

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA INDUSTRIAL

DIVISIÓN DE ELECTRICIDAD

PLANTEL COLOMOS

REPORTE TECNICO

PROTOTIPO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO:

“CONTROL DE ARRANQUE Y PARO PARA UN MOTOR TRIFÁSICO”



LUIS FERNANDO LAPHAM CARDENAS

PROFESOR TIEMPO COMPLETO

ALUMNOS PARTICIPANTES:

Alejandro Valle Ramírez

Arturo Cabrera Barragán

## I.- INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto, denominado **“CONTROL DE ARRANQUE Y PARO PARA UN MOTOR TRIFÁSICO”**, nos permitirá poner en práctica los conocimientos y habilidades adquiridas durante la carrera de Tecnólogo en Electrotecnia, principalmente en los ámbitos de la electrotecnia, la electrónica y las máquinas eléctricas.

La idea de realizar este prototipo nace de la necesidad de contar con circuitos de arranque y paro de motores de corriente alterna trifásicos simples y económicos, pero a la vez que posean una gran confiabilidad y fiabilidad. Por tanto, se calculó y adaptó este circuito a las condiciones de motores trifásicos de cualquier potencia, tales como los existentes en los equipos de control en múltiples procesos industriales.

Una vez finalizado el prototipo, quedará instalado en el laboratorio de Electrónica de Potencia, para que pueda servir como equipo didáctico demostrativo de las técnicas de:

- Control de potencia como interruptor estático.
- Métodos de protección y enfriamiento de semiconductores.
- Diseño y elaboración de circuitos impresos
- Eficiencia de los motores de CA trifásicos
- Uso de opto acopladores como elementos de protección y disparo.

Esperamos que con el estudio del presente informe los alumnos se motiven a llevar a cabo este tipo de trabajos de desarrollo tecnológico con el fin de encontrar soluciones modernas a los problemas que enfrenta la pequeña y mediana industria local.

## II.- GENERALIDADES.

### Corriente trifásica

La generación trifásica de energía eléctrica es la forma más común y que provee un uso más eficiente de los conductores. La utilización de electricidad en forma trifásica es común mayormente para uso en industrias donde muchos motores están diseñados para su uso.

La corriente trifásica está formada por un conjunto de tres formas de onda, desfasadas una respecto a la otra 120 grados, según el diagrama que se muestra a continuación.

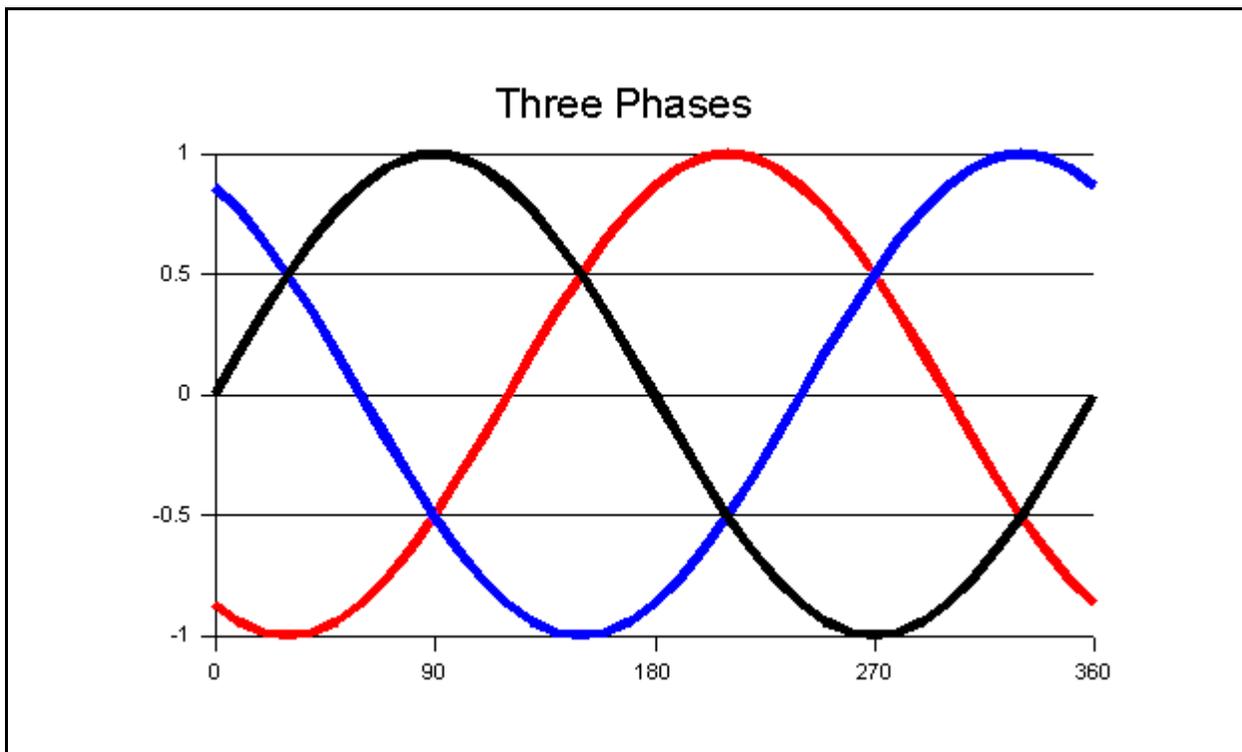


Figura 1. Voltaje alterno trifásico.

En caso de avería, por contacto accidental de una fase con la carcasa de un aparato, el hilo de tierra debe poder soportar la corriente necesaria para fundir el fusible y aislar el circuito averiado, evitando de esta forma que el usuario pueda sufrir daño por electrocución.

En la industria moderna se tienen 2 necesidades fundamentales a ser atendidas por la electrónica:

- Sistemas electrónicos para conversión de energía eléctrica
- Sistemas eléctricos que permitan controlar la maquinaria industrial

Por tanto definiremos la Electrónica de Potencia (E.P.) "como aquella parte de la electrónica encargada del control y la conversión de la energía eléctrica". Inicia en 1900 con el rectificador de arco de mercurio. En seguida aparece el rectificador de tanque metálico, que da origen a el rectificador de tubo y al tiratrón en 1950. Dos años antes, en 1948 inicia la primera revolución electrónica con la invención del Transistor (BJT). Para 1956 la Bell Telephone Laboratories inventan el SCR o transistor de disparo PNP, dando inicio a la moderna electrónica de potencia.

En 1958 se inicia la segunda revolución cuando General Electric desarrolla el Tiristor comercial. La E.P. Nos está dando la capacidad de dar forma y controlar grandes cantidades de energía con una eficiencia cada vez mayor. Se puede afirmar que : "La E.P. es el músculo de la microelectrónica, que es el cerebro"

Hablando del diseño de circuitos electrónicos de potencia, se puede afirmar que se compone de cuatro grandes etapas:

1. Diseño de los circuitos de potencia
2. Protección de los dispositivos de potencia
3. Determinación de la estrategia de control
4. Diseño de los circuitos lógicos y de mando

En cuanto a la selección de dispositivos electrónicos que formarán parte de un control electrónico se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

1. Caída de tensión en conducción
2. Tiempos de conmutación
3. Valores de potencia máximos que soportan
4. Coeficiente de temperatura en estado "on"
5. Costo del dispositivo o módulo.

Ahora bien, tratando de clasificar los dispositivos que se utilizan en esta clase de controles, podemos indicar que se dividen en tres grandes categorías:

1. Los que manejan potencia
2. Los de disparo
3. Los de protección.

Los Dispositivos que manejan la potencia son, entre otros, los siguientes:

- El Diodo y el transistor BJT de potencia.
- El SCR y el TRIAC.
- El MOSFET.
- El GTO e IGBT.
- SIT, SITH y MCT.

- Módulos simples e inteligentes.

Los Dispositivos para disparo de los semiconductores de potencia son:

- DIAC.
- UJT y PUT (Transistor de Unijuntura Programable)
- Opto acopladores
- Transformadores de pulsos.

Y finalmente, los Dispositivos de protección serán:

- Fusibles normales y semiconductores.
- Varistores.
- Filtros "Snubbers".
- Filtros EMI.
- Disipadores de calor.
- Descargadores de gas.

### III.- DISEÑO DEL SISTEMA.

Tomando como base lo tratado en el apartado anterior, se pensó en un sistema electrónico que tuviera los bloques siguientes:

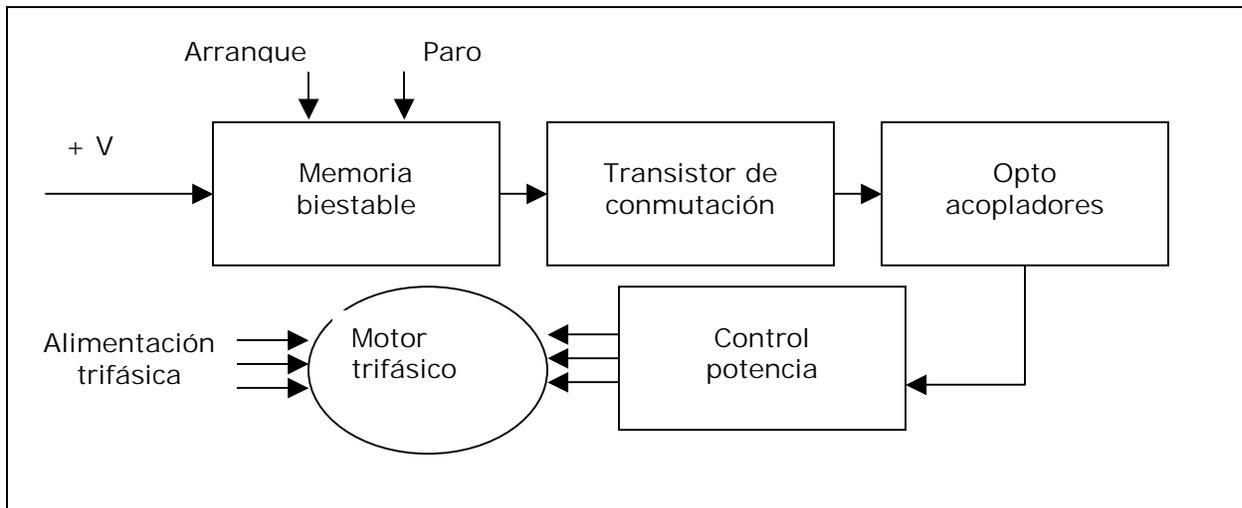


Figura 2. Diagrama a bloques del sistema trifásico de arranque y paro.

#### A. Bloque de memoria biestable.

La finalidad de esta etapa es activar y "memorizar" los dos estados posibles del circuito: arranque y paro. El funcionamiento consiste en que si se activa el interruptor de arranque, entonces cambia de estado el biestable interno y enviará una señal de disparo al transistor de conmutación, que a su vez activará a los Tiristores de potencia que encenderán el motor trifásico, permitiendo su operación por tiempo indefinido.

Pero si se requiere parar el motor, entonces se presiona temporalmente el interruptor de paro, lo que ocasionará que el biestable cambie su salida a cero, o ausencia de señal de disparo, apagándose los TRIACS de potencia en el siguiente cruce

por cero (bloqueo natural). Los biestables o “Flip-Flops” solo pueden presentar en su salida dos estados: uno lógico o cero lógico, de ahí su nombre. Cualquiera de estos dos estados se mantendrán indefinidamente, comportándose dicho circuito electrónico como un interruptor con enclavamiento incluido.

El circuito electrónico en cuestión se presenta en la siguiente gráfica:

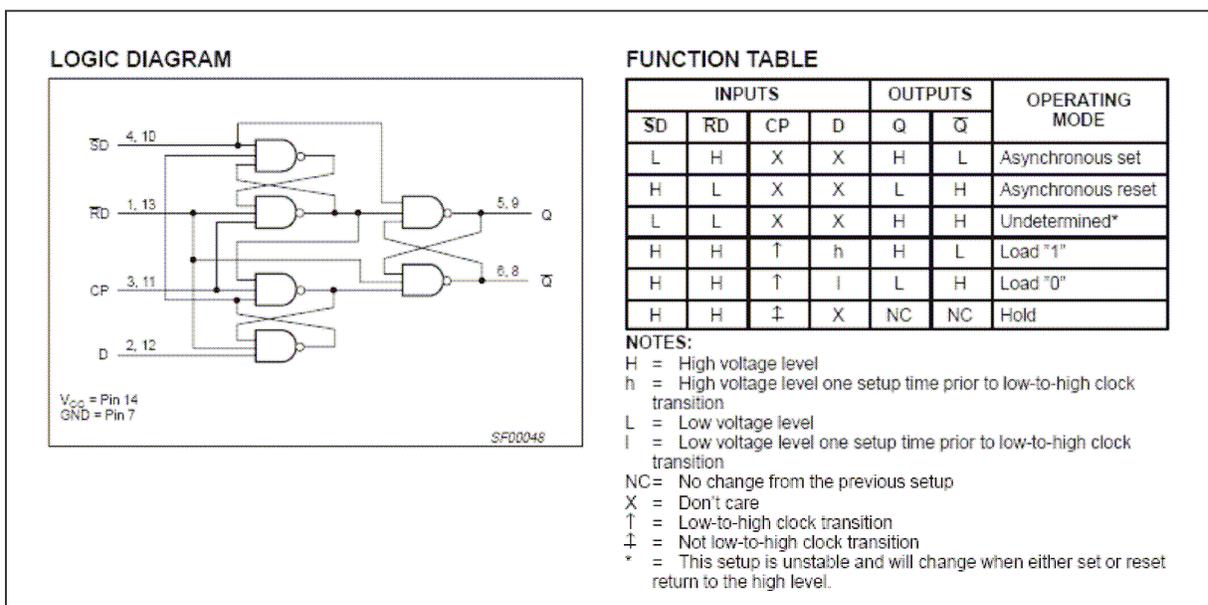


Figura 3. Biestable 7474 con su tabla de estados.

## B. Transistor de conmutación.

El Objetivo de esta etapa es recibir la señal de activación o desactivación del circuito digital SN7474, para proporcionar el camino a la corriente eléctrica proveniente de los LED's infrarrojos de los tres acopladores ópticos de cada fase de la instalación trifásica. Se selecciona un transistor NPN matrícula KN2222A, en base a los cálculos siguientes:

La corriente consumida por un LED IR es igual aproximadamente a 10 mA  
Por tanto, para 3 LED's será de aprox. 30 mA, más lo consumido por un  
LED de luz normal, que consume también 10 mA, el total de la corriente  
Será de **40 mA**.

Entonces, 40 mA será la  $I_c$  que deberá soportar nominalmente el BJT.

Como criterio de diseño, se seleccionara el triple de dicha corriente:

**120 mA**, como intensidad máxima de colector.

$I_b = I_c/B = 120 \text{ mA}/200 = 600 \mu\text{A}$ , por tanto la  $R_b$  será igual a:

$R_b = 1.1 \text{ K}\Omega$ , cuyo valor comercial sería:

$R_b = 1 \text{ K}\Omega$ . así mismo,  $R_c$  se selecciona de igual valor:

$R_c = 1 \text{ K}\Omega$ .

### C. Bloque de opto acopladores y TRIAC's de potencia.

Un opto acoplador es un circuito integrado capaz de transmitir señales en forma óptica de una etapa de control a otra de potencia, con la finalidad de desacoplar de manera eléctrica ambos circuitos. Esto último permite un aislamiento de hasta 7,000 voltios, lo que proporciona una gran protección y confiabilidad al sistema.

En este circuito seleccionamos opto acopladores con salida de Triac (MOC 3011) que van a transferir la corriente necesaria a los gatillos de los TRIACS de potencia que activarán el motor.

Para está última etapa presentaremos el circuito completo:



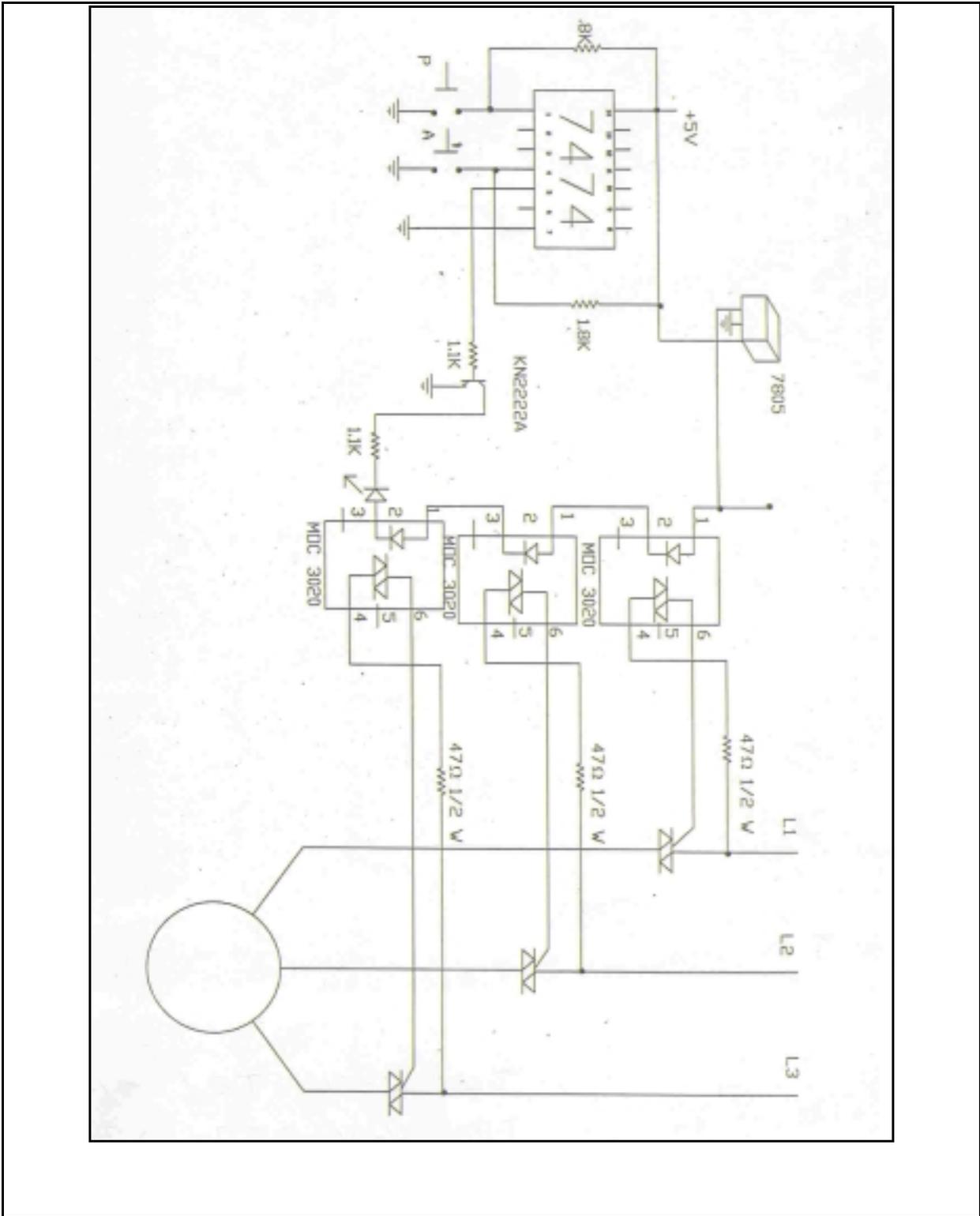


Figura 4. Control de arranque y paro para un motor trifásico.

#### IV.- DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO.

Una vez experimentado el circuito en tablilla de experimentación, ajustado algunos valores de componentes, principalmente de R2, se procedió a diseñar el circuito impreso del prototipo, utilizando para ello software especializado (CircuitMaker 2000). A continuación se muestra este impreso.

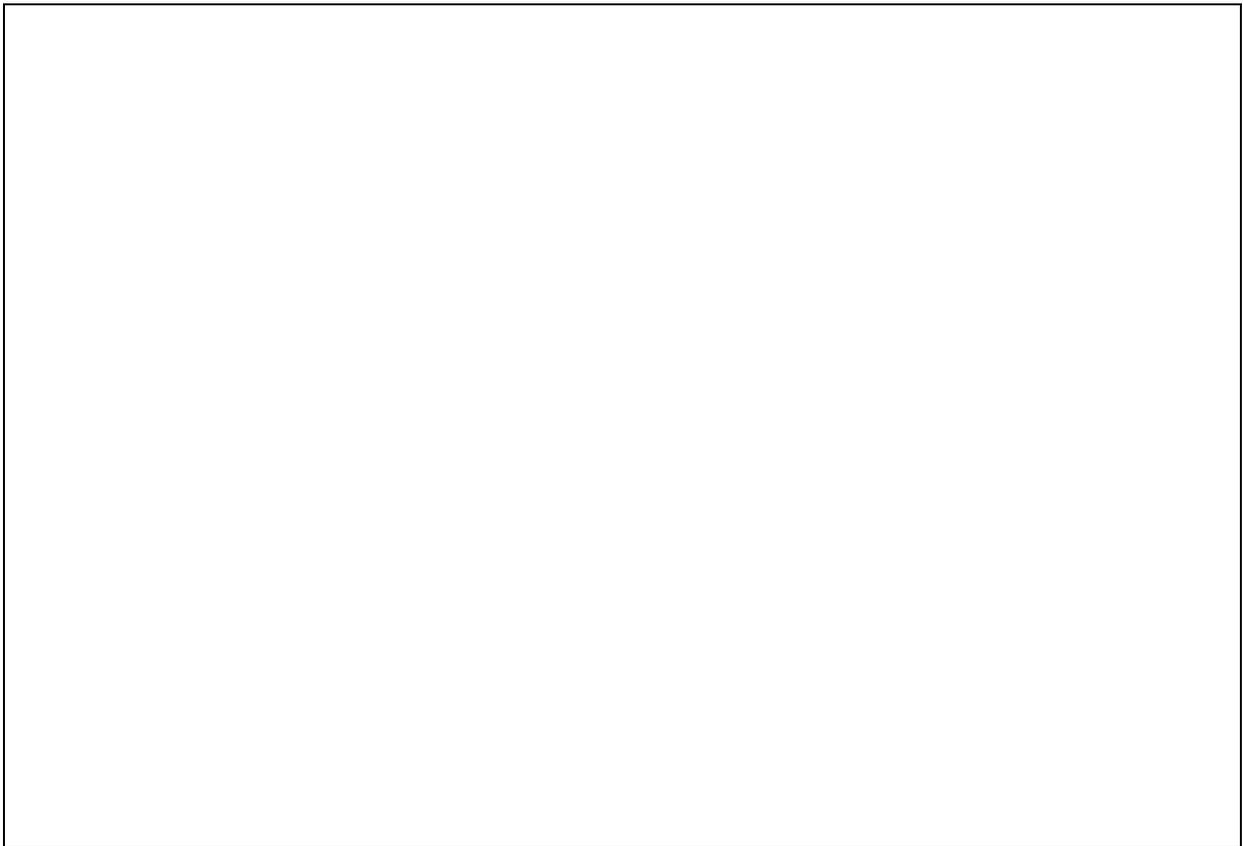


Figura 7. Circuito impreso del variador de velocidad para motor universal.

#### V.- EXPERIMENTACIÓN Y PRUEBAS FINALES.

En la tabla siguiente se muestran los resultados de la experimentación del variador de velocidad para un motor universal, así mismo se contrastan con los datos del diseño previo.

PARÁMETRO	CALCULADO	MEDIDO	OBSERVACIONES
Igt1	50 mA	74 mA	Corriente necesaria para disparar a los TRIAC's de potencia.
Vgt1	1.5 V	2.5 V	Voltaje gatillo-MT1
IT21	65 A	12 A	Corriente consumida por cada fase del motor a 220 V
Igt2	50 mA	81 mA	Corriente necesaria para disparar a los TRIAC's de potencia.
Vgt2	1.5 V	2.2 V	Voltaje gatillo-MT1
IT22	65 A	11.8 A	Corriente consumida por cada fase del motor a 220 V
Igt3	50 mA	72 mA	Corriente necesaria para disparar a los TRIAC's de potencia.
Vgt3	1.5 V	1.9 V	Voltaje gatillo-MT1
IT23	65 A	13.3 V	Corriente consumida por cada fase del motor a 220 V
Ic	120 mA	230 mA	Corriente drenada por el BJT
Ib	0.6 mA	2.7 mA	Corriente de base del BJT

## VI.- INSTRUCTIVO DE USO.

El uso de este prototipo es muy simple, pues basta manipular .

Se deberá tener precaución con el disipador metálico de los 3 TRIAC's, pues se deberán calentar significativamente después de un tiempo de uso. Además se deberá tener sumo cuidado en la conexión de la carga al control, y este último a la línea trifásica de potencia, para evitar posibles descargas eléctricas al usuario, pues se estará trabajando con 220 V. En la figura siguiente se muestra a detalle el conexionado del controlador.



**Figura 8. Conexionado del sistema de arranque y paro de un motor trifásico de corriente alterna.**

## **VII.- CONCLUSIONES.**

El diseño y construcción del prototipo denominado "CONTROL DE ARRANQUE Y PARO PARA UN MOTOR TRIFÁSICO" ha sido sumamente enriquecedor para los alumnos participantes, y para el facilitador en particular, pues se pusieron en práctica muchas de los conocimientos y habilidades que todo Tecnólogo con orientación afín a la electricidad y electrónica deben de tener. Entre otros, se pusieron en práctica los aspectos siguientes:

- Uso de software de simulación y elaboración de circuitos impresos.
- Elaboración de circuitos impresos
- Actitudes de disciplina, perseverancia y calidad en la elaboración de su proyecto hasta finalizarlo con éxito (valor agregado del Tecnólogo)
- Planeación, seguimiento y cierre de un proyecto de desarrollo tecnológico.
- Electrónica de potencia
- Uso de equipo electrónico de medición

El prototipo operó de la manera esperada, sin necesidad de ajustes mayores en su implementación, cumpliendo satisfactoriamente su función. Por tanto, esperamos que este prototipo didáctico sirva para demostrar una de las principales aplicaciones de la electrónica de potencia. Esperamos, finalmente, que con la elaboración de estos prototipos se motive al alumnado del CETI a que continúe con esta importante labor, mejorando semestre a semestre la calidad y complejidad de los prototipos, y que siga siendo en nuestros alumnos su mejor carta de presentación en el momento de su inserción en la vida laboral.

## **VII.- BIBLIOGRAFÍA.**

1. ENRÍQUEZ HARPER E. **CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS**. LIMUSA NORIEGA EDITORES. MÉXICO/2ª REIMP./ 2000. 314 PÁGS.
2. BENAVENT, JOSÉ. ABELLÁN, ANTONIO. FIGUERES, EMILIO. **ELECTRÓNICA DE POTENCIA. TEORÍA Y APLICACIONES**. ALFAOMEGA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. MÉXICO/1ª EDICION/ 2000. **235 PÁGS.**
3. RASHID M.H. **ELECTRÓNICA DE POTENCIA: CIRCUITOS, DISPOSITIVOS Y APLICACIONES**. PEARSON EDUCACIÓN. MÉXICO/2ª EDICIÓN/. 1997. 702 PÁGS.