [6] WEG, «WEG,» 12 12 2020. [En línea]. Available: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb1/hee/WEG-guia-practica-de-capacitacion-tecnico-comercial-50026117-brochure-spanish-web.pdf>. [Último acceso: 17 09 2021].
- [7] Meta-MEC, «VMC,» 13 04 2020. [En línea]. Available: https://www.vmc.es/es/system/files/archivos/ca_mms_eng.pdf. [Último acceso: 17 09 2021].
- [8] Dielect, «Dielect,» Dielect, 23 04 2018. [En línea]. Available: <https://github.com/olehs/PZEM004T>. [Último acceso: 20 09 2021].
- [9] U. Electronics, «Unit Electronics,» Unit Electronics, 22 06 2020. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/modulo-ky-003-sensor-hall-magnetico/>. [Último acceso: 20 09 2021].

- [10] J. A. E. G. Álvarez, «Así funciona,» Así funciona, 15 09 2015. [En línea]. Available: http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm. [Último acceso: 31 08 2021].
- [11] J. R. V. Sancho, «Automatismo Industrial,» Automatismo Industrial , 27 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/a-instalaciones-de-enlace/a-2-corriente-alterna/el-vatimetro/>. [Último acceso: 31 08 2021].
- [12] M. A.-O. y. S. R. Peñacoba, «Rsefalicante,» Rsefalicante, 31 08 2015. [En línea]. Available: <http://rsefalicante.umh.es/TemasElectromagnetismo/Electromagnetismo07.htm>. [Último acceso: 31 08 2021].
- [13] Siemens, «Siemens,» Siemens, 13 09 2021. [En línea]. Available: <https://motores-electricos.com.ar/que-es-un-guardamotor/>. [Último acceso: 13 09 2021].
- [14] Promesa, «Promesa,» Promesa, 13 08 2020. [En línea]. Available: <https://www.promesa.com.ec/producto/cable-tw-f-awg-flexible-electrocables-color-azul-12>. [Último acceso: 20 09 2021].
- [15] A. Farina, «Editores-srl,» ACYEDE, 10 06 2016. [En línea]. Available: https://editores-srl.com.ar/revistas/ac/10/farina_motores_electricos_monofasico. [Último acceso: 29 09 2021].
- [16] Jolusafe, «Ferrustronix,» Ferrustronix, 18 06 2016. [En línea]. Available: <http://ferrustronix.com/blog/2016/07/18/motores-y-servoactuadores/>. [Último acceso: 04 10 2021].
- [17] I. A. L. Farina, «Motores eléctricos monofásicos,» ACYEDE, Buenos Aires, 2016.

ANEXOS

ANEXO 1: CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 18 de noviembre de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, Carlos Orlando Romo Herrera, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del módulo didáctico para el estudio del motor monofásico de inducción, el cual fue implementado por el estudiante Pablo Tipán.

El proyecto cumple con los requerimientos de diseño y parámetros necesarios para que los usuarios y docentes de la ESFOT puedan usar el módulo didáctico con seguridad.

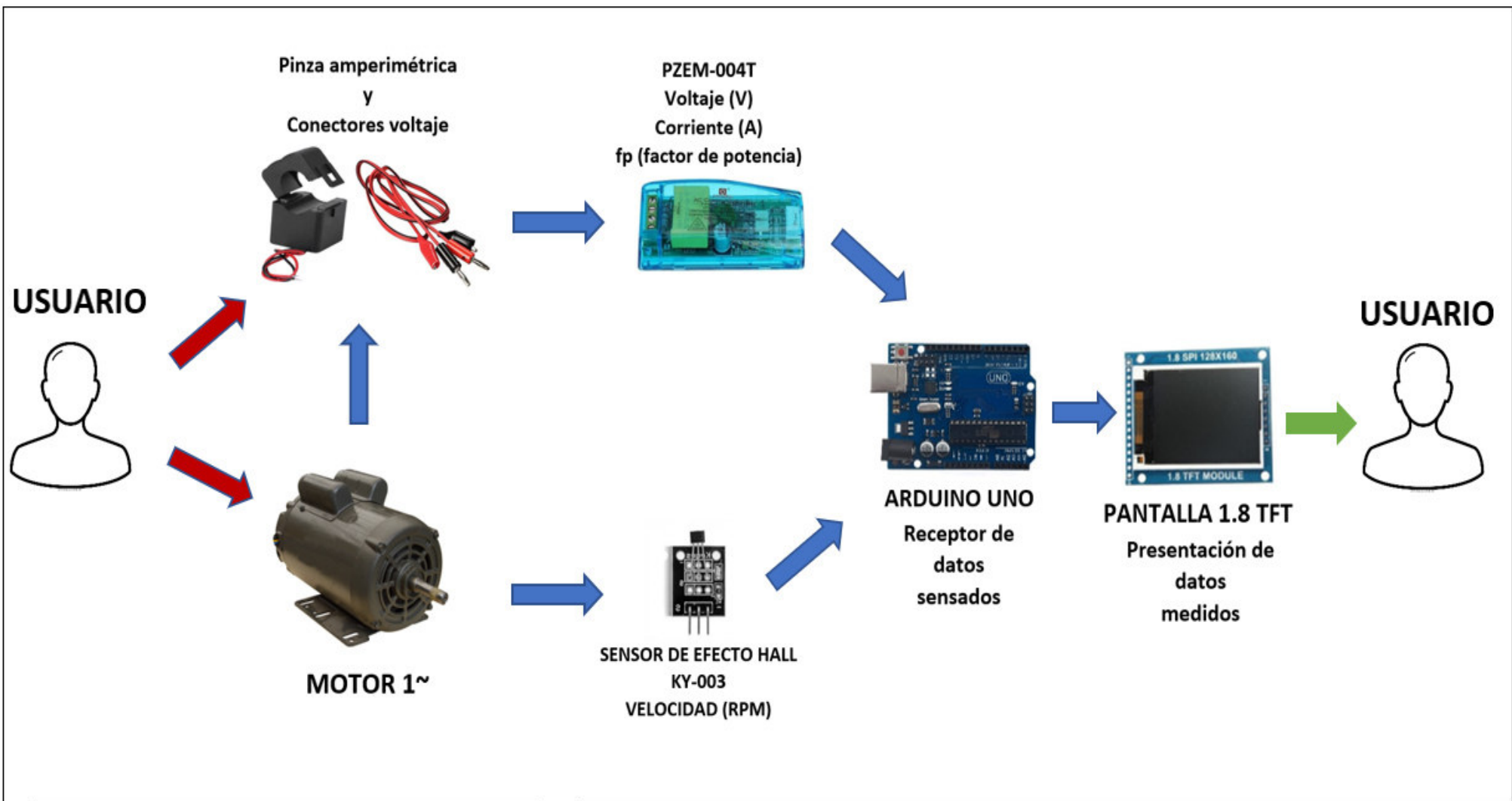
DIRECTOR

Ing. Carlos Orlando Romo Herrera., Msc.


Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 28. EXT: 2729
email: pablo.proano@epn.edu.ec

Quito-Ecuador

ANEXO 2: DIAGRAMA DE BLOQUES DE MÓDULO DEL MOTOR MONOFÁSICO



Conexión por el usuario	■
Conexión eléctrica	■
Comunicación con usuario	■

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		LAMINA N°: B1
	TÍTULO: DIAGRAMA DE BLOQUES MÓDULO MOTOR MOMOFÁSICO		
	RESPONSABLE:	FECHA: 22/09/2021	
	PABLO WASHINGTON TIPÁN QUSHPE	ESCALA: 1:1	

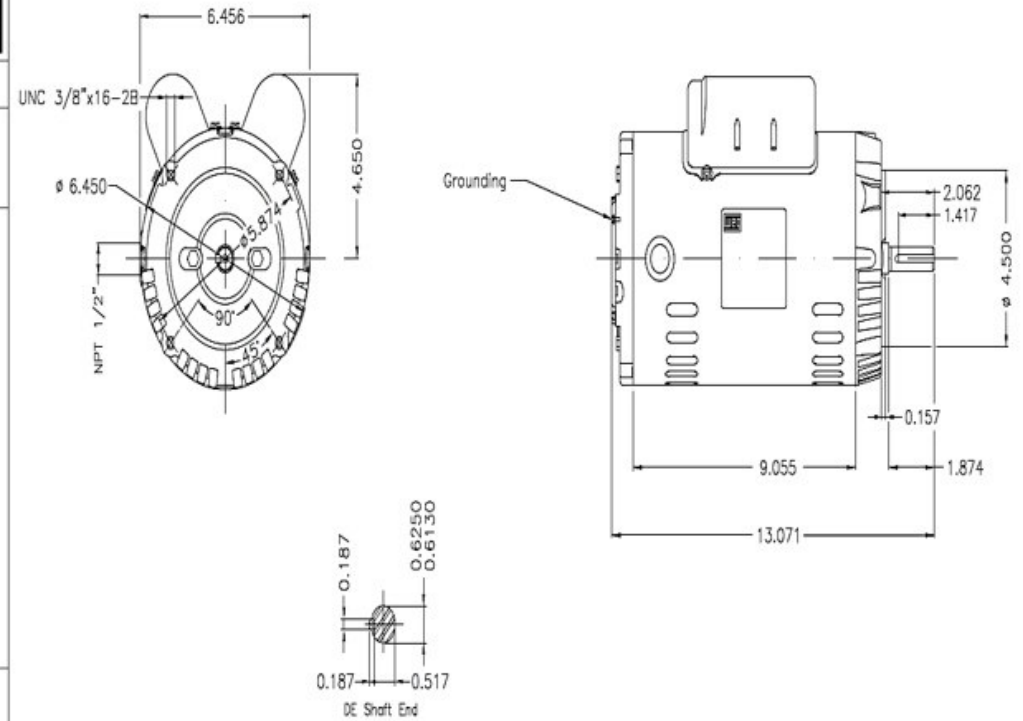
ANEXO 3: DATOS TÉCNICOS MOTOR MONOFÁSICO DE DOS CAPACITORES

DATA SHEET

Single Phase Induction Motor - Squirrel Cage



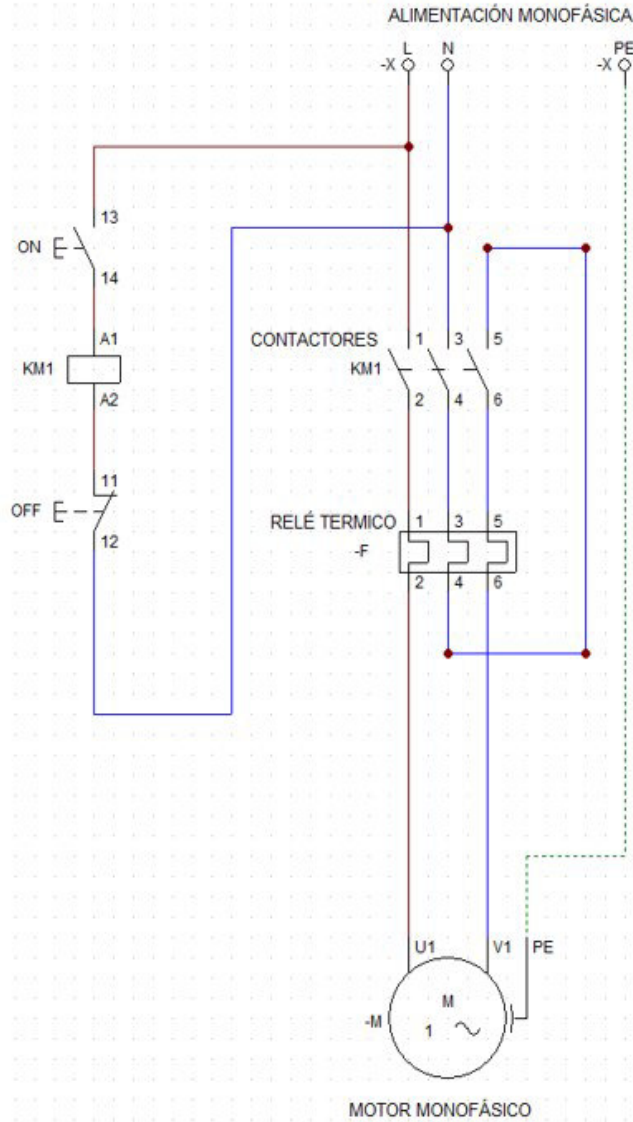
Customer	:					
Product line	: Rolled Steel Single-Phase	Product code :	13075826			
		Catalog # :	001580T1B56CFL-S			
Frame	: 56C	Locked rotor time	: 39s (cold) 22s (hot)			
Output	: 1.5 HP (1.1 kW)	Temperature rise	: 80 K			
Poles	: 4	Duty cycle	: Cont.(S1)			
Frequency	: 60 Hz	Ambient temperature	: -20°C to +40°C			
Rated voltage	: 115/208-230 V	Altitude	: 1000 m.a.s.l.			
Rated current	: 13.0/7.52-6.49 A	Cooling method	: IC01 - ODP			
L. R. Amperes	: 105/60.9-52.6 A	Mounting	: F-1			
LRC	: 8.1x(Code K)	Rotation ¹	: Both (CW and CCW)			
No load current	: 4.60/1.98-2.30 A	Noise level ²	: 52.0 dB(A)			
Rated speed	: 1740 rpm	Starting method	: Direct On Line			
Slip	: 3.33 %	Approx. weight ³	: 47.8 lb			
Rated torque	: 4.53 ft.lb					
Locked rotor torque	: 320 %					
Breakdown torque	: 229 %					
Insulation class	: F					
Service factor	: 1.15					
Moment of inertia (J)	: 0.1362 sq.ft.lb					
Design	: L					
Output	25%	50%	75%	100%	Foundation loads	
Efficiency (%)	79.4	80.5	83.0	83.8	Max. traction	: 78 lb
Power Factor	0.52	0.78	0.85	0.88	Max. compression	: 126 lb



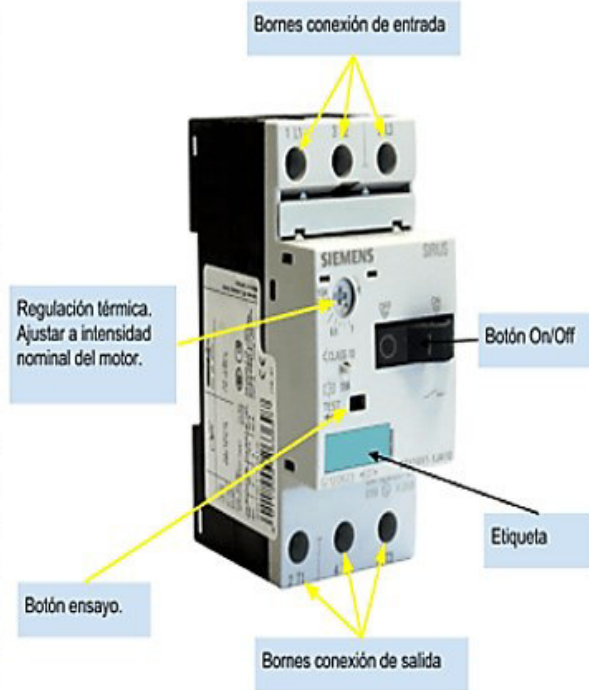
	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		LAMINA N°: B2
	TÍTULO: DATOS TÉCNICOS MOTOR MONOFÁSICO DE 2 CAPACITORES		
	RESPONSABLE: PABLO WASHINGTON TIPÁN QUISHPE	FECHA: 23/09/2021 ESCALA: 1:1	

ANEXO 4: CONEXIÓN Y DATOS TÉCNICOS GUARDAMOTOR

GUARDA MOTOR CONEXIÓN MONOFÁSICA



PARTES GUARDAMOTOR



RANGOS DE CORRIENTE DE OPERACIÓN

Rated operational current (Ie)	Thermal release Adjustment range (Ie)	220V 240V 230V	
		Icu	Ics
0.16	0.1-0.16	100	100
0.25	0.16-0.25	100	100
0.4	0.25-0.4	100	100
0.63	0.4-0.63	100	100
1	0.63-1	100	100
1.6	1-1.6	100	100
2.5	1.6-2.5	100	100
4	2.5-4	100	100
6	4-6	100	100
8	5-8	100	100
10	6-10	100	100
13	9-13	100	100
17	11-17	50	38
22	14-22	40	30
26	18-26	40	30
32	22-32	30	22
40	28-40	20	15
50	34-50	-	-

Rated breaking capacity (kA)

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		LAMINA N°: B3
	TÍTULO: CONEXIÓN GUARDAMOTOR		
	RESPONSABLE:	FECHA: 23/09/2021	
	PABLO WASHINGTON TIPÁN QUSHPE	ESCALA: 1:1	

ANEXO 5: CODIGO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN

```

/*Declaración de las librerías requeridas para el sistema*/
#include "TFT.h" //Librería de la pantalla TFT 1.8
#include "SPI.h" //Librería para la comunicación SPI de la pantalla
#include "SoftwareSerial.h" //Librería para la comunicación serial.
#include "PZEM004Tv30.h" //Librería para el sensor.

int CS = 10, DC = 9, RST = 8; // Declaración de variables para la asignación de pines de transmisión
de datos.
TFT pantallaTFT = TFT (CS, DC, RST); // Determinación de los pines de transmisión de datos.

int RX = 5, TX = 6; // Declaración de variables para la asignación de pines de transmisión de datos.
PZEM004Tv30 sensorPZEM(RX, TX, 248);
unsigned long task_time_ms = 0;

/*Declaración de los colores para la pantalla TFT*/
#define ColorNegro 0x0000 //Blanco
#define ColorBlanco 0xFFFF // Negro

/*Declaración de variables globales*/
float Voltaje; // Variable para sensar el voltaje.
float Corriente; // Variable para sensar la corriente.
float FactorP; // Variable para determinar el factor de potencia.
float Revoluciones = 0000; // Variable determinar las revoluciones del motor.
char DatoVoltaje [8], DatoCorriente [8], DatoFactorP [8], DatoRevoluciones [8];
double T1 = 60000, T0 = 1500; //Periodo para iniciar la actividad
int lectura = 0;
int cont = 0; // variable contador
unsigned long tiempoAct = 0, tiempoAct2 = 0; // variable para el tiempo.
int valorF = 0; // variable para conservar el valor del contador.

/*Programa principal*/
void setup() {

Serial.begin(9600);// Determinación de la velocidad de transmisión de datos.
Serial.flush();
sensorPZEM.setAddress(1);
pantallaTFT.begin (); //Inicializar la pantalla TFT.
pantallaTFT.background (0, 0, 0);
pantallaTFT.stroke (255, 255, 255);

pantallaTFT.setTextSize (2); //Configuración del tamaño de letra 1 a 10.
pantallaTFT.setTextColor (ColorAzul); //Color del texto;
pantallaTFT.fillScreen (ColorNegro); //Fondo de pantalla de color negro.
pantallaTFT.text ("EPN", 65, 2); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
pantallaTFT.text ("ESFOT", 55, 20); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)

```

```

pantallaTFT.text ("Modulo de", 30, 47); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
pantallaTFT.text (" Motor 1~", 25 , 65); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
pantallaTFT.text ("Autor:", 50, 90); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
pantallaTFT.text ("Pablo Tipan", 15, 110); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
delay (3500);
pantallaTFT.background (255, 255, 255); //Fondo de pantalla de color blanco.
pantallaTFT.fillScreen (ColorNegro); //Fondo de pantalla de color negro.
}

void loop() {
//Condicional para detectar la activación del sensor de efecto hall.
lectura = analogRead (A1);
if (lectura <= 500) {
delay(1.9); //Periodo de 5 (ms) para evitar la acumulación de datos.
cont ++; // Incrementar el contador.
}

//Condicional para reiniciar el contador.
if (millis () > (T1 + tiempAct2)) {
Revoluciones = cont; // Guardar el valor del contador en otra variable.
tiempAct2 = millis(); // Acumular el tiempo en la variable.
cont = 0; //Reiniciar la variable contadora.
}
if (millis () > (T0 + tiempAct)) {
tiempAct = millis();
/*Lectura de los valores de voltaje y corriente */
Voltaje = sensorPZEM.voltage();
Corriente = sensorPZEM.current();
FactorP = sensorPZEM.pf();
dtostrf(Voltaje, 5, 2, DatoVoltaje); // Transformación de un dato float a char (float, ancho o número
de digitos, número decimales, char)
dtostrf(Corriente, 5, 2, DatoCorriente);
dtostrf(FactorP, 5, 2, DatoFactorP);
dtostrf(Revoluciones, 5,1, DatoRevoluciones);
while (Serial.available() > 0)
Serial.read();

//Presentación de dato del voltaje en la pantalla TFT
pantallaTFT.setTextColor (ColorNegro); //Color del texto;
pantallaTFT.setTextSize (2); //Tamaño del texto.
pantallaTFT.text ("Voltaje (V):", 2, 2); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
pantallaTFT.text (DatoVoltaje, 40, 20); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
//Presentación de dato de corriente en la pantalla TFT
pantallaTFT.setTextColor (ColorNegro); //Color del texto;
pantallaTFT.setTextSize (2); //Tamaño del texto.

```

```

pantallaTFT.text ("Corriente(A):", 2, 42); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición
y)
pantallaTFT.text (DatoCorriente, 40, 60); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición
y)
//Presentación de dato de factor de potencia en la pantalla TFT
pantallaTFT.setTextColor (ColorNegro); //Color del texto;
pantallaTFT.setTextSize (2); //Tamaño del texto.
pantallaTFT.text ("FactorP:", 2, 80); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
pantallaTFT.text (DatoFactorP, 90, 80); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)

// Presentación de dato de velocidad en la pantalla TFT
pantallaTFT.setTextColor (ColorNegro); //Color del texto;
pantallaTFT.setTextSize (2); //Tamaño del texto.
pantallaTFT.text ("Rpm:", 30, 100); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x, posición y)
pantallaTFT.text (DatoRevoluciones, 78, 100); //Mostrar texto en la pantalla (texto, posición x,
posicion y)
Serial.print("Dato Revoluciones: ");
Serial.println(DatoRevoluciones);

delay (570); //1500
pantallaTFT.fillRect( 40, 20, 100, 15, ColorNegro); //Borrar los datos del voltaje (texto, posición x,
posición y)
pantallaTFT.fillRect( 40, 60, 108, 15, ColorNegro); //Borrar los datos de la corriente (texto, posición
x, posición y)
pantallaTFT.fillRect( 90, 80, 90, 15, ColorNegro); //Borrar los datos del factor de potencia (texto,
posición x, posición y)
pantallaTFT.fillRect( 78, 100, 80, 15, ColorNegro); //Borrar los datos de la velocidad del motor
(texto, posición x, posición y)

```

ANEXO 6: HOJAS GUIAS PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO

HOJA GUÍA – PRÁCTICA 1

TEMA: Motor monofásico de arranque por condensador

1. Objetivos

- Conocer las características del motor monofásico de arranque por condensador.
- Realizar el conexionado para el funcionamiento del motor monofásico de arranque por condensador.

2. Información

Este motor es de fase partida por lo cual cuenta con dos devanados, además posee un capacitor que está en serie con el devanado de arranque, esto con el fin de generar una relación casi real de 90° entre las corrientes de los devanados de marcha y arranque. Esto produce que su par de arranque sea mayor a 3.5 a 4.5 veces el par nominal. También se debe mencionar que generalmente el capacitor se ubica en la carcasa exterior del motor.

3. Trabajo Preparatorio

- Consultar información acerca del motor monofásico de arranque por condensador.
- Realizar un esquema del circuito equivalente del motor monofásico de arranque por condensador.
- Consultar cómo se realiza una inversión de giro para un motor monofásico de arranque por condensador.

3.1 Desarrollo

- Realizar el conexionado para que el motor arranque en sentido horario.
- Conectar los elementos de medición que posee el módulo para tomar las mediciones correspondientes.
- Revisar las conexiones realizadas y enchufar la alimentación del motor.
- Tomar medidas de voltaje, corriente y factor de potencia.
- Realizar el conexionado para el arranque del motor en sentido antihorario y tomar los valores eléctricos ya mencionados.
- Tomar las medidas de la velocidad del eje del motor.

4. Procedimiento Práctico

- Seguir las indicaciones dadas por el instructor e implemente los circuitos solicitados en el trabajo preparatorio utilizando el módulo de motor monofásico.

5. Informe

- Desarrollar el informe basándose en el formato establecido.
- Presentar los circuitos implementados para el desarrollo de la práctica.
- Tabular los valores eléctricos medidos para las conexiones de sentido horario y antihorario del motor.
- Tabular la velocidad del eje del motor.
- Consultar características de trabajo del motor monofásico de arranque por condensador.

HOJA GUÍA – PRÁCTICA 2

TEMA: Motor monofásico de arranque y marcha por condensador.

1. Objetivos

- Conocer las características del motor de arranque y marcha por condensador.
- Realizar el conexionado para el funcionamiento del motor monofásico de arranque y marcha por condensador.

2. Información

Este motor monofásico es más utilizado en ámbitos industriales ya sea como taladro de pedestal o bomba de agua, dado que cuenta con un alto par de arranque. Este motor es de fase partida por lo cual tiene un bobinado auxiliar y otro principal; además posee dos capacitores uno de arranque y otro de marcha los cuales son los encargados de incrementar el par de arranque en valores de 2 a 3 veces el par nominal. Este motor también cuenta con el interruptor centrifugo que desconecta al bobinado auxiliar y a los dos capacitores. Este motor puede arrancar con carga y además su funcionamiento es casi sin ruido.

3. Trabajo Preparatorio

- Consultar características del motor monofásico de arranque y marcha por condensador.
- Realizar el esquema eléctrico del motor monofásico de arranque y marcha por condensador.
- Consultar cómo realizar una inversión de giro para el motor de arranque y marcha por condensador.
- Realizar una tabla comparativa de los condensadores de arranque y marcha.
- Consultar cómo se debe leer una placa de datos de un motor eléctrico.

3.1 Desarrollo

- Identificar el tipo de capacitor que se utiliza para el arranque y marcha del motor.
- Realizar el conexionado para que el motor arranque en sentido horario.
- Conectar los elementos de medición que posee el módulo para tomar las mediciones correspondientes.
- Revisar las conexiones realizadas y enchufar la alimentación del motor.
- Tomar medidas de voltaje, corriente y factor de potencia.
- Realizar el conexionado para el arranque del motor en sentido antihorario y tomar los valores eléctricos ya mencionados.
- Tomar las medidas de la velocidad del eje del motor.

4. Procedimiento Práctico

- Siguiendo las indicaciones del instructor realizar las conexiones correspondientes mediante el uso del módulo didáctico.

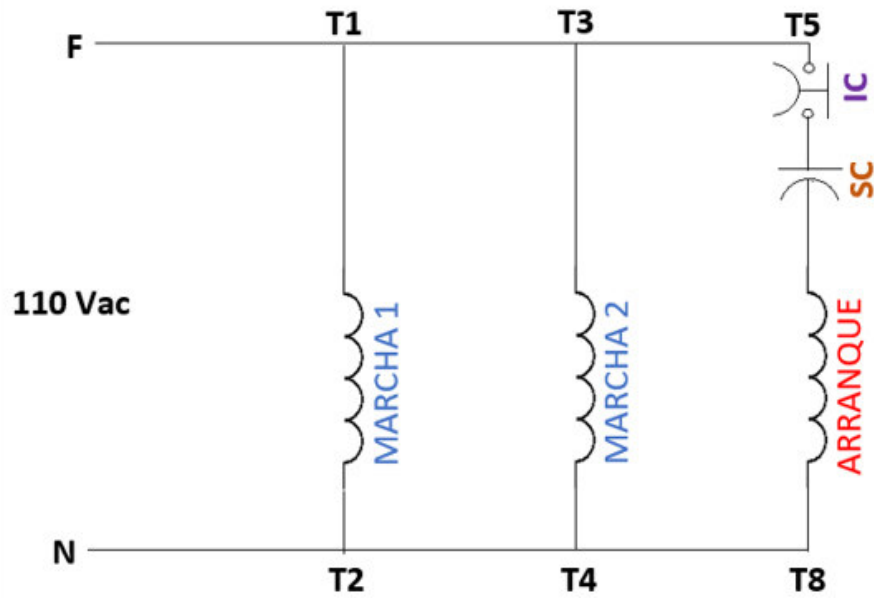
5. Informe

- Desarrollar el informe basándose en el formato establecido.
- Presentar los circuitos implementados para el desarrollo de la práctica.
- Tabular los valores eléctricos medidos para las conexiones de sentido horario y antihorario del motor.

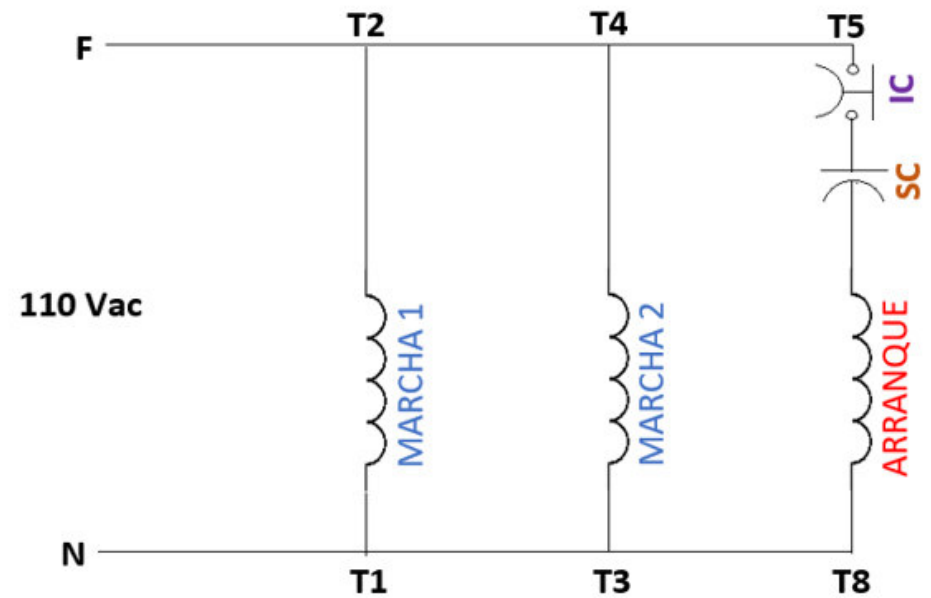
- Tabular la velocidad del eje del motor.
- Consultar cómo corregir el factor de potencia de un motor eléctrico monofásico.

ANEXO 7: CONEXIONES PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE MOTORES MONOFÁSICOS


CONEXIONADO PARA ARRANQUE EN SENTIDO HORARIO



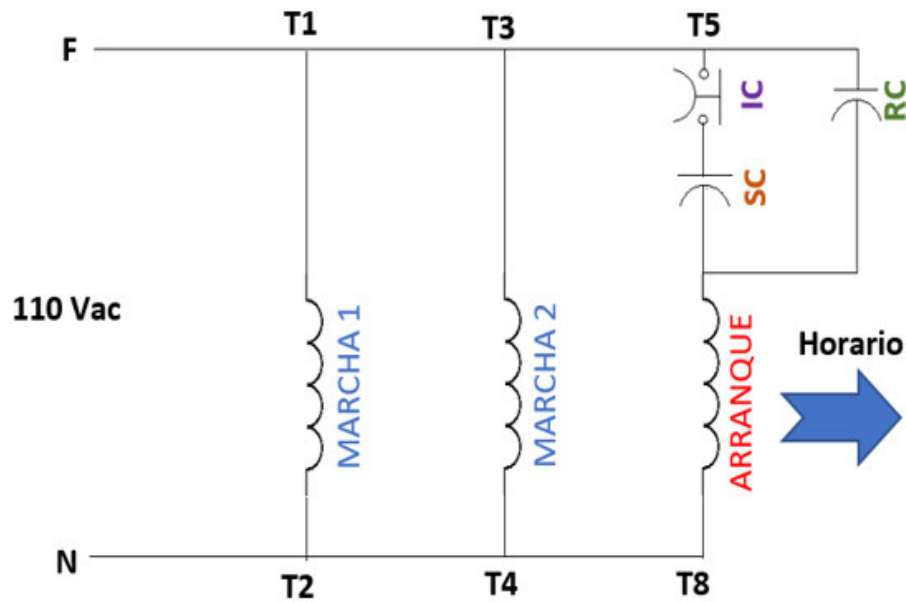
CONEXIONADO PARA ARRANQUE EN SENTIDO ANTIHORARIO



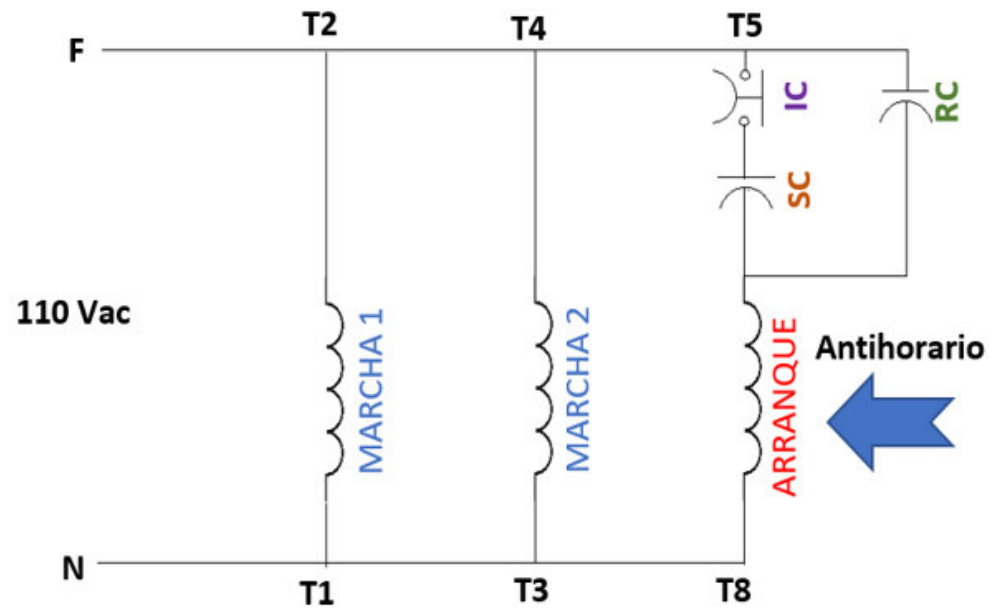
SC	Capacitor de arranque
IC	Interruptor Centrífugo

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		LAMINA N°: B4
	TÍTULO: CONEXIÓN MOTOR ARRANQUE POR CONDENSADOR		
	RESPONSABLE: PABLO WASHINGTON TIPÁN QUSHPE	FECHA: 23/09/2021	
		ESCALA: 1:1	


CONEXIONADO PARA ARRANQUE EN SENTIDO HORARIO



CONEXIONADO PARA ARRANQUE EN SENTIDO ANTIHORARIO



SC	Capacitor de arranque
RC	Capacitor de marcha
IC	Interruptor Centrifugo

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		LAMINA N°: B5
	TÍTULO: CONEXIÓN MOTOR DE MARCHA Y ARRANQUE POR CONDENSADOR		
	RESPONSABLE:	FECHA: 23/09/2021	
	PABLO WASHINGTON TIPÁN QUISHPE	ESCALA: 1:1	