



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL  
CURSO PRÁCTICAS INTERMEDIAS PARA LOS ESTUDIANTES DE LAS  
CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA ELÉCTRICA**

**Hernán Baudilio Figueroa Carrascoza**

Asesorado por el Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL  
CURSO PRÁCTICAS INTERMEDIAS PARA LOS ESTUDIANTES DE LAS  
CARRERAS DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y MECANICA ELÉCTRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HERNÁN BAUDILIO FIGUEROA CARRASCOZA**  
ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO ANTONIO PUENTE ROMERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Saul Cabezas
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Morataya
EXAMINADOR	Ing. Gilberto Gonzales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DIÑO DE UN MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL CURSO DE PRÁCTICAS INTERMEDIAS PARA LOS ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y MECÁNICA ELÉCTRICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha marzo de 2011.



Hernán Baudilio Figueroa Carrascoza

Guatemala, 24 de noviembre de 2011.

Ing. Jorge Luis Pérez Rivera  
Coordinador de Área de Potencia  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Estimado Ingeniero Pérez:

Por este medio me permito dar aprobación al Trabajo de Graduación titulado: **"DISEÑO DE UN MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL CURSO PRACTICAS INTERMEDIAS PARA LOS ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA ELÉCTRICA"**, desarrollado por el estudiante Hernán Baudilio Figueroa Carrascoza con carné No. 1998-10941, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,



Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
ASESOR  
Colegiado 5898

*Guillermo A. Puente R.*  
INGENIERO ELECTRONICO  
COL. # 5898



Ref. EIME 93. 2011  
Guatemala, 25 de NOVIEMBRE 2011.

FACULTAD DE INGENIERIA

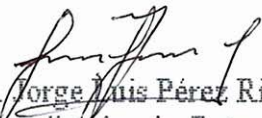
Señor Director  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
"DISEÑO DE UN MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE  
LABORATORIO DEL CURSO PRÁCTICAS INTERMEDIAS PARA  
LOS ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA  
ELÉCTRICA Y MECÁNICA ELÉCTRICA", del estudiante  
Hernán Baudilio Figueroa Carrascoza, que cumple con los requisitos  
establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,  
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Jorge Luis Pérez Rivera  
Coordinador de Potencia

JLPR/sro





REF. EIME 79. 2011.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; HERNAN BAUDILIO FIGUEROA CARRASCOZA titulado: "DISEÑO DE UN MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL CURSO PRÁCTICAS INTERMEDIAS PARA LOS ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA ELÉCTRICA", procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 25 DE NOVIEMBRE 2011.



DTG. 542.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DEL CURSO DE PRÁCTICAS INTERMEDIAS PARA LOS ESTUDIANTES DE LAS CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA ELÉCTRICA**, presentado por el estudiante universitario **Hernán Baudilio Figueroa Carrascoza**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 30 de noviembre de 2011.



/gdech





## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por brindarme la sabiduría en cada etapa de mi vida
<b>Mis padres</b>	Elvia Carrascoza Muñoz y Edgar Baudilio Figueroa Carrascoza por todos los sacrificios que realizaron para la formación de una persona de bien.
<b>Mis hermanos</b>	Por su apoyo y, confianza en cada etapa de mi vida.
<b>Mi familia</b>	Por acompañarme a lo largo de mi vida, en especial a mi prima América Monterroso Figueroa por el apoyo incondicional brindado en la etapa final de mi carrera profesional.
<b>Mis amigos</b>	Por el tiempo compartido a lo largo de mi vida, cada uno de ustedes guardan un lugar especial en mi corazón.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Guillermo Puente por compartir sus conocimientos y su tiempo para la elaboración de mi trabajo de graduación.
<b>Los docentes</b>	Por ser parte de mi formación académica, en especial a los Ingenieros Mario Miranda, Murphy paiz, Saúl Cabezas, Gilberto González, Carlos Navarro con mucho respeto y admiración.

**Centros de estudio  
estudio**

Por abrimme sus puertas hacia el aprendizaje y  
brindarme los conocimientos para el desarrollo  
de mi vida profesional.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. GENERALIDADES .....	1
1.1.    Universidad de San Carlos de Guatemala .....	1
1.1.1.    Misión.....	4
1.1.2.    Visión .....	4
1.2.    Facultad de Ingeniería .....	5
1.2.1.    Misión.....	6
1.2.2.    Visión .....	6
1.3.    Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica. ....	6
1.3.1.    Historia .....	7
1.3.2.    Visión .....	8
1.3.3.    Misión.....	8
1.3.4.    Organización la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.....	8
1.3.5.    Distribución de áreas de las carreras de la EIME .....	9
1.3.5.1.    Carrera de Ingeniería Eléctrica.....	10
1.3.5.2.    Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica. ....	10
1.3.5.3.    Carrera de Ingeniería Electrónica.....	11
1.4.    Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado .....	12
1.4.1.    Misión .....	12

1.4.2.	Visión .....	13
1.4.3.	Reseña histórica .....	13
2.	DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA EL MANEJO DE CONTACTORES ELECTROMAGNÉTICOS.....	15
2.1.	El contactor .....	15
2.1.1.	Clasificación de los contactores .....	16
2.1.2.	Componetes del contactor .....	19
2.1.3.	Funcionamiento del contactor .....	27
2.1.4.	Criterio para la elección de un contactor .....	27
2.1.5.	Ventajas del uso de los contactores.....	28
2.2.	Dispositivos de mando .....	29
2.2.1.	Por su apariencia y forma exterior .....	29
2.2.1.1.	Interruptores .....	29
2.2.1.2.	Pulsadores .....	30
2.2.2.	Por la función que realice.....	31
2.3.	Dispositivos especiales de mando .....	32
2.3.1.	Interruptor de posición final de carrera.....	33
2.3.2.	Temporizadores o relés de tiempo.....	33
2.3.3.	Presostatos .....	34
2.3.4.	Termostatos .....	35
2.3.5.	Detectores.....	35
2.3.5.1.	Detectores de Proximidad.....	36
2.3.5.2.	Detectores fotoeléctricos .....	36
2.4.	Dispositivos de protección y maniobra .....	37
2.4.1.	Fusible.....	37
2.4.2.	Interruptor termomagnético .....	38
2.4.3.	Relevador térmico .....	40
2.4.4.	Relevador térmico diferencial.....	42





# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Edificio de rectoría USAC.....	5
2. Organigrama de la EIME.....	9
3. Componentes de un contactor.....	19
4. Bobina del contactor.....	20
5. Núcleo del contactor.....	22
6. Partes de los contactos.....	23
7. Simbología de contactos NA.....	25
8. Contactos NC.....	25
9. Simbología de contactos auxiliares.....	26
10. Interruptor.....	30
11. Pulsadores.....	31
12. Contactos.....	32
13. Interruptor de final de carrera.....	33
14. Temporizadores.....	34
15. Presostato.....	34
16. Termostato.....	35
17. Detectores fotoeléctricos.....	36
18. Fusible.....	38
19. Partes de un interruptor termomagnético.....	39
20. Relevador térmico.....	41
21. Sirena.....	44
22. Señalización visual.....	44
23. Sirena luminosa.....	45



24.	Curva de corriente contra velocidad del arranque directo.....	49
25.	Curva de corriente contra velocidad del arranque estrella-delta.....	54
26.	Como usar un extintor.....	59
27.	Como dar Primeros auxilios.....	60
28.	Herramienta con mango aislado.....	61
29.	Salida de emergencia.....	62
30.	Circuito de mando de un arranque directo en reposo.....	67
31.	Circuito de mando de un arranque directo energizado energizado.....	68
32.	Circuito de potencia de un arranque directo en reposo.....	70
33.	Circuito de potencia de un arranque directo energizado.....	71
34.	Circuito de potencia de un arranque directo activado.....	72
35.	Circuito de potencia con una fase de alimentación abierta.....	73
36.	Circuito de mando indicando una falla en el motor eléctrico.....	74
37.	Circuito de mando de un inversor de cambio de giro en reposo.....	82
38.	Circuito de mando energizado con sentido de giro anti horario.....	84
39.	Circuito de mando energizado con sentido de giro horario.....	85
40.	Circuito de potencia en reposo.....	87
41.	Circuito de potencia energizado, con sentido de giro anti horario.....	88
42.	Circuito de potencia energizado, con sentido de giro horario.....	89
43.	Circuito de mando en un circuito con cambio del sentido de giro con interruptor final de carrera en reposo.....	98
44.	Pulsador final de carrera.....	99
45.	Circuito de mando energizado con sentido de giro anti horario.....	100
46.	Circuito de mando energizado con sentido de giro horario.....	102
47.	Circuito de potencia en reposo.....	104
48.	Circuito de potencia energizado, con sentido de giro anti horario.....	105
49.	Circuito de potencia energizado, con sentido de giro horario.....	106
50.	Circuito de mando en conexión estrella-delta en reposo.....	113
51.	Circuito de mando energizado conexión estrella.....	114

52.	Circuito de mando energizado, conexión delta.....	115
53.	Circuito de potencia en reposo.....	117
54.	Circuito de potencia energizado, en conexión estrella.....	118
55.	Circuito de potencia energizado, en conexión delta.....	119

## **TABLAS**

I.	Historia de los nombres de la USAC .....	2
II.	Historia de las sedes de la USAC.....	3



## GLOSARIO

<b>Capacidad nominal de un Interruptor</b>	Es la máxima corriente en amperios que puede soportar constantemente un interruptor sin dañarse.
<b>Contactor</b>	Es un dispositivo electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina
<b>Motor Eléctrico</b>	Un motor es la parte de una máquina capaz de transformar algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo
<b>Relevador</b>	Dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

**Relevador térmico**

Es un elemento de protección, contra sobrecorrientes. Su principio de funcionamiento se basa en la deformación de elementos.

**Sentido anti horario**

Se hace referencia al movimiento en la dirección contraria en que giran las agujas de un reloj mecánico.

**Sentido horario**

Se hace referencia al movimiento en la misma dirección en que giran las agujas de un reloj mecánico.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación representa un documento teórico práctico, para ser utilizado como una guía en la ejecución de las prácticas del curso de Prácticas Intermedias, que deben cursar los estudiantes de las carreras de ingeniería eléctrica y mecánica eléctrica. Dicho trabajo se compone de cuatro capítulos.

En el primer capítulo se presentan las generalidades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, desde su fundación, de la Facultad de Ingeniería, de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y, por último, las de la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, EPS.

En el segundo capítulo se describen los conceptos básicos de los dispositivos de control para el manejo de contactores electromagnéticos. En el tercero se presentan las aplicaciones que pueden tener los circuitos eléctricos con contactores para el arranque de motores eléctricos.

Por último, en el cuarto capítulo se presentan las propuestas de las prácticas de laboratorio para los participantes del curso de prácticas intermedias.



# OBJETIVOS

## General

Elaborar un documento teórico / práctico que se utilice como una guía de estudio apoyando a los docentes y alumnos del curso de prácticas intermedias de la Escuela Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos.

## Específicos

1. Proporcionar un criterio unificado en la metodología de enseñanza / aprendizaje.
2. Optimizar el tiempo de docencia del curso, ya que los estudiantes contarían con un documento escrito y gráfico explicativo, el cual ayudaría a comprender con mayor facilidad los contenidos del curso.





## INTRODUCCIÓN

La Universidad San Carlos de Guatemala tiene como fin fundamental elevar el nivel espiritual de los habitantes de la República, conservando, promoviendo y difundiendo la cultura, ciencia y el deporte, de las cual debe hacerse una extensa divulgación para que el estudiante tome conciencia de ello y aprenda a fomentar cada una de ellas.

Para los estudiantes de las carreras de eléctrica y mecánica eléctrica que inician los cursos de ciencia de Ingeniería, es de suma importancia obtener un conocimiento básico de la teoría y las aplicaciones prácticas de los dispositivos que se utilizan para el arranque y manejo de motores eléctricos.

La selección óptima del tipo de arranque de motor, logrará prolongar la vida útil de éste y mejorará su rendimiento eléctrico y económico, razón por la cual el presente manual nos permite familiarizarnos con los dispositivos de mando, protección, señalización, maniobra y la aplicación de éstos en los diversos métodos de arranque de motores.

El conocimiento de las normas, recomendaciones y precauciones en el desarrollo de las prácticas, es parte esencial para garantizar la integridad física y llevar a cabo un mejor desarrollo de las mismas, creando un ambiente de confianza para un óptimo aprendizaje.



# **1. GENERALIDADES**

El presente manual, es una recopilación de prácticas complementarias a los conocimientos teóricos adquiridos por los estudiantes que están inscritos en la Facultad de Ingeniería, en las carreras que forman parte de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, y que están asignados al curso de prácticas intermedias el cual esta administrado por la unidad de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

A continuación se describe las generalidades de cómo se conforma administrativamente la USAC, Facultad de Ingeniería, Escuela de Mecánica Eléctrica. y EPS.

## **1.1. Universidad de San Carlos de Guatemala**

En en 1548 el obispo Francisco Marroquín comenzó el trámite de creación de una entidad académica de estudios superiores ante el Rey Felipe V de España, siendo hasta el 31 de enero de 1676 fundada la Regia y Pontificia Universidad de San Carlos de Guatemala por el Rey Carlos II de España. Pasando por varios cambios de instalaciones y nombres que se detallan en las tablas I y II.

Tabla I. **Historia de los nombres de la USAC**

<b>HISTORIA DE LOS NOMBRES DE LA USAC</b>		
<b>No.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>
1	REGIA Y PONTIFICIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	31-1-1676
2	ACADEMIA DE CIENCIAS	año 1832
3	UNIVERSIDAD NACIONAL	año 1855
4	UNIVERSIDAD DE GUATEMALA	año 1875
5	UNIVERSIDAD ESTRADA CABRERA	año 1918
6	UNIVERSIDAD NACIONAL DE GUATEMALA	año 1927
7	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	01/12/1944

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Historia de las sedes de la USAC**

<b>HISTORIA DE LAS SEDES DE LA USAC</b>		
<b>No.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>PERIODO</b>
1	CONVENTO DE SANTO DOMINGO, ANTIGUA GUATEMALA	1676 - 1756
2	CASA DE ALCÁNTARA, DE JOSÉ ALCÁNTAR, ANTIGUA GUATEMALA	1757 - 1773
3	CONVENTO DE SANTO DOMINGO Y CONVENTO DE SAN AGUSTÍN	1773 - 1777
4	PARAJE DE LA HERMITA, NUEVA GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN	1777 - 1779
5	9a. AVENIDA SUR Y ESQUINA DE LA 10a CALLE	1779 - 1961
6	CIUDAD UNIVERSITARIA Z12	1961 - a la fecha

Fuente: elaboración propia.

### **1.1.1. Misión**

La misión de la Universidad de San Carlos de Guatemala se detalla en el artículo 2 y 3 del decreto número 325 ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala que literalmente dicen : “**Artículo 2.** Su fin fundamental es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la República, conservando, promoviendo y difundiendo la cultura y el saber científico” y “**Artículo 3.** Contribuirá a la realización de la unión de Centro América, y para tal fin procurará el intercambio de maestros y estudiantes y todo cuanto tienda a la vinculación espiritual de los pueblos del Istmo”.

### **1.1.2. Visión**

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución de educación superior estatal, autónoma, con una cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social y humanista, con una gestión actualizada, dinámica y efectiva y con recursos óptimamente utilizados para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica.

En la figura 1 se puede apreciar uno de los edificios de la USAC.

**Figura 1. Edificio de rectoría USAC**



Fuente: **elaboración propia, fotografía ciudad universitaria.**

## **1.2. Facultad de Ingeniería**

La Facultad de Ingeniería es una de las 10 Facultades que conforman la Universidad de San Carlos de Guatemala, fundada en 1880, es la Facultad de Ingeniería más grande e importante de Guatemala. Atiende a una población estudiantil de más de 15,000 estudiantes de pregrado, siendo por ende una de las unidades académicas más pobladas de la USAC.

La Facultad ofrece 12 programas de pregrado, 8 programas de posgrado y 14 programas de maestría. Su sede está ubicada en la Ciudad Universitaria, zona 12, de la Ciudad de Guatemala.



Adicionalmente conforman la Facultad de Ingeniería las unidades de apoyo administrativo a la función docente y de investigación que dependen de la Secretaría, así como las unidades de administración general.

### **1.2.1. Misión**

Formar profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, conscientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sean capaces de generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible y los retos del contexto global.

### **1.2.2. Visión**

Somos una Institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional, formando profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.

## **1. 3. Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica (EIME)**

La creación de la Escuela fue aprobada por el Honorable Consejo Superior Universitario en agosto de 1967. Inició sus labores a principios de 1968 bajo la Dirección de su fundador el Ingeniero Rodolfo Koenigsberger, siendo Decano el Ingeniero Amando Vides Tobar. Inicialmente tenía a su cargo Las carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica Eléctrica, posteriormente en 1988 se creó la carrera de Ingeniería Electrónica, bajo la

dirección del Ing. Edgar Montúfar, debido al avance tecnológico en la rama de la Ingeniería Eléctrica. Esta carrera está a cargo de dicha escuela.

### **1.3.1. Historia**

Fue entre 1965 y 1966 que se decidió iniciar la creación de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica como consecuencia de la creciente demanda de ingenieros formados en esas áreas, que planteaba el desarrollo de la industria de la electrificación y de las telecomunicaciones, así como por los avances tecnológicos en esas áreas y, además, por las necesidades del sector comercial, principalmente por el auge de la electrónica y de la electrotecnia.

Fue entonces, que se envió a México un grupo de estudiantes de Ingeniería, que hasta ese momento estaban inscritos en Ingeniería civil, a estudiar al Tecnológico de Monterrey, con el propósito de que al regresar fueran los catedráticos de la Escuela Mecánica Eléctrica. La Escuela de Mecánica Eléctrica fue fundada por el Ing. Rodolfo Koenigsberger Badrian, quien también fue primer director y primer profesor de la misma, empezando a funcionar en enero de 1968.

Los primeros profesores fueron: Ing. Rodolfo Koenigsberger Badrian, Ing. César Osorio, Ing. Roberto Balsells Figueroa, Ing. René Woc García, Ing. Efraín Enrique de la Vega Molina, Ing. Carlos Enrique Zaparolli Portilla (Q.E.P.D.), Inga. Olga Heminia Jiménez Muñoz, Ing. Julio Colón.

La EIME, estuvo ubicada en un principio en el edificio T-5 y fue trasladada luego al edificio T-1 bajo la dirección del Ing. Roberto Urdiales, donde actualmente se encuentra.

### **1.3.2. Visión**

Ser la institución académica líder a nivel nacional y regional, con incidencia en la problemática nacional, en la formación de profesionales de calidad, en los campos de las Ingenierías Mecánica Eléctrica, Eléctrica y Electrónica, emprendedores, con sólidos conocimientos científicos, tecnológicos, éticos, sociales, fundamentados en la investigación, orientados hacia la excelencia, reconocidos internacionalmente y comprometidos con el desarrollo sostenible de Guatemala y de la región.

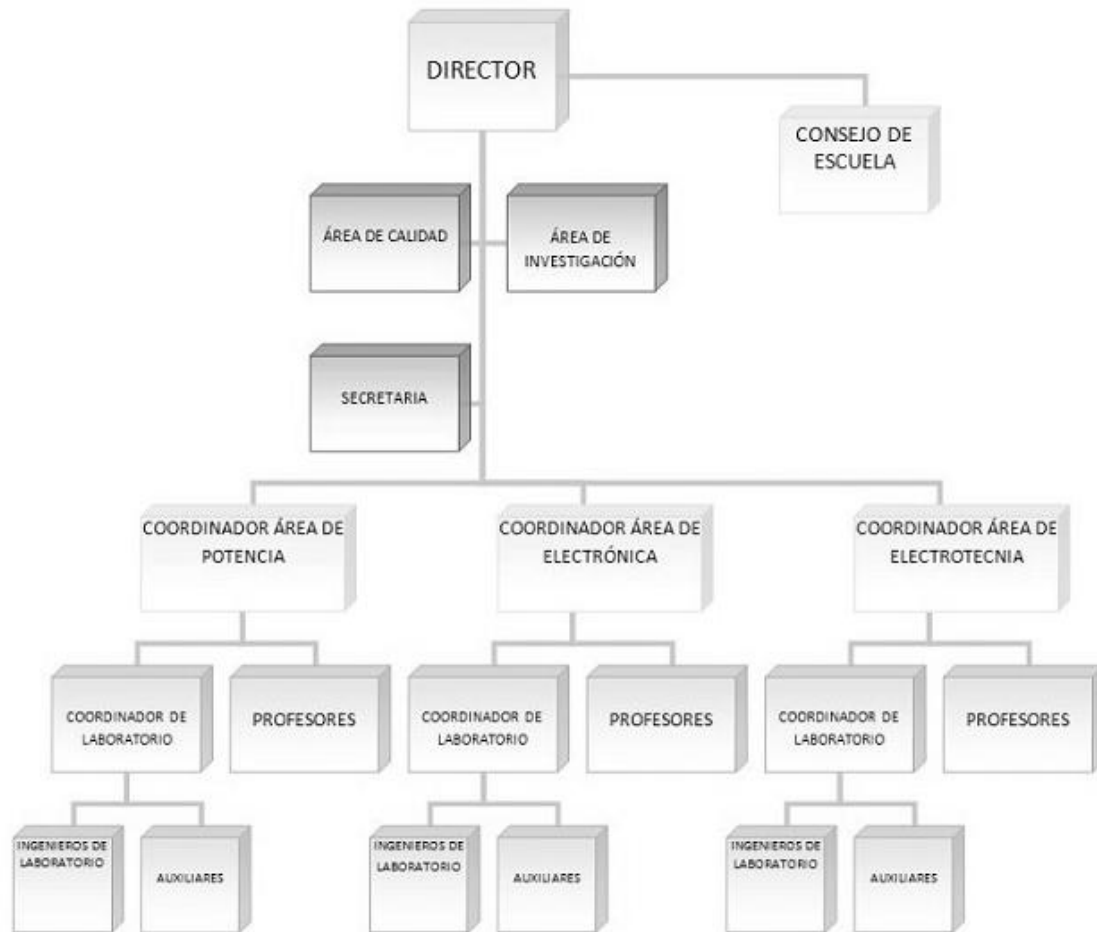
### **1.3.3. Misión**

Formar profesionales competentes, con principios éticos y conciencia social, en los campos de las Ingenierías Mecánica Eléctrica, Eléctrica y Electrónica, mediante técnicas de enseñanza actualizadas y fundamentados en la investigación, comprometidos con la sociedad, con el fin de contribuir al bien común y al desarrollo sostenible del país y de la región.

### **1.3.4. Organización la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

La EIME tiene en su organización interna tres áreas: Electrotecnia, Potencia y Electrónica; dicha organización se aprecia en la figura 2.

Figura 2. Organigrama de la EIME



Fuente: <http://sitios.ingenieria-usac.edu.gt/melectrica/>

22/08/2011

### 1.3.5. Distribución de áreas de las carreras de la EIME

La Escuela de Mecánica Eléctrica tiene a su cargo tres carreras, la cuales son:

- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Eléctrica

- Ingeniería Mecánica Eléctrica

Cada una de estas carreras se divide en áreas que tienen a su cargo un número específico de cursos que el estudiante tiene que cubrir para lograr cerrar la curricula de la carrera en que desea egresar.

#### **1.3.5.1. Carrera de Ingeniería Eléctrica**

Esta carrera se enfoca principalmente en el manejo de energía eléctrica, desde su generación y distribución. El egresado es capaz de planificar, diseñar, construir, dar mantenimiento y mantener en operación los sistemas eléctricos residenciales, comerciales e industriales.

A continuación se describe como está distribuida en áreas la carrera de Ingeniería Eléctrica.

- Área de potencia y control
- Área de electrónica
- Área de ciencias básicas y complementarias
- EPS
- Área de diplomado en administración

#### **1.3.5.2. Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica**

Esta carrera se enfoca principalmente en el manejo de energía eléctrica desde la generación y distribución. El egresado es capaz de planificar, diseñar, construir, dar mantenimiento, mantener en operación los sistemas eléctricos residenciales, comerciales e industriales, diseña y controla la producción de

herramientas, motores, maquinas, vehículos y otros procesos productivos para la industria mecánica y metalúrgica.

A continuación se describe como está distribuida en áreas la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

- Área de electrotecnia y laboratorios
- Área de electrónica, comunicaciones y control
- Área de potencia
- Área de mecánica
- Área de ciencias básicas y complementarias
- EPS
- Area de diplomado en administración.

### **1.3.5.3. Carrera de Ingeniería Electrónica**

Esta carrera se enfoca principalmente en el desarrollo de telecomunicaciones, señales de radio, conducción de fibra óptica o cable de altas velocidades, enlaces satelitales, sistemas y servicios de telefonía, radio, televisión y el desarrollo de sistemas automatizados de control en procesos industriales.

A continuación se describe como está distribuida en áreas la carrera de Ingeniería Electrónica.

- Área de telecomunicaciones
- Área digital
- Área de analógica
- Área de ciencias básicas y complementarias

- EPS
- Area de diplomado en administración

#### **1.4. Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado**

La Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) depende directamente de la Decanatura de la Facultad de Ingeniería, es la Unidad oficial encargada de administrar y darle seguimiento a los programas de Ejercicio Profesional Supervisado de Graduación de la Facultad de Ingeniería, en coordinación con las diferentes escuelas.

Dentro de estos programas de extensión, la Facultad de Ingeniería cuenta con el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), trabajando en coordinación con diferentes instituciones públicas y privadas como: Municipalidades, Ministerios, Cooperativas, Organismos no Gubernamentales, Ingenios Azucareros, Fundaciones, Hospitales, Dependencias de la Universidad de San Carlos de Guatemala, etc.

El Ejercicio Profesional Supervisado incluye actividades académicas de servicio técnico-profesional universitario de investigación y docencia-aprendizaje que los estudiantes con cierre de pensum de estudios realizan en el medio real del país, para resolver problemas relativos a su profesión.

##### **1.4.1. Misión**

Complementar y fortalecer la formación académica de los estudiantes de las distintas carreras de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la realización de las Prácticas de Ingeniería y el Ejercicio Profesional Supervisado, aplicando los conocimientos, habilidades

(destrezas) y criterios adquiridos durante la formación académica a problemas reales a los que se enfrentará, adquiriendo conciencia de la realidad nacional, formándose como un futuro profesional comprometido con el desarrollo del país, en su entorno social y ecológico.

#### **1.4.2. Visión**

Ser la dependencia de la Facultad de Ingeniería que complemente la formación profesional de los estudiantes de las diferentes especialidades de la Ingeniería, para que integren los conocimientos, habilidades (destrezas) y criterios adquiridos durante su carrera, con el fin de formar profesionales con principios éticos y excelencia académica comprometidos a integrarse en los diversos sectores de la sociedad.

#### **1.4.3. Reseña histórica**

A continuación se detalla cómo se dio el proceso de la creación del Ejercicio Profesional Supervisado.

- 1966: con las reformas de Córdoba, Argentina



- 1970: se inicia el EPS en la USAC en Odontología
- 1972: en la Facultad de Ingeniería se empieza a concebir la idea del EPS
- 1974: se crea una unidad que madure esa idea
- 1976: el Terremoto de ese año hace que el EPS sea involucrado totalmente al pénsum
- 1977: se inicia el ciclo de las Introducciones a la Práctica de Ingeniería
- 1980: se crean las Prácticas Primarias, dentro del contexto de Prácticas Iniciales, Prácticas Intermedias y Prácticas Finales.
- 1984: con la masividad estudiantil se cambian los contenidos de los cursos de PP y de los IPI.
- 2000: se cambia la modalidad en los IPI
- 2005: finaliza el ciclo PP e IPI I y II
- 2006: en el segundo semestre nueva modalidad de Prácticas de Ingeniería, Iniciales, Intermedias y Finales

## **2. DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA EL MANEJO DE CONTACTORES ELECTROMAGNÉTICO**

Son todos aquellos elementos que nos permiten manejar y controlar de una mejor forma toda operación por medio de accionamiento electromagnético.

Entre los más utilizados podemos mencionar:

- Contactor
- Dispositivos de mando
- Dispositivos auxiliares de mando
- Dispositivos de protección y maniobra
- Dispositivos de señalización

### **2.1. El Contactor**

Dispositivo que gracias a unos mecanismos, es capaz de abrir o cerrar un circuito eléctrico, accionado por diferentes tipos de energía, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga.

Entre las energías utilizadas para accionar un contactor se puede mencionar: mecánicas, magnéticas, neumáticas, fluídricas, etc. El tipo de contactor más utilizado en la industria es el accionado mediante la energía magnética proporcionada por una bobina, a los cuales se describen seguidamente.

Los contactores accionados por energía magnética son muy similares a un interruptor ya que tiene como objetivo el establecer o interrumpir el paso de corriente.

Dentro de las características más importante de un contactor será la tensión a aplicar a la bobina de accionamiento, así como su intensidad ó potencia.

El tamaño de un contactor, depende de la intensidad que es capaz de establecer, soportar e interrumpir, así como del número de contactos de que dispone, y la tensión máxima de trabajo que puede soportar.

### **2.1.1. Clasificación de los contactores**

A continuación se detalla y explica la manera en que se clasifican los contactores.

- **Por su construcción:** los contactores, por el tipo de construcción, se dividen en dos categorías: contactores electromecánicos y contactores estáticos.
  - Contactores electromecánicos: funcionan de acuerdo a principios eléctricos, mecánicos y magnéticos.
  - Contactores estáticos o de estado sólido: se construyen a base de tiristores.

- **Por el tipo de corriente que alimenta la bobina:** los contactores se pueden clasificar en dos tipos por la corriente que alimenta la bobina, contactores para CA y para CD.
  - Contactores para CA, son aquellos que la bobina es alimentada por corriente alterna.
  - Contactores para CD, son aquellos que la bobina es alimentada por corriente directa.
  
- **Por la función y clase de contactos:** los contactores se dividen dependiendo del tipo de contactos que tengan, siendo estos:
  - Contactores principales: si tienen contactos principales.
  - Contactores auxiliares: si tienen únicamente contactos auxiliares.
  
- **Por la carga que puede maniobrar el contactor:** es lo que se conoce como la categoría de empleo, que tiene en cuenta el valor de las corrientes que el contactor debe establecer o cortar durante las maniobras en cargas.

Para ello se toma en cuenta el tipo de carga controlada (inductivo, resistivo) y las condiciones en las cuales se efectúan los cortes (motor lanzado, inversión, frenado por contracorriente).

- **Categorías usadas en carga CA:** los tipos de carga CA pueden ser las siguientes: CA1, CA2, CA3, CA4.

- CA1: cargas no inductivas (resistencias, distribución) o débilmente inductivas, cuyo factor de potencia sea por lo menos 0,95
  - CA2: para arranque de motores de anillo, inversión de marcha, frenado por contracorriente, marcha a impulso de motores de anillos, cuyos factores de potencia es de 0,3 a 0,7
  - CA3: para el control de motores jaula de ardilla (motores de rotor en cortocircuito) que se apagan a plena marcha
  - CA4: se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de jaula.
- **Categorías usadas en carga CD:** los tipos de carga CD pueden ser las siguientes: CD1, CD2, CD3, CD4, CD5.
    - CD1: cargas no inductivas o débilmente inductivas, hornos de resistencia
    - CD2: arranques de motores shunt, corte lanzados
    - CD3: arranques de motores shunt, inversión de marcha, marcha a intermitencias
    - CD4: arranque de motores serie, corte de motores serie lanzado
    - CD5: arranque de motores serie, inversión de marcha, marcha a intermitencias.

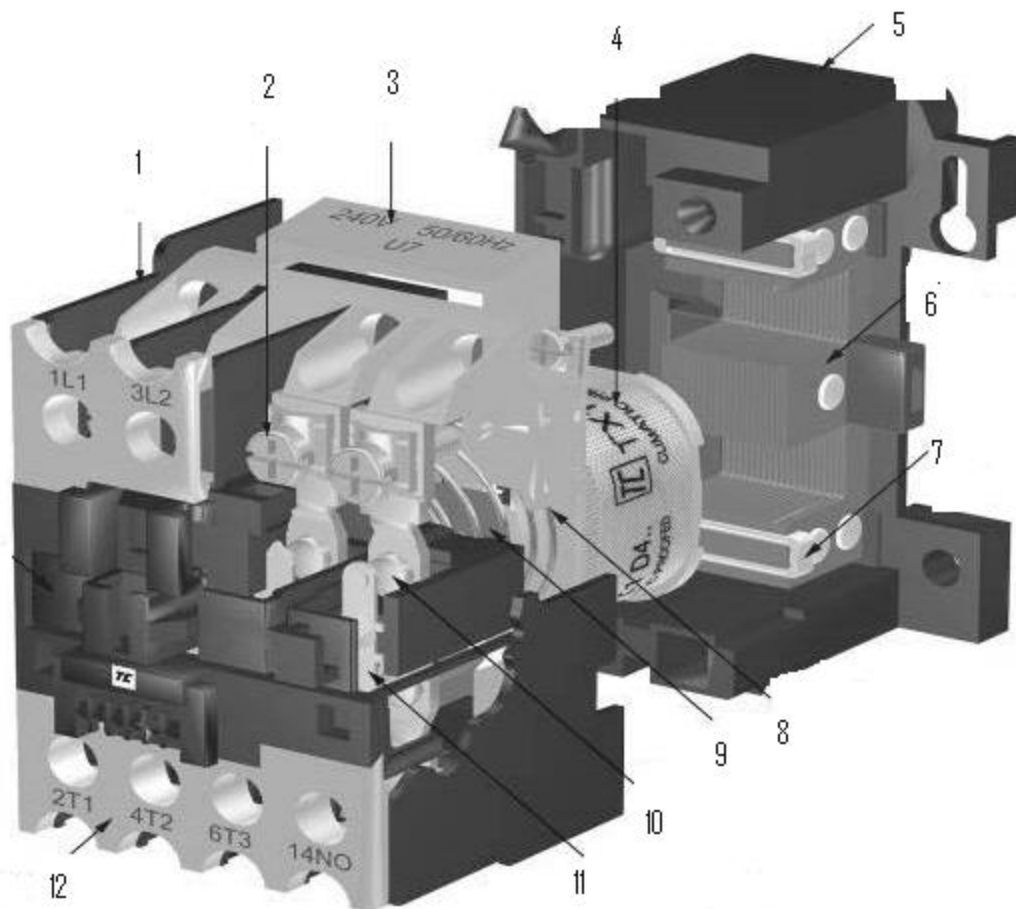
Un mismo contactor, dependiendo de la categoría de empleo, puede usarse con diferentes corrientes

### 2.1.2. Componentes del contactor

La figura 3 muestra cada una de las partes que forman un Contactor.

1. Carcasa;
2. Terminal de tornillo de montaje;
3. Características de la bobina;
4. Bobina;
5. Base;
6. Núcleo;
7. Anillo de sombra;
8. Resorte;
9. Madura;
10. Parte fija de los contactos;
11. Parte móvil de los contactos;
12. Contactos principales

Figura 3. Componentes de un contactor



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/5840932/el-Contactores-electromagnetico.html>  
30 de agosto de 2011

- **Carcasa:** es el componente en el cual son fijados todos los elementos conductores del contactor, para lo cual es fabricada en un material no conductor con propiedades como la resistencia al calor, y un alto grado de rigidez.
- **Circuito electromagnético:** también llamado electroimán del contactor, está compuesto por una serie de elementos cuya finalidad es transformar una corriente CD o CA, en un campo magnético muy intenso mediante el cual se produce un movimiento mecánico aprovechando las propiedades electromagnéticas de ciertos materiales, y este está formado por:
- **Bobina:** consiste en un arrollamiento de alambre de cobre con un gran número de espiras y de sección muy delgada para producir un campo magnético, en la figura 4 es mostrada la forma física de la bobina de un de contactor.

Figura 4. **Bobina del contactor**



Fuente: [www.tbcin.com](http://www.tbcin.com)

30 de agosto de 2011

Un factor muy importante que hay que tomar en cuenta antes de energizar una bobina es la tensión y frecuencia de alimentación de la misma.

Puede ser la misma del circuito o inferior a ella, (reducida por un transformador o suministrada por otra fuente de alimentación). Esta información debe venir indicada en la misma bobina.

En la actualidad se encuentran en el mercado bobinas para ser alimentadas con CA en una gran variedad de valores (que van desde 24 V hasta 600 V) para frecuencias de 50 y/o 60 Hz, o CD, desde 24 V hasta 600 V. A pesar de esta amplia gama de voltajes, se tiende cada vez más al uso de bobinas para tensiones bajas, esto con el fin de disminuir el riesgo de que el operario sufra accidentes.

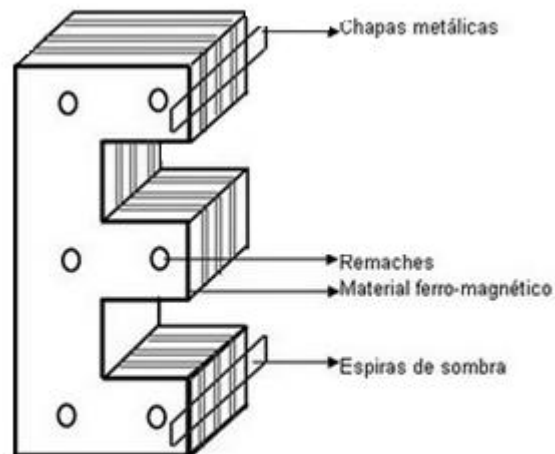
Las bobinas para su respectiva identificación deben llevar al lado izquierdo de ella, las mismas marcas del contactor al cual pertenece.

La entrada y salida (principio y final) de la bobina vienen claramente indicadas y grabadas en ésta. Actualmente son usadas las siguientes marcas:

- Para la entrada: A1, A, ó a
- Para la salida: A2, B, ó b
- Núcleo: su función es concentrar y aumentar el flujo magnético con el fin de atraer la armadura eficientemente. Está construido de láminas de acero al silicio superpuestas y unidas unas con otras con el fin de evitar las corrientes parásitas, en la figura 5 se muestra la forma física de un núcleo de contactor.



Figura 5. **Núcleo del contactor**



Fuente: [www.tbcin.com](http://www.tbcin.com)

30 de agosto de 2011

- **Armadura:** elemento parecido al núcleo, en cuanto a su construcción, pero que a diferencia es una parte móvil, su función es la de cerrar el circuito magnético cuando es energizada la bobina, ya que en estado de reposo se encuentra separada del núcleo, por acción de un muelle o resorte. Este espacio de separación se denomina entrehierro.

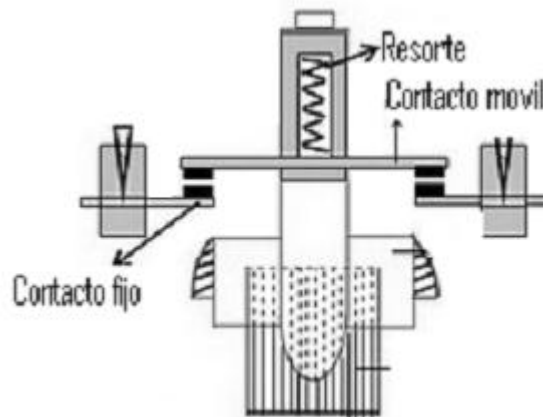
Cada una de las acciones de energizar o desenergizar la bobina y por consiguiente la atracción o separación de la armadura, es utilizada para accionar los contactos que obran como interruptores, permitiendo o interrumpiendo el paso de la corriente.

- **Contactos:** Elementos conductores cuya función es establecer o interrumpir el paso de la corriente, esta función la cumplen tanto en el circuito de potencia como en el circuito de mando. Los cuales se accionan

tan pronto se energiza o se desenergiza la bobina por lo que se les denomina contactos instantáneos.

Los contactos están compuestos por tres partes, dos de las cuales son fijas, y se encuentran ubicadas en la carcasa y una parte móvil que une estas dos; posee un resorte para garantizar el contacto, como es mostrado en la figura 6.

Figura 6. **Partes de los contactos**



Fuente: [www.tbcin.com](http://www.tbcin.com)

30 de agosto de 2011

Los contactos están hechos de bronce fosforado, material que no solamente tiene las características de buen conductor, sino que además es mecánicamente más resistente y con mayor grado de elasticidad que el cobre o el bronce.

Los contactos según la función que realicen pueden ser:

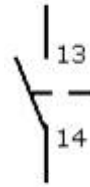
- Contactos principales
- Contactos auxiliares

- **Contactos principales:** son los encargados de permitir o interrumpir el paso de la corriente en el circuito principal, es decir que actúa sobre la corriente que fluye de la fuente hacia la carga.

Por la función que realizan, estos contactos son únicamente abiertos, y se usan exclusivamente en los circuitos de potencia, sus símbolos se encuentran solamente en los esquemas de potencia, con la misma marca del contactor al cual pertenece. Además llevan unas marcas o índices, tanto a la entrada como a la salida.

- **Contactos auxiliares:** estos contactos secundarios o auxiliares se encuentran dimensionados para corrientes muy pequeñas porque estos actúan sobre la corriente que alimenta la bobina del contactor o sobre elementos de señalización. Existen dos clases de contactos auxiliares:
  - Contacto normalmente abierto (NA o NO).
  - Contacto normalmente cerrado (NC).
- Contacto normalmente abierto (NA o NO): llamado también contacto instantáneo de cierre, contacto cuya función es cerrar un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor. En estado de reposo se encuentra abierto; su símbolo se da en la figura 7.

Figura 7. **Simbología de contactos NA**

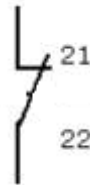


Fuente: <http://foremfe10.wordpress.com>

30 de agosto de 2011

- Contacto normalmente cerrado (NC): llamado también contacto instantáneo de apertura, contacto cuya función es abrir un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor. En estado de reposo se encuentra cerrado; su símbolo se da en la figura 8.

Figura 8. **Contactos NC**



Fuente: <http://foremfe10.wordpress.com>

30 de agosto de 2011

Un contactor puede tener varios contactos auxiliares abiertos y/o cerrados, pero deberá llevar necesariamente por lo menos un contacto auxiliar instantáneo NA. Con la finalidad de cumplir la función de asegurar la autoalimentación de la bobina, por lo cual recibe el nombre específico de auxiliar de sostenimiento o retención.

Los símbolos de los contactos auxiliares se encuentran solamente en los esquemas de mando o control.

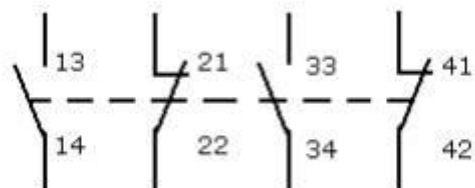
Para una adecuada interpretación y posteriormente para un correcto montaje del circuito se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para identificar plenamente un contacto auxiliar se usa, en primer lugar, la misma marca del contactor al cual pertenece, colocado al lado izquierdo del mismo símbolo y, en segundo lugar, unos índices.

En la actualidad se tiende a usar como índices números con dos cifras:

- Primera cifra: número de orden en la cámara de contacto
- Segunda cifra: si el contacto auxiliar es NC la entrada se identifica con un número terminado en 1 (11, 21, 31, 41...) y la salida con el número consecutivo (12, 22, 32, 42...). Si el contacto auxiliar es NA la entrada se identifica con un número terminado en 3 (13, 23, 33, 43...) y la salida con el número consecutivo (14, 24, 34, 44...), como se muestra en la figura 9.

Figura 9. **Simbología de contactos auxiliares**



Fuente: <http://foremfe10.wordpress.com>

30 de agosto de 2011

### **2.1.3. Funcionamiento del contactor**

Cuando la bobina del contactor se energiza genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo atrae a la armadura con un movimiento muy rápido. Con este movimiento todos los contactos del contactor, principales y auxiliares, cambian inmediatamente y de forma solidaria de estado.

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar, asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales. Según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc., realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares, abiertos y cerrados, forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto-alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

### **2.1.4. Criterio para la elección de un contactor**

Para elegir el contactor que más se ajusta a nuestras necesidades, se debe tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia
- Potencia nominal de la carga
- Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema. Existen maniobras que modifican la corriente de arranque y de corte

- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita
- Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido;
- Por la categoría de empleo.

#### **2.1.5. Ventajas del uso de los contactores**

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos y por los cuales es recomendable su utilización:

- Automatización en el arranque y paro de motores;
- Posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones
- Seguridad del personal, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños.
- Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de los aparatos auxiliares de mando, como interruptores de posición, detectores inductivos, reóstatos, temporizadores, etc.

## **2.2. Dispositivos de mando**

Son todos aquellos que actúan accionados por el operario para establecer el diálogo hombre-máquina con los elementos de la etapa de automatización y en algunos casos también en la etapa de comando de potencia.

Para la clasificación de los dispositivos de mando se toma en cuenta:

- Apariencia y forma exterior
- La función que va a realizar.

### **2.2.1. Por su apariencia y forma exterior**

Estos dispositivos son clasificados en base a la forma exterior en que vienen dados, entre ellos se pueden mencionar los interruptores y pulsadores.

#### **2.2.1.1. Interruptores**

Son dispositivos con bajo poder de corte, para cerrar y/ o abrir circuitos, la sección de las piezas que cierran o abren el circuito deben estar dimensionadas para corrientes que estén por debajo de los 10 amperios, para evitar excesivo calentamiento.



En la figura 10 se muestran las características físicas de un interruptor.

Figura 10. **Interruptor**



Fuente: <http://www.superrobotica.com>

30 de agosto de 2011

### **2.2.1.2. Pulsadores**

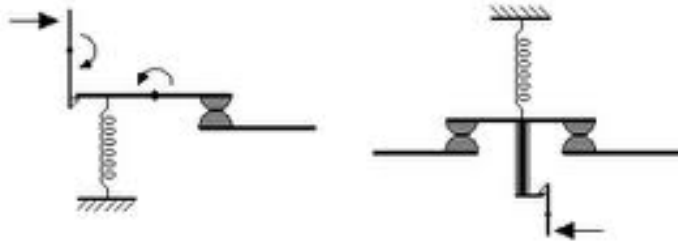
Estos son dispositivos con bajo poder de corte, que se diferencian de los interruptores por que estos cierran y abren circuitos solamente mientras actúa sobre ellos una fuerza exterior, recuperando su posición de reposo (inicial) al cesar dicha fuerza, por acción de un resorte o muelle. Entre ellos se puede mencionar: los pulsadores tipo llave, giratorios, luminosos y de pedal, entre otros.

En la figura 11 se muestra diferentes tipos de pulsadores.



- De conexión múltiple: Si tiene dos o más NA. Sirve para cerrar simultáneamente varios circuitos independientes;

Figura 12. **Contactos**



Fuente: [www.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica\\_cableada](http://www.wikipedia.org/wiki/L%C3%B3gica_cableada)

30 de agosto de 2011

### 2.3. Dispositivos especiales de mando

Son aquellos que poseen funciones similares a la de los pulsadores, pero que a diferencia de estos, no son accionados por el operario sino por otros factores, como presión, tiempo, luz, acción mecánica, campos magnéticos, temperatura etc. En los procesos industriales son ubicados en las etapas de detección y de tratamiento.

En este manual se tratan aquellos que tienen uso más frecuente y generalizado, los cuales son:

- Interruptor de posición final de carrera
- Temporizadores o releevadores de tiempo
- Presostatos o interruptores de presión
- Termostatos
- Detectores o sensores

### 2.3.1. Interruptor de posición final de carrera

Dispositivo empleado en la etapa de detección y fabricado específicamente para indicar, informar y controlar la presencia, ausencia o posición de una máquina o parte de ella siendo accionado por ellas mismas mediante contacto físico.

Figura 13. Interruptor de final de carrera



Fuente: <http://www.solostocks.com>.

30 de agosto de 2011

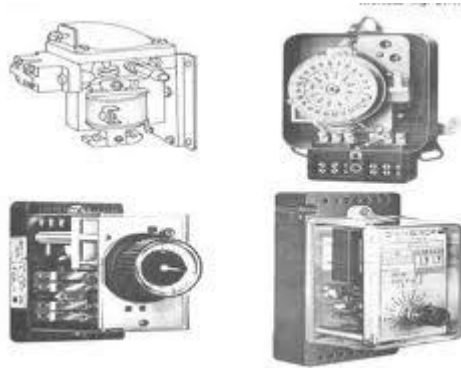
### 2.3.2. Temporizadores o relevadores de tiempo

Dispositivos en los cuales se abren o cierran determinados contactos, llamados contactos temporizados, después de cierto tiempo, debidamente preestablecido, de haberse abierto o cerrado su circuito de alimentación.

Los temporizadores según la técnica de construcción y funcionamiento, pueden ser del tipo electromecánicos, neumáticos y electrónicos.

En la figura 14 se puede observar diferentes tipos de temporizadores

Figura 14. **Temporizadores**



Fuente. <http://www.ucm.htm>  
30 de agosto de 2011

### 2.3.3. **Presostatos**

Son dispositivos que abren o cierran un circuito eléctrico al detectar cambios de presión en sistemas neumáticos o hidráulicos, motivo por el cual, son también llamados interruptores de presión, son instalados en las tuberías de conducción de gases o líquidos, o bien en los tanques de almacenamiento de dichos elementos. La figura 15 muestra un presostato.

Figura 15. **Presostato**



Fuente: <http://www.hidrobex.es>  
30 de agosto de 2011

### 2.3.4. Termostatos

Dispositivos que abren o cierran circuitos eléctricos, en función de la temperatura que los rodea.

Figura 16. **Termostato**



Fuente: <http://www.elbruijot.com>

30 de agosto de 2011

### 2.3.5. Detectores

Dispositivos conocidos también como captadores o sensores, son dispositivos electrónicos que transmiten información sobre presencia, ausencia, paso, fin de recorrido, rotación, contaje, etc. de objetos sin entrar en contacto físico con las piezas

Estas características hacen que su uso sea muy útil en máquinas de ensamblaje, máquinas transportadoras, prensas, etc. Entre los más utilizados se pueden mencionar:

- Detectores de proximidad
- Detectores fotoeléctricos

#### **2.3.5.1. Detectores de proximidad**

Dispositivo que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan, entre los más comunes tenemos los detectores inductivos y capacitivos

- Detectores de proximidad inductivos: su funcionamiento se basa en la variación de un campo electromagnético al acercarse un objeto metálico.
- Detectores de proximidad capacitivos: su principio de funcionamiento radica en la variación de un campo eléctrico al acercarse un objeto cualquiera.

#### **2.3.5.2. Detectores fotoeléctricos**

Son dispositivos electrónicos compuestos esencialmente de un emisor de luz asociado a un receptor fotosensible. Para detectar un objeto, es suficiente que este interrumpa o haga variar la intensidad del haz luminoso.

La figura 17 corresponde a la de un detector fotoeléctrico.

Figura 17. **Detectores fotoeléctricos**



Fuente: <http://www.optex-fa.cl/index.html>

30 de agosto de 2011

## **2.4. Dispositivos de protección y maniobra**

Son destinados a proteger todo o parte de un circuito, interrumpiéndolo de las líneas de alimentación, cuando se presentan irregularidades en su funcionamiento, particularmente por sobrecargas, sobre intensidades y cortocircuitos. Entre ellos se pueden mencionar:

- Fusible
- Interruptor termomagnético
- Relevadore térmico
- Relevador térmico diferencial
- Relevador electromagnéticos

### **2.4.1. Fusible**

Son dispositivos de protección contra corto circuitos, su construcción viene dada por conductores calibrados específicamente para el paso de determinadas cantidades de corriente (por consiguientes más débiles que el resto de los conductores del circuito), de manera que al producirse un corto circuito se fundirá rápidamente (por el bajo punto de fusión que tiene), interrumpiendo rápidamente el circuito y evitando daños mayores en las cargas.



Figura 18. **Fusible**



Fuente: <http://www.directindustry.es>

30 de agosto de 2011

#### **2.4.2. Interruptor termomagnético**

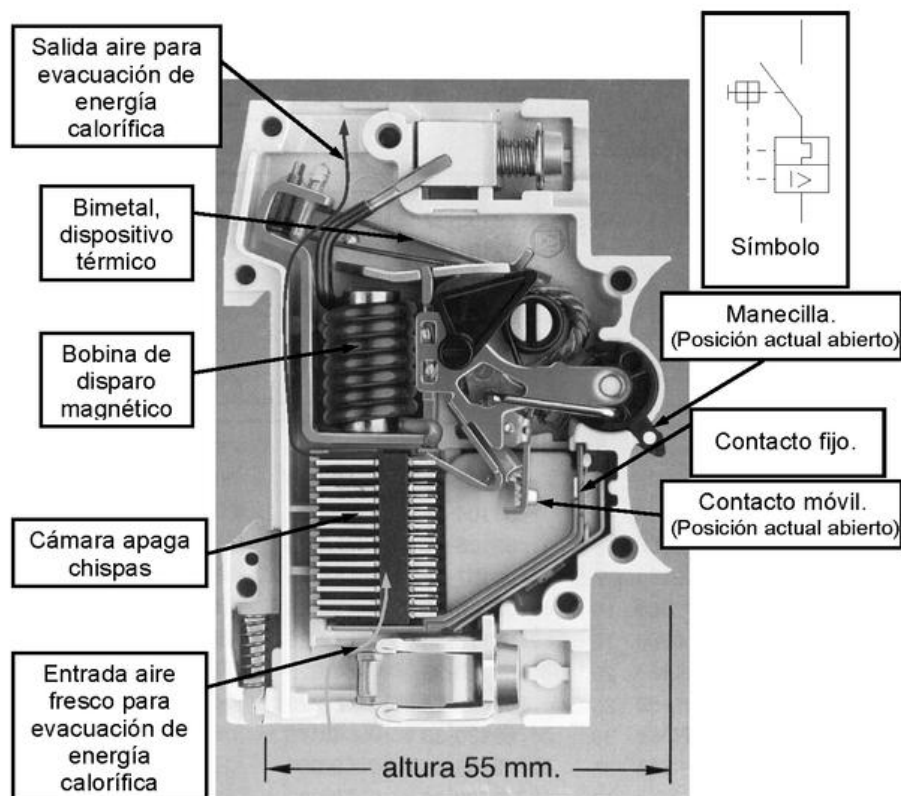
Son dispositivos de protección de circuitos que ejecutan principalmente dos funciones: abrir y cerrar un circuito por medio del accionamiento manual de una palanca e interrupción automática de circuitos, bajo condiciones de sobrecargas mantenidas o de corto circuito

Cuando se abre un interruptor automático para despejar una falla, la palanca se mueve a su posición disparada, es decir, el punto intermedio entre las posiciones de conectado *on*, y desconectado *off*, lo cual indica claramente que el interruptor ha funcionado. Una vez eliminada la causa de la falla el interruptor puede volver a cerrarse moviendo la palanca a la posición *off*, y luego a la posición de conectado *on*.

Los interruptores termomagnéticos tienen las características de disparo libre, lo que significa que los contactos del interruptor no pueden mantenerse

cerrados bajo condiciones de falla, están diseñados con el fin de proteger a los conductores aislados, en contra de calentamiento excesivo que puede dañar el material aislante del conductor y al mismo conductor. No solo deben permitir el paso de corriente del circuito en todo momento bajo condiciones normales y efectuar el disparo bajo condiciones de sobrecarga, sino también deberán tener la capacidad suficiente de interrupción, para poder interrumpir con éxito la corriente de corto circuito que pueda producirse bajo las condiciones de sobrecorrientes más desfavorables.

Figura 19. Partes de un interruptor termomagnético



Fuente: Fuente: [www.telemecanique.electric.mx.com](http://www.telemecanique.electric.mx.com)

30 de agosto de 2011

El funcionamiento de un interruptor termomagnético se basa en una chapa de material bimetálico, que se deforma con el sobrecalentamiento que se produce en las sobrecorrientes y cortocircuitos.

Algunas de las irregularidades que se pueden producir en las condiciones de servicio de una máquina o motor eléctrico son:

- Disminución de la tensión de red, que puede dar lugar a sobrecorrientes;
- Gran inercia de las partes móviles, por oxidación en el cojinete de rodamiento del eje del motor.
- Excesivas puestas en marcha por unidad de tiempo;
- Calentamiento de la máquina originado por una temperatura ambiente elevada.

En estos u otros casos similares, los elementos de protección desconectarán el circuito de mando, desconectándose lógicamente el circuito de alimentación de la máquina o motor, evitando de esta manera que se dañen o disminuyan su duración.

### **2.4.3. Relevador térmico**

Son los dispositivos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas, el principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos materiales (bimetales) bajo el efecto del calor, para accionar, a una temperatura determinada, que a sido fijada desde su

confección o puede ser ajustada de acuerdo a requerimientos propios, para que desenergicen todo el sistema.

Figura . **Relevador térmico**



Fuente: <http://www.sudel.com>.

30 de agosto de 2011

El calor necesario para deformar la lámina bimetálica es producido por unas resistencias, arrolladas alrededor del bimetálico que se encuentra cubierto por una capa de asbesto, a través de los cuales circula la corriente que va de la red al motor.

Los bimetálicos empezarán a deformarse cuando la corriente sobrepase un valor nominal para el cual se construyeron las resistencias, empujando una placa de fibra (material muy consistente, aislante eléctrico y resistente al calor) hasta que provoque la apertura y cierre de sus contactos auxiliares que desenergicen la bobina del contactor y energice el elemento de señalización, respectivamente.

El tiempo de desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias. Naturalmente, el tiempo debe ser tal que no ponga en peligro el aislamiento de las bobinas del motor, ni se produzcan desconexiones innecesarias, por lo cual están regulados normalmente de acuerdo a la intensidad nominal ( $I_n$ ) del motor.

#### **2.4.4. Relevador térmico diferencial**

En un sistema trifásico, son los que detectan un desequilibrio entre las fases, un fallo o corte de alguna de ellas, como ocurre cuando se funde un fusible y un motor eléctrico trifásico se queda funcionando en dos fases.

Su funcionamiento se basa en la diferencia de curvatura de los tres bimetales en un relevador térmico normal al fallar una fase, para lo cual se emplean dos regletas (placas de fibra) que detectan esta diferencia de curvatura de los bimetales y actúan sobre los contactos auxiliares del relevador, interrumpiendo inmediatamente el circuito de mando. La desconexión será tanto más rápida, cuando mayor diferencia de curvatura exista entre los bimetales.

#### **2.4.5 Relevadores electromagnéticos**

Es utilizado para la protección de circuitos contra fuertes sobrecargas. La desconexión se efectuará instantáneamente.

Su funcionamiento está basado en el esfuerzo producido por un electroimán sobre una armadura metálica (similar a la del contactor).

Cuando la corriente, que absorbe el motor, es muy superior a la normal (nominal la bobina del electroimán crea un fuerte campo magnético, suficiente para ejercer una fuerza de atracción capaz de vencer el efecto muelle contrario.

Unidos a la armadura están los contactos del circuito de mando dando lugar por tanto a lo apertura del circuito, cuando la armadura se mueve.

Al interrumpirse el circuito de alimentación, el relevador vuelve a su posición de reposo por acción del muelle.

## **2.5. Dispositivos de señalización**

Son todos aquellos dispositivos cuya función es indicar sobre el correcto funcionamiento o paros anormales de las máquinas, aumentando así la seguridad del personal y facilitando el control y mantenimiento de los equipos.

### **2.5.1. Tipos de señalización**

Su clasificación está hecha en función a la forma en la cual es percibida por las personas, y estas pueden ser:

- Acústicas y
- Ópticas

#### **2.5.1. 1. Señales acústicas**

Son señales perceptibles por el oído. Entre las más usadas figuran los timbres, zumbadores o chicharras, sirenas, etc., como el que muestra en la figura 21.

Figura 21. **Sirena**



Fuente: <http://www.labelident.com>

30 de agosto de 2011

### **2.5.1.2. Señales ópticas**

Son señales perceptibles por la vista y se clasifican en visuales y luminosas.

- **Señales ópticas visuales**

En este tipo de señalización es donde se emplean ciertos símbolos indicativos de la operación que se está realizando.

Figura 22. **Señalización visual**



Fuente: <http://www.labelident.com>

- **Señales ópticas luminosas**

En este tipo de señalización se emplean lámparas o pilotos de colores diferentes.

De acuerdo a la complejidad y riesgo en el manejo de los equipos, se pueden emplear, al mismo tiempo, señalizaciones visuales y luminosas, e incluso en casos especiales señalizaciones ópticas y acústicas simultáneamente.

Figura 23. **Sirena luminosa**



Fuente: <http://www.labelident.com>





### **3. APLICACIONES DE CIRCUITOS ELECTROMAGNÉTICOS**

Una de las aplicaciones más amplias que pueden tener los circuitos electromagnéticos con contactores, es para el control de arranques de motores eléctricos.

#### **3.1. Arranque de motores eléctricos con contactores**

Para el arranque de un motor eléctrico mediante contactores, es necesaria la utilización de una serie de dispositivos para su funcionamiento en los cuales podemos mencionar los de mando, protección y maniobra.

Durante el proceso de arranque de motores eléctricos se deben de tomar en cuenta una serie de consideraciones y precauciones, debido a que no todos los motores pueden ser arrancados de una forma directa.

Es de suma importancia indicar acerca de los inconvenientes que provoca arrancar un motor conectándolo directamente a las líneas de tensión. Al respecto, cabe señalar que desde hace algún tiempo se han utilizado métodos de arranques tradicionales para evitar el arranque directo, a fin de reducir los efectos dañinos de las altas corrientes de arranque sobre los circuitos de distribución.

### **3.1.1. Clasificación de métodos de arranque**

Esta clasificación es hecha en función al voltaje que se le entregan al motor durante la etapa de arranque, y esta dada en dos metodos.

- Arranque directo
- Arranque a tensión reducida

De los cuales se da a conocer sus características a continuación.

#### **3.1.1.1. Arranque directo de motores eléctricos**

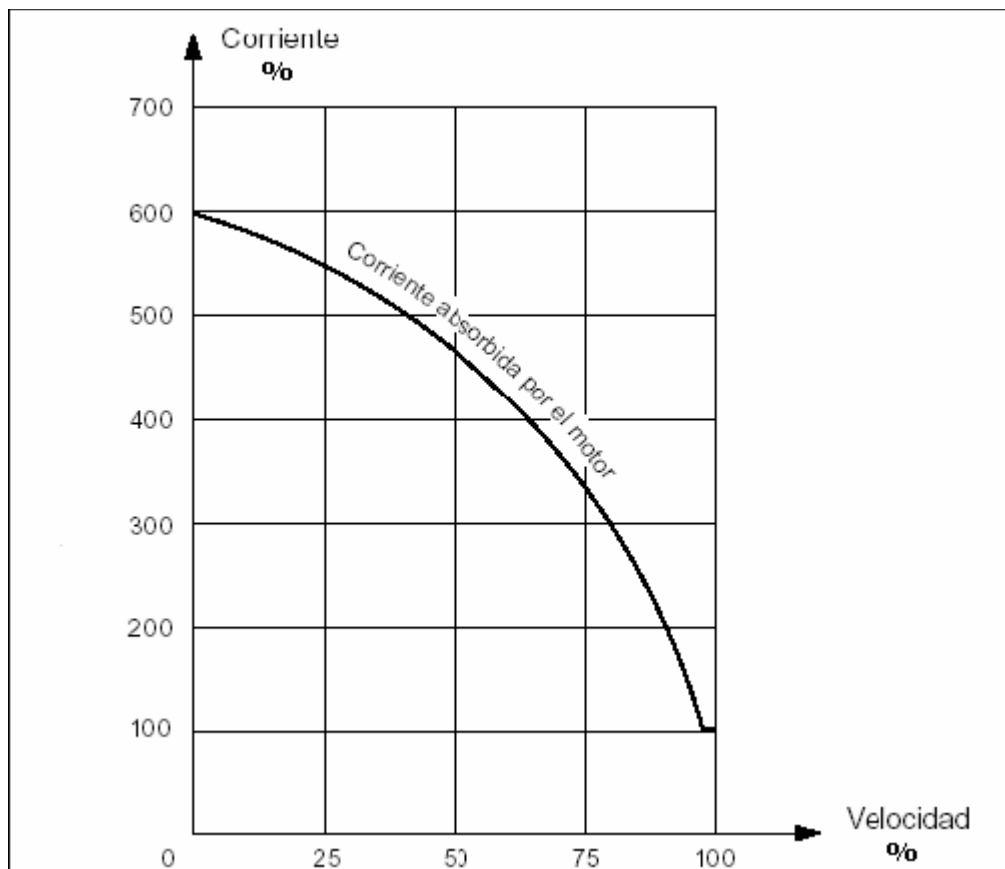
Es el procedimiento más sencillo, consiste en aplicar la tensión total de línea a los bornes del motor, por medio de un contactor, en un único tiempo. El motor arranca con sus características normales con una fuerte punta de intensidad. Esta punta puede llegar a ser hasta 7 veces la intensidad nominal, lo que hace que las líneas de alimentación incrementen considerablemente su carga y, como consecuencia directa, se produzca una caída de tensión y un recalentamiento en dichas líneas, lo cual puede provocar su desconexión.

En este sentido, es recomendable que el arranque directo de un motor solo se utilice en aquellos de potencia inferior a los 7 hp, ya que en estos motores pequeños, debido a la mayor impedancia de sus devanados, se reduce la amplitud de la corriente de arranque.

Con motores de media y gran potencia, el arranque directo es inaceptable por el pico de corriente que se produce al conectar el motor.

- **Curva de corriente de arranque de un motor eléctrico:** la curva que se muestra en la figura 24 muestra la característica de la corriente de arranque de un motor conectado directamente a las líneas de voltaje. Se puede observar que la corriente que absorbe el motor en el instante en el cual su velocidad vale cero es muy alta y decrece en forma no lineal conforme la velocidad aumenta. Este efecto se produce debido a que en el inicio, cuando el motor se energiza, se debe vencer la inercia de la carga mecánica que tiene conectada a su eje. Una vez vencida la inercia, conforme el motor se acerca a su velocidad nominal, la corriente del mismo disminuye hasta alcanzar su valor nominal bajo carga.

Figura 24. **Curva de corriente contra velocidad del arranque directo**



Fuentes: Viv, Cohen. Induction motors: Protection and starting, P29.

- **Ventajas del arranque directo de un motor eléctrico**

Dentro de las ventajas que se pueden mencionar para el arranque directo de un motor eléctrico son:

- Sencillez del circuito: debido a que únicamente se trata de meter o sacar de servicio el motor, el equipo mínimo necesario son los contactores y protecciones de sobrecarga.
- Elevado par de arranque: como el motor está conectado directamente a la red, éste recibe todo el voltaje y por lo tanto se genera un alto par de arranque en el eje del motor.
- Arranque rápido: el tiempo de arranque es intrínseco del motor, ya que no depende de ninguna transición para llegar al voltaje nominal.
- Bajo costo inicial: el costo de contactores electromagnéticos es relativamente bajo al compararlo con otro tipo de dispositivos de arranque.
- **Desventajas del arranque directo de un motor eléctrico**

Dentro de las desventajas que se pueden mencionar para el arranque directo de un motor eléctrico son:

- Mantenimiento del dispositivo arrancador: los contactores al estar expuestos a grandes corrientes durante el arranque, sufren desgaste lo cual requiere un mantenimiento constante.
- Reemplazo de contactos: el reemplazo de contactos debido al desgaste genera tiempos muertos en etapas de producción.
- No hay control del par: no es posible controlar el par de arranque de un motor conectado directamente a las líneas de voltaje, ya que éste es un valor que depende de la construcción del motor.
- Altos picos de corriente de arranque: el arrancador conecta el motor directamente a la línea, con lo que se aplica todo el voltaje a las terminales del devanado estatórico y éste absorbe gran cantidad de corriente de la red.

### **3.1.1.2. Arranque a voltaje reducido de un motor eléctrico**

El funcionamiento de este tipo de arranque, se caracteriza por controlar las corrientes de arranque y limitarlas a valores que no afectan las mediciones de demanda máxima. El método consiste en producir, en el momento del arranque, una tensión menor que la nominal en los devanados del motor. Al reducirse la tensión se reduce la corriente, la intensidad del campo magnético y el par desarrollado. En algunos métodos de arranque, la corriente y el par se reducen de manera proporcional, el más empleado es el estrella-delta el cual se detalla a continuación.

### **3.1.1.2.1. Arranque estrella-delta en un motor eléctrico**

Este procedimiento es uno de los más empleados para el arranque de motores a tensión reducida, ya que reduce de 3 a 4 veces la corriente durante el arranque. El arranque estrella-delta, únicamente es posible si el motor dispone de seis bornes y está conectado en triángulo durante el servicio.

El procedimiento para reducir la tensión en el arranque consiste en conmutar las conexiones de los devanados en los motores trifásicos previstos para trabajar conectados en delta en la red. Los devanados inicialmente se conectan en estrella, es decir, reciben la tensión de fase, y luego se conectan en delta a la tensión de línea. La tensión durante el arranque se reduce a 57 por ciento. Por ser ésta una relación fija, y dado que la influencia de la tensión sobre la corriente y el par es cuadrática, tanto la corriente como el par de arranque del motor se reducen tres veces.

El control de este tipo de conexión estrella-delta puede ser realizada mediante pulsadores, interruptores de posición de final de carrera, termostatos, interruptor de flotador, etc.

El cambio de conexión de estrella a delta se realiza cuando el motor alcanza el deslizamiento de operación en la conexión estrella. La orden de cambio puede ser dada por un temporizador o de forma manual en el tiempo de aceleración a tensión reducida.

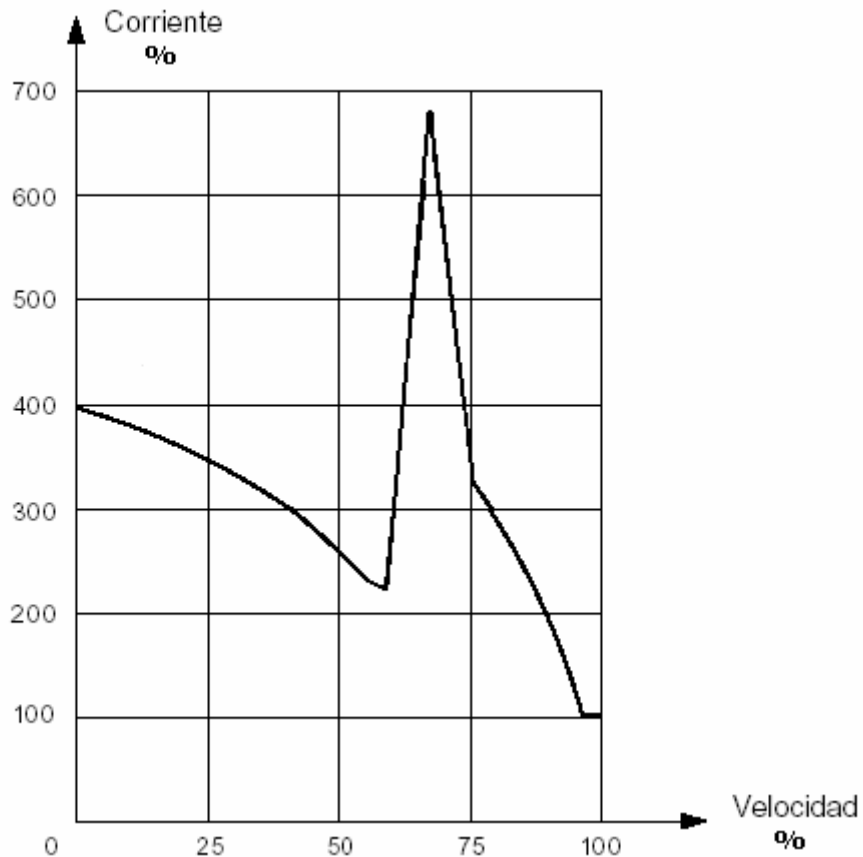
- **Curva de corriente de un arranque de motor, en conexión estrella delta**

La principal característica del método de arranque estrella-delta es que se obtiene la disminución de la corriente al momento de dar inicio el giro del eje del motor, lo cual se logra debido a la disminución del voltaje en sus terminales en la primera fase del arranque.

En la figura 25 se observa que la corriente de arranque, cuando el motor tiene velocidad cero, es menor que la que se presenta en un arranque directo; sin embargo, en la transición de la conexión de estrella a delta, es cuando el motor queda desconectado temporalmente de la red, se produce un pico de corriente momentáneo mientras se vuelve a conectar el motor en configuración delta, con lo cual se aplica la tensión nominal a las terminales del motor para su funcionamiento.



Figura 25. **Curva de corriente contra velocidad del arranque estrella-delta**



Fuente: Viv, Cohen. Induction motors: Protection and starting, P45.

- **Ventajas del arranque estrella-delta**

Las ventajas que presenta el arranque estrella-delta son similares a las del arranque directo, ya que no se necesita gran cantidad de equipo, únicamente contactores y relevadores.

- Bajo costo inicial: el costo del arranque estrella-delta se incrementa, respecto al arranque directo, debido a que se usa una mayor cantidad de

contactores y de relevadores; sin embargo, el costo final del arrancador es relativamente bajo.

- Sencillez del circuito: es un circuito formado por contactores y relevadores para llevar a cabo el arranque.

- **Desventajas**

Las desventajas que presenta el arranque estrella-delta son las siguientes:

- Diseño especial del motor: el motor accionado por un arrancador estrella-delta debe tener el devanado en dos partes y tener accesibles sus 6 terminales para poder hacer la conexión.
- Mantenimiento del dispositivo arrancador: los contactores sufren desgaste debido al pico de transición que se presenta momentáneamente durante el cual circula una gran cantidad de corriente a través de ellos y disminuye su vida útil.
- Reemplazo de contactos: el reemplazo de contactos debido al desgaste genera tiempos muertos en etapas de producción.
- Disminución del par: el par de arranque del motor se ve disminuido debido a la reducción del voltaje en sus terminales, y el mismo podría ser insuficiente para arrancar motores con grandes momentos de inercia.



## 4. PRACTICAS DEL MANUAL

Antes de dar inicio con el desarrollo de las prácticas sobre contactores eléctricos, se le recomienda al estudiante tomar en cuenta las debidas precauciones a la hora de elaborar sus prácticas, y poder evitar así cualquier accidente en el trabajo de laboratorio; además, debe conocer los elementos básicos del uso del tablero, así como el reconocimiento de cada uno de sus componentes.

Entre las recomendaciones y normas a seguir en la elaboración de las prácticas de arranque de motores eléctricos se tienen:

- Reconocer el lugar de trabajo donde se localizan los interruptores de energía y los extintores y como se usan.

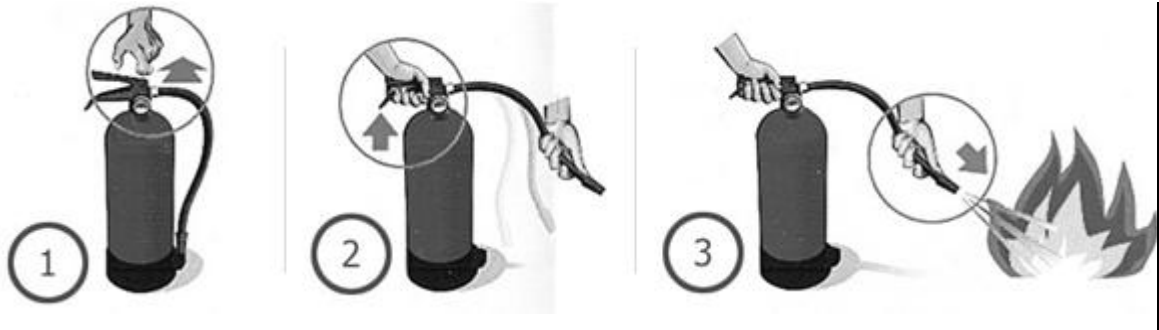
Como usar un extintor en caso de emergencia

- Los extintores, por lo general, tienen un anillo de seguridad, lo primero es estirar fuerte el anillo de seguridad que está situada junto al asa del extintor.
- Situarse a unos 2 metros del fuego para poder atacarlo correctamente.
- Aunque la situación de fuego crea alarma y desconcierto, si es necesario, debe detenerse a pensar unos segundos antes de actuar. Si se vacía el extintor o extintores sin control, posiblemente no se consiga apagar el incendio y ya no se tendrá más extintores.

- Una vez situados a 2 metros del fuego posicionar el extintor de forma vertical.
- Descargar el extintor apuntando hacia la base de la llama, no cometer el error de apuntar a la llama propiamente dicha. El fuego se está originando en la base, que es donde se debe actuar. Al descargar el extintor, ir moviendo la manguera de izquierda a derecha para abarcar toda la base del fuego.
- En exteriores siempre vaciar el extintor en la misma dirección que el viento.
- Nunca darle la espalda al fuego mientras se usan los extintores.
- Si tienen varios extintores, es mucho más efectivo usarlos al mismo tiempo que de uno en uno.
- Aunque haya conseguido apagar el fuego vacíe completamente el extintor para evitar que el fuego se reproduzca. Dejar media carga dentro de un extintor no sirve de nada ya que ese extintor hay que recargarlo igualmente.

En la figura 26 se muestra más a detalle el uso correcto de un extintor.

Figura 26 **Uso correcto de un extintor**



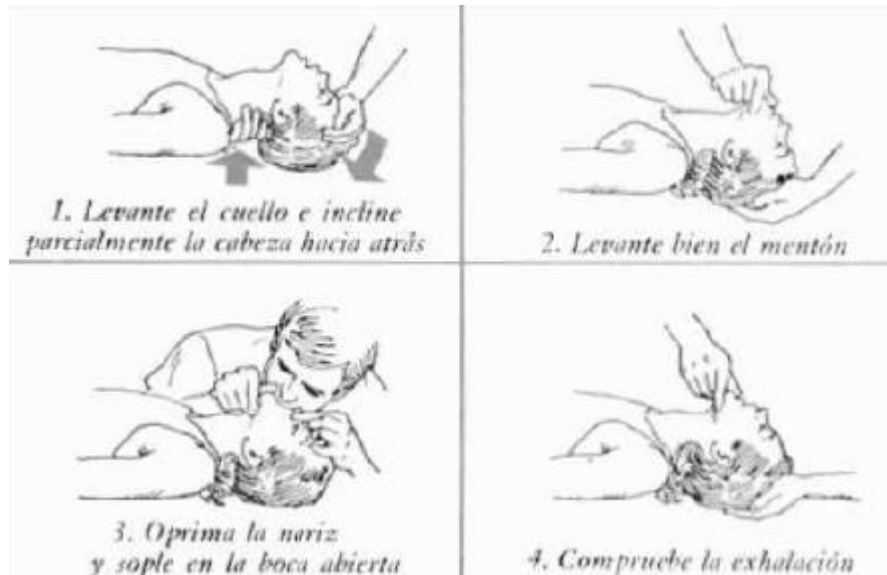
Fuente. <http://www.seguridadproteccioncontraincendios.es/como-usar-un-extintor-correctamente/>

31 de agosto de 2011

- Aprenda primeros auxilios.
  - No permita que le distraigan cuando trabaja y no masque chicle o cualquier otro objeto. Dificulta las labores de auxilio

En la figura 27 se muestra el procedimiento para dar primeros auxilios.

Figura 27. **Como dar primeros auxilios**



Fuente: Libro de primeros auxilios

- No operar equipo e instrumento si se desconoce el funcionamiento; consultar al instructor o manuales antes de hacer uso de equipo eléctrico.
- No trabajar en zonas húmedas ni con líquidos.
- No manipular dispositivos o circuitos energizados, verificar que estén desconectados.
- Si es necesario trabajar en circuitos energizados, emplear herramienta de mango aislado, como se muestra en la figura 28.

Figura 28. **Herramienta con mango aislado**



Fuente: [www.cemaco.com](http://www.cemaco.com)

31 de agosto de 2011

- Utilizar calzado de suela de goma.
- No dejar obstáculos en el camino.
- Nunca trate de adivinar si un circuito tiene corriente o no, considérese energizado hasta que se demuestre con un instrumento de medición.
- Previa revisión de los circuitos, por el instructor, antes de ser energizados.
- Identifique salidas de emergencia, como la mostrada en la figura 29.



Figura 29. **Salida de emergencia**



Fuente: <http://www.ofistore.com>

31 de agosto 2011

#### **4.1. Práctica 1**

Arranque directo con contactores de un motor trifásico, mando con pulsadores

Objetivo general

Que el estudiante conozca, comprenda y maneje los circuitos de mando y fuerza necesarios para el arranque directo de un motor trifásico.

Objetivos específicos

- Que el estudiante conozca los dispositivos para el arranque del motor eléctrico.
- Que el estudiante conozca el funcionamiento del circuito de enclavamiento o de memoria, utilizado en la mayoría de los arranques de motores eléctricos.
- Que el estudiante conozca la importancia de la protección que brinda el relevador térmico al motor eléctrico, al momento de una falla.
- Que el estudiante pueda observar cuando el circuito tenga una falla por medio de indicadores luminosos.

Duración de la práctica.

Un período de clase

Dispositivos y equipo a utilizar

- 1 interruptor termomagnético tripolar
- 1 interruptor termomagnético monopolar
- 1 contactor
- 1 relevador térmico
- 1 motor trifásico
- 1 pulsador de parada
- 1 pulsador de marcha
- 2 indicadores luminosos
- 1 amperímetro de gancho

Nomenclatura de los dispositivos

- QM1: interruptor termomagnético del circuito de fuerza
- QM2: interruptor termomagnético del circuito de mando
- KM1: contactor
- FR1: relevador térmico
- M1: motor
- SB1: pulsador de parada
- SB2: pulsador de marcha
- HL1: lámpara de motor en marcha
- HL2: lámpara de relevador térmico

## Desarrollo de la práctica

Esta práctica consiste en que el estudiante obtenga la habilidad de montar en el tablero de trabajo los dispositivos necesarios para las conexiones del arranque de un motor eléctrico trifásico.

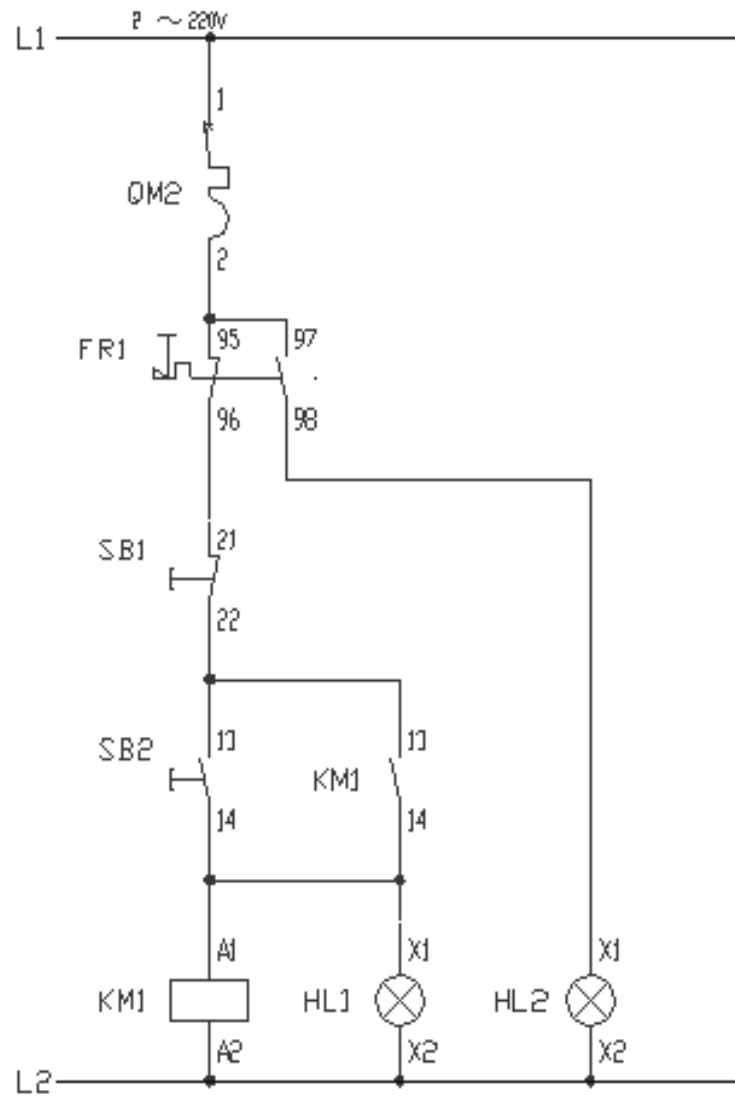
### Circuito de mando

En la figura 30 se puede observar la nomenclatura de los distintos tipos de dispositivos para poder realizar el arranque de un motor eléctrico trifásico, los cuales se describen a continuación.

- Dispositivos de encendido y apagado del circuito
  - pulsador SB2: encargado de activar el circuito de control
  - pulsador SB1: encargado de desactivar el circuito de control
  
- Dispositivos de enclavamiento del circuito
  - Contactos auxiliares NA (13,14) del contactor KM1, llamado de enclavamiento o de memoria
  
- Dispositivos de protección
  - Interruptor termomagnético Q2: su función es la de proteger el circuito de mando contra corto circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de mando del relevador térmico FR1: encargado de abrir el circuito de fuerza y cerrar el circuito indicador de fallas, al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación al motor.

- Dispositivo de accionamiento del contactor
  - Bobina: su función es la de activar el contactor KM1, para que cierren sus contactos principales NA y energice el motor.
  
- Dispositivos de señalización
  - Lámpara HL1: conectada en paralelo con la bobina del contactor KM1, que indica el funcionamiento normal del sistema completo.
  - Lámpara HL2: conectada a los contactos NA (97,98) del circuito de mando del relevador térmico FR1, su función es dar aviso que el sistema de potencia ha sido abierto a causa de una falla.

Figura 30. **Circuito de mando de un arranque directo en reposo**

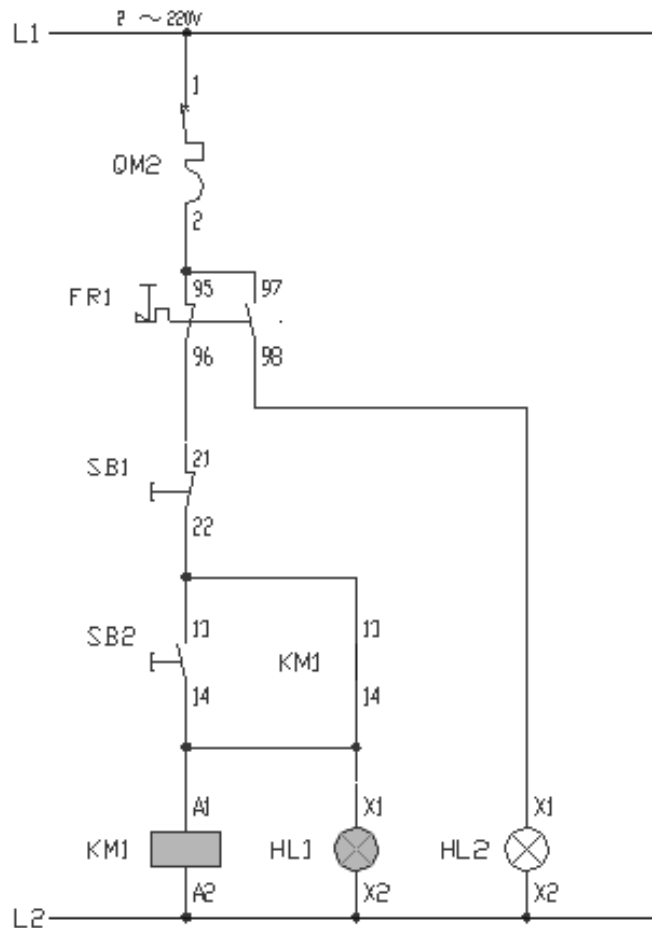


Fuente. elaboración propia.

En la figura 31 se muestra el funcionamiento del circuito de mando del arranque del motor, se puede observar que el contacto auxiliar NA (13,14) del contactor KM1 está cerrado, debido a un impulso eléctrico proporcionado por el pulsador de marcha SB2, permitiendo así la activación de la bobina del mismo, y la lámpara de señalización HL1, que indica el funcionamiento normal del circuito.

El circuito de mando es desactivado por medio de un impulso proporcionado al pulsador de paro SB1.

Figura 31. **Circuito de mando de un arranque directo energizado**



Fuente. elaboración propia.

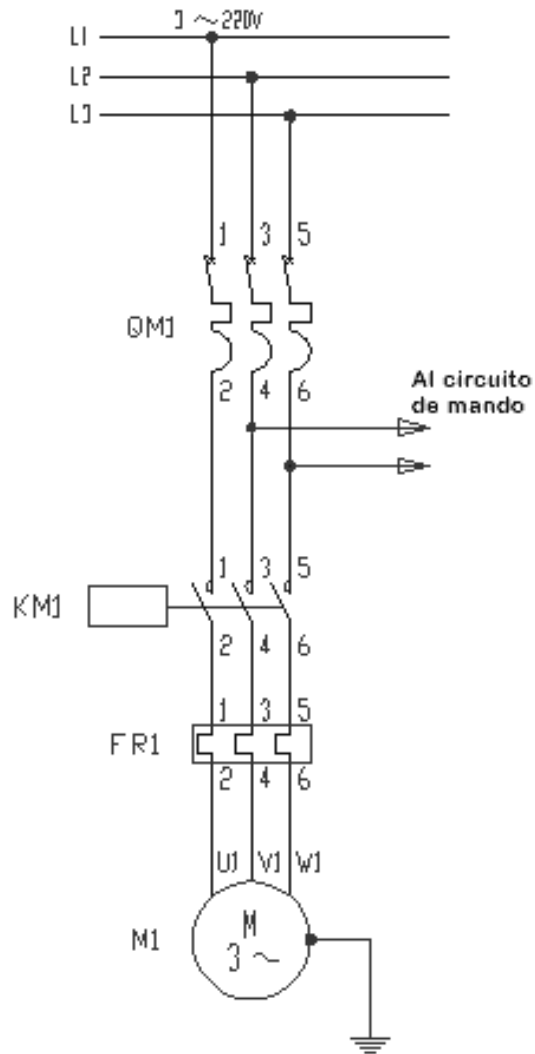
## Circuito de potencia

En la figura 32 se encuentra el circuito de potencia, en donde se puede observar la nomenclatura de los dispositivos para poder realizar el arranque de un motor eléctrico, los cuales se describen a continuación.

- Dispositivos de protección:
  - Interruptor termomagnético QM1: su función es proteger el circuito de potencia contra cortos circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de fuerza del relevador térmico FR1: su función es de proteger al motor, al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación.
- Carga a activar
  - Motor eléctrico trifásico M1.
- Elemento de activación del circuito
  - Contactor KM1 y sus contactos principales.



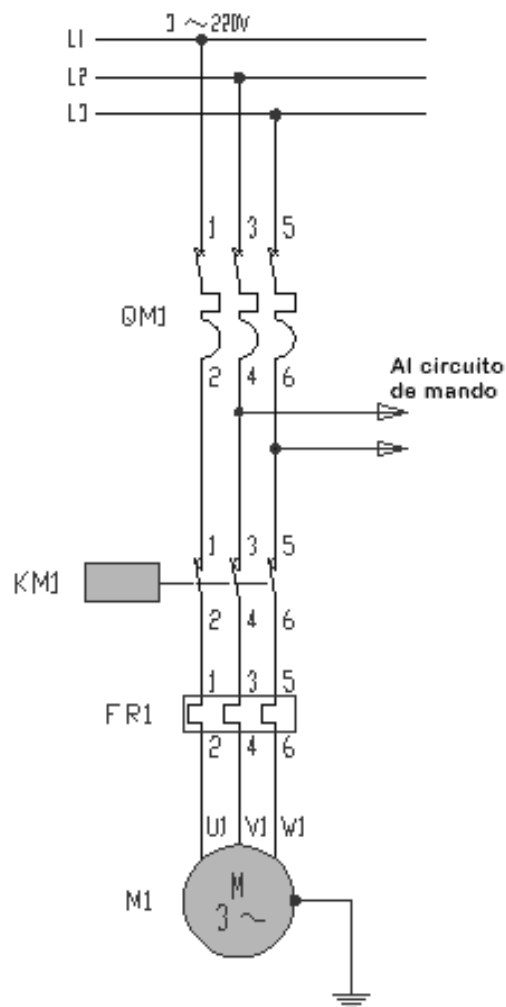
Figura 32. **Circuito de potencia de un arranque directo en reposo**



Fuente. elaboración propia.

En la figura 33 se observa que la bobina del contactor KM1 se encuentra activada la cual permite que los contactos principales del mismo se cierren para energizar el motor eléctrico M1.

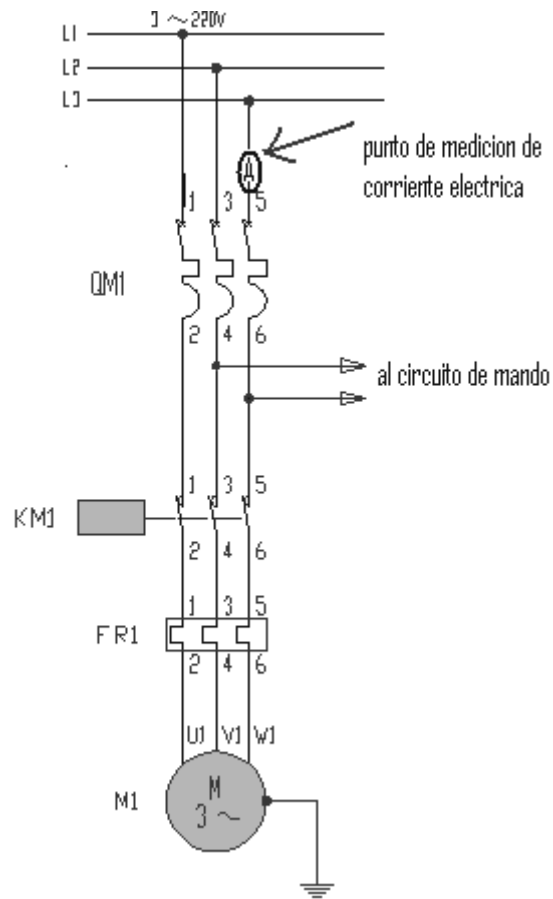
Figura 33. **Circuito de potencia de un arranque directo energizado.**



Fuente. elaboración propia.

La figura 34 muestra la medición de corriente eléctrica que circula a través de una de las fases que alimenta el circuito de potencia, cuando el motor M1 se encuentre en funcionamiento normal. Esta medición puede ser hecha con la ayuda de un amperímetro de gancho.

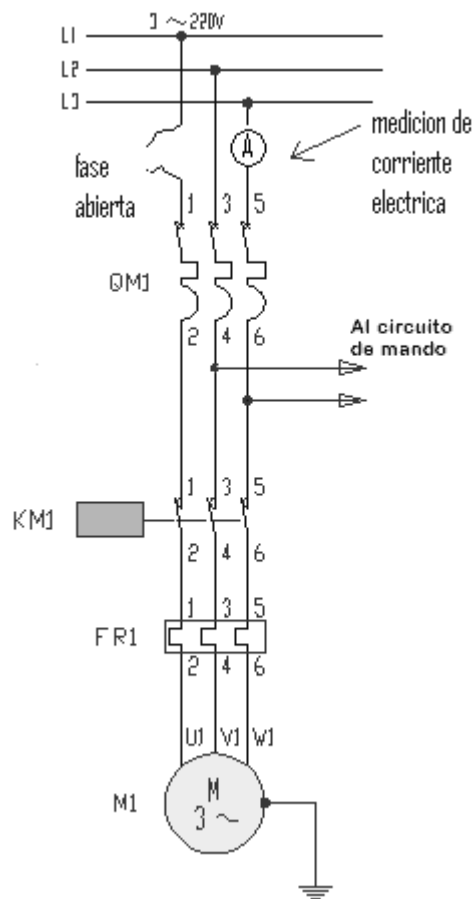
Figura 34. **Circuito de potencia de un arranque directo activado**



Fuente. elaboración propia.

La figura 35 muestra la simulación de una falla eléctrica, mediante la apertura de una de las fases de alimentación al circuito de potencia, y también se muestra la medición de corriente eléctrica de otra de las fases.

Figura 35. **Circuito de potencia con una fase de alimentación abierta**

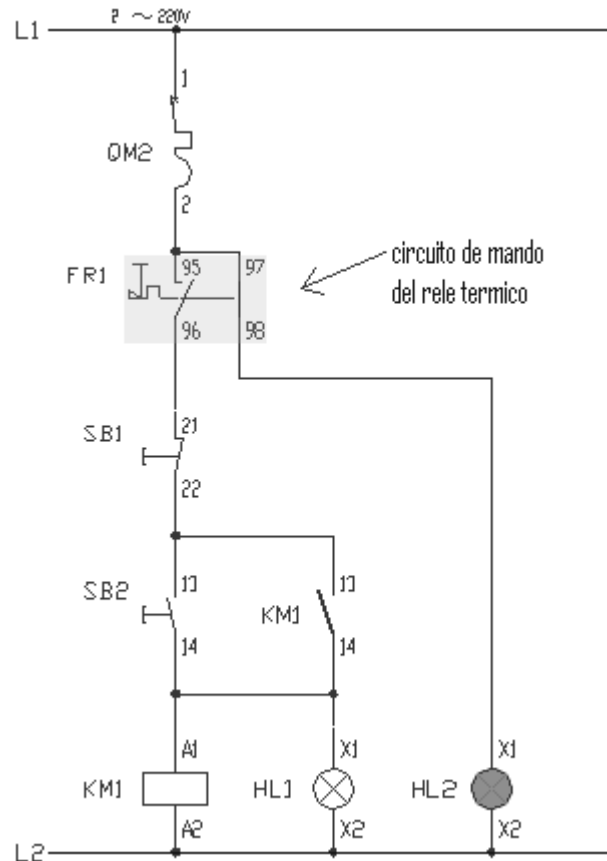


Fuente. elaboración propia.

En la figura 36 se muestra el circuito de fuerza del relevador térmico FR1 después de haber tenido un disparo.

El contacto NC (95,96) del circuito de mando del relevador térmico FR1, esta abierto a causa del calentamiento del motor provocado por el desbalance que se da entre las fases de alimentación del circuito de potencia y, a la vez, también se puede observar como el contacto NA (97,98) del circuito de mando del relevador térmico FR1 se encuentra cerrado para poder activar la lámpara de señalización HL2 del circuito indicador de fallas.

Figura 36. **Circuito de mando indicando una falla en el motor eléctrico**



Fuente. elaboración propia.

## Conclusiones

- Sin el contacto auxiliar NA (13, 14) del contactor KM1 en paralelo con el pulsador de marcha SB2, el circuito de fuerza no queda activado al dejar de presionar el pulsador de marcha SB2.
- Es importante el uso de relevador térmico en sistemas de arranque de motores eléctricos.
- La luz piloto conectada al contacto auxiliar del relevador térmico indica que el motor presenta una falla y que el circuito de fuerza ha sido desactivado.

## Informe de la práctica realizada

- a) Identifique y describa cada uno de los dispositivos que aparecen en el circuito de potencia y mando, haciendo uso de la documentación que se adjunta.
- b) Realice el montaje de ambos esquemas sobre el tablero de trabajo y compruebe su correcto funcionamiento.
- c) Realice una comparación con los valores obtenidos de las mediciones indicadas en cada una de las figuras.
- d) Conteste el siguiente listado de preguntas de repaso.
  - ¿Cómo poder saber que el motor esta en marcha en todo momento?

Se ha conectado una luz piloto HL1 en paralelo con la bobina del contactor

Se ha conectado una luz piloto HL2 al contacto auxiliar del relevador térmico

- ¿Qué ocurre cuando se presiona el pulsador de parada SB1, cuando el motor esta en marcha?

Se detiene el motor y se pone en marcha nuevamente cuando se deja de pulsar

No detiene el motor y sigue funcionando

Se detiene el motor por completo

- Si el contacto auxiliar NA (13,14) del contactor KM1 no estuviera en paralelo con el pulsador de marcha SB2 ¿Qué ocurre?

El motor nunca arranca

EL motor solo funcionaria mientras está presionado el pulsador de marcha

Este contacto no es necesario ya que los pulsadores arrancan el motor



## 4.2. Práctica 2

Arranque directo con contactores de un motor trifásico, e inversión del sentido de giro, mando con pulsadores

Objetivo general

Que el estudiante conozca, comprenda y maneje los circuitos de mando y fuerza necesarios para el arranque e inversión del sentido de giro de un motor trifásico.

Objetivos específicos

- Que el estudiante conozca los dispositivos para el arranque e inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico.
- Que el estudiante determinará que tan importante es el efecto que produce el cambio de las fases de alimentación en un motor trifásico.
- Que el estudiante comprenda el funcionamiento de un circuito de enclavamiento eléctrico para evitar que los contactores encargados de realizar el cambio de fases de alimentación al motor, no sean activados simultáneamente.
- El estudiante pueda distinguir el sentido de giro del motor eléctrico por medio de indicadores luminosos.

Duración de la práctica

Un período de clase

Dispositivos y equipo a utilizar

- 1 interruptor termomagnético tripolar
- 1 interruptor termomagnético monopolar
- 2 contactores
- 1 motor
- 1 relevador térmico
- 1 pulsador normalmente cerrado (paro)
- 2 pulsadores normalmente abiertos (marcha)
- 3 indicadores luminosos

Nomenclatura de los dispositivos

- QM1: interruptor termomagnético general
- QM2: interruptor termomagnético del circuito de mando
- KM1: contactor anti horario
- KM2: contactor anti horario
- FR1: relevador térmico
- M1: motor
- SB1: pulsador de parada
- SB2: pulsador de marcha en sentido anti horario
- SB3: pulsador de marcha en sentido horario
- HL1: lámpara de señalización de giro anti horario del motor.
- HL2: lámpara de señalización de giro horario del motor.
- HL3: lámpara del relevador térmico

## Desarrollo de la práctica

Esta práctica consiste, en que el estudiante obtenga la habilidad de montar en el tablero de trabajo; los dispositivos necesarios para las conexiones del arranque e inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico.

### Circuito de mando

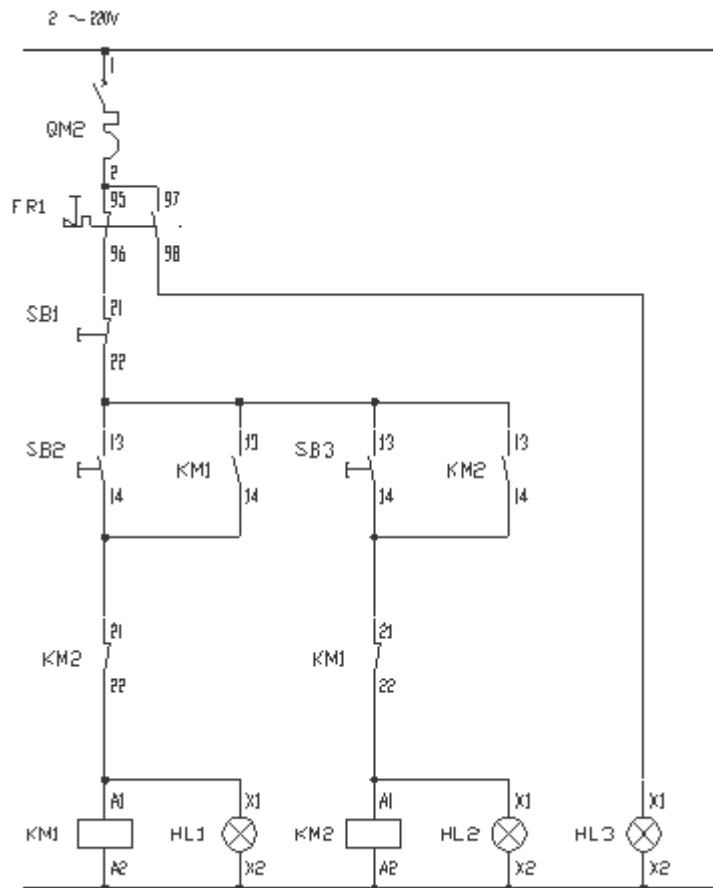
En el circuito de mando de la figura 37, se puede observar la nomenclatura de los distintos tipos de dispositivos para poder realizar el arranque y la inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico, los cuales se describen a continuación.

- Dispositivos de encendido y apagado del circuito
  - pulsadores SB2 y SB3: encargados de activar el circuito de control
  - pulsador SB1: encargado de desactivar el circuito de control
  
- Dispositivos de enclavamiento del circuito
  - contactos auxiliares NA (13, 14) de los contactores KM1 Y KM2, llamados de enclavamiento o de memoria

- Dispositivos del enclavamiento eléctrico
  - contactos NC (21,22) de KM1 y KM2 que impiden que ambos contactores se activen a la vez.
  
- Dispositivos de protección
  - Interruptor termomagnético Q2: su función es la de proteger el circuito de mando contra corto circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de fuerza del relevador térmico FR1: encargado de abrir el circuito de fuerza y cerrar el circuito indicador de fallas, al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación al motor.
  
- Dispositivo de accionamiento de los contactores
  - Bobina: su función es la de activar los contactores, para que cierren sus contactos (NA) y energice el motor eléctrico.
  
- Dispositivos de señalización
  - Lámpara HL1: conectada en paralelo con la bobina del contactor KM1, que indica el funcionamiento normal de motor eléctrico trifásico y su sentido de rotación anti horario.
  - Lámpara HL2: conectada en paralelo con la bobina del contactor KM2, que indica el funcionamiento normal del motor eléctrico trifásico y su sentido de rotación horario.

- Lámpara HL3: conectada a los contactos normalmente abiertos del circuito de mando (97,98) del relevador térmico FR1, su función es dar aviso que el sistema de potencia ha sido abierto a causa de una falla.

Figura 37. **Circuito de mando de un inversor de cambio de giro en reposo**

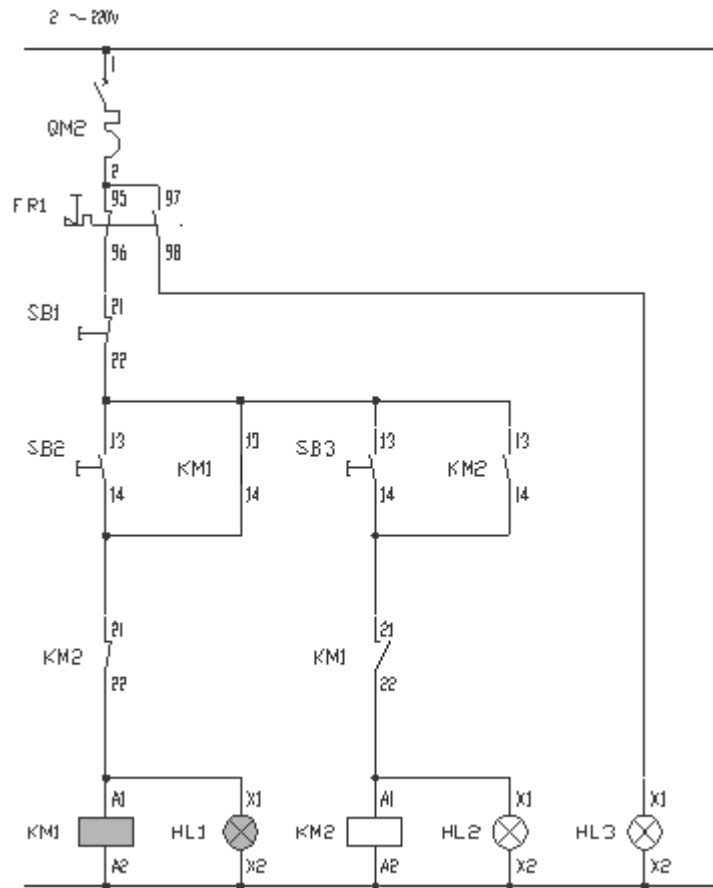


Fuente. elaboración propia.

En la figura 38 se muestra el funcionamiento del circuito de mando del arranque del motor eléctrico trifásico. Se puede observar que el contacto auxiliar NA (13,14) de KM1 está cerrado, debido a un impulso eléctrico proporcionado por el pulsador de marcha SB2, permitiendo así la activación de la bobina del mismo, la lámpara de señalización HL1, que indica el sentido de giro anti horario del motor eléctrico trifásico, y a la vez, también se puede observar la apertura del contacto auxiliar NC (21,22) de KM1 para evitar el accionamiento del contactor KM2 y no ocurra un corto circuito en las fases de alimentación del motor M1.

El circuito de mando es desactivado por medio de un impulso proporcionado al pulsador de paro SB1.

Figura 38. **Circuito de mando energizado con sentido de giro anti horario**

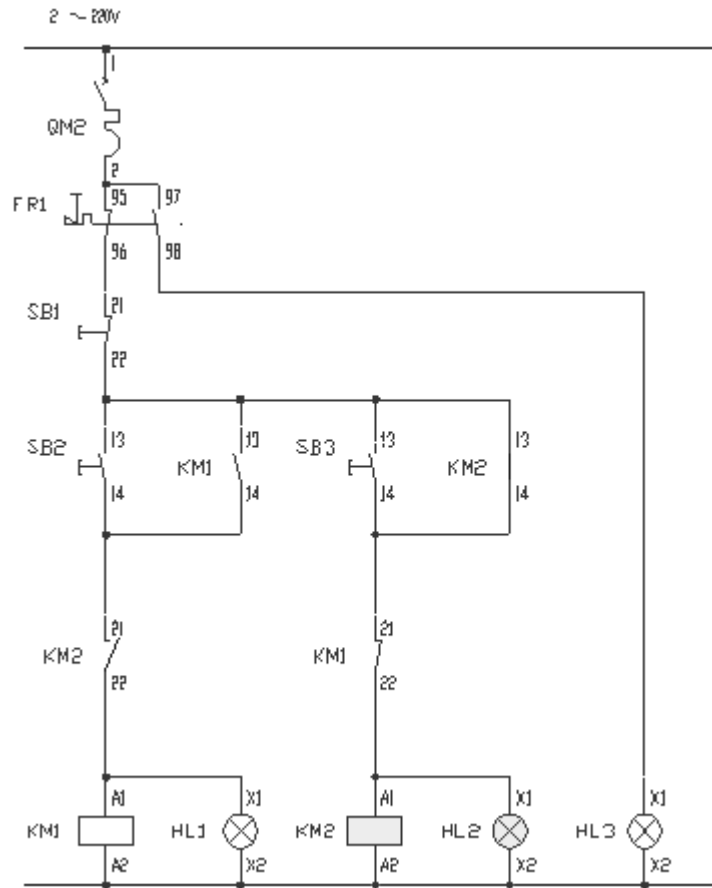


Fuente. elaboración propia.

En la figura 39, se muestra el funcionamiento del circuito de mando del arranque del motor eléctrico trifásico. Se puede observar que el contacto auxiliar NA (13,14) de KM2 está cerrado, debido a un impulso eléctrico proporcionado por el pulsador de marcha SB3, permitiendo así la activación de la bobina del mismo, la lámpara de señalización HL2, que indica el sentido de giro horario del motor eléctrico trifásico, a la vez, también se puede observar la apertura del contacto NC (21,22) de KM2 para evitar el accionamiento del contactor KM1 y no ocurra un corto circuito en las fases de alimentación del motor M1.

El circuito de mando es desactivado por medio de un impulso proporcionado al pulsador de paro SB1.

Figura 39. **Circuito de mando energizado con sentido de giro horario.**



Fuente. elaboración propia.

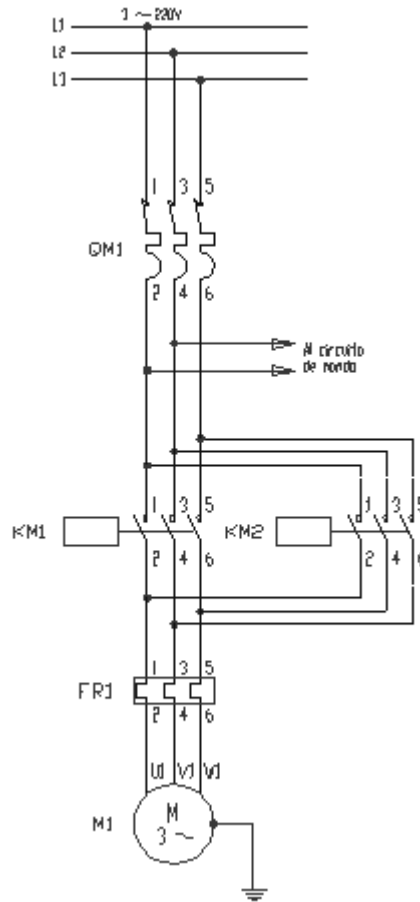


## Circuito de potencia

En el circuito de potencia de la figura 40, se pueden observar la nomenclatura de los dispositivos para poder realizar el arranque e inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico, los cuales se describen a continuación.

- Dispositivos de protección
  - Interruptor termomagnético QM1: su función es la de proteger el circuito de potencia contra corto circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de fuerza del relevador térmico FR1: Su función es de proteger al motor al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación.
- Carga a activar
  - Motor eléctrico trifásico M1.
- Elemento de activación del circuito
  - Contactor KM1: activa el motor con el sentido de giro anti horario.
  - Contactor KM2: activa el motor con el sentido de giro horario.

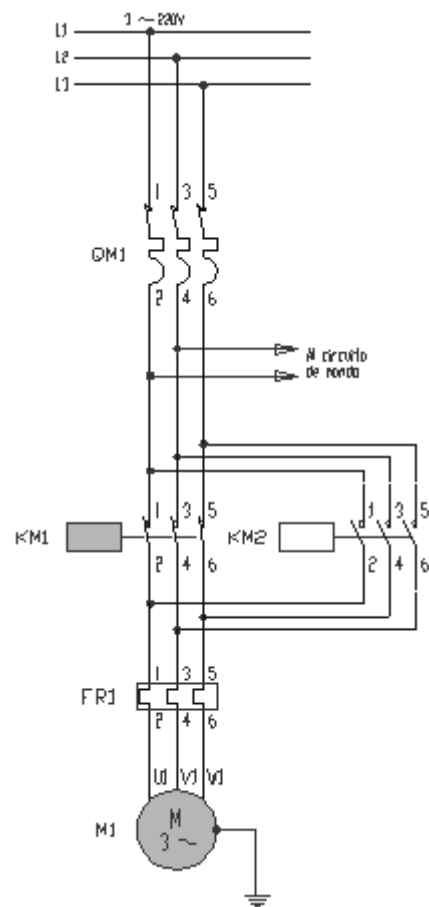
Figura 40. **Circuito de potencia en reposo**



Fuente. elaboración propia.

En la figura 41 se observa que la bobina del contactor KM1, se encuentra activada lo cual permite que los contactos principales del mismo se cierren para energizar el motor eléctrico trifásico M1 con sentido de giro anti horario.

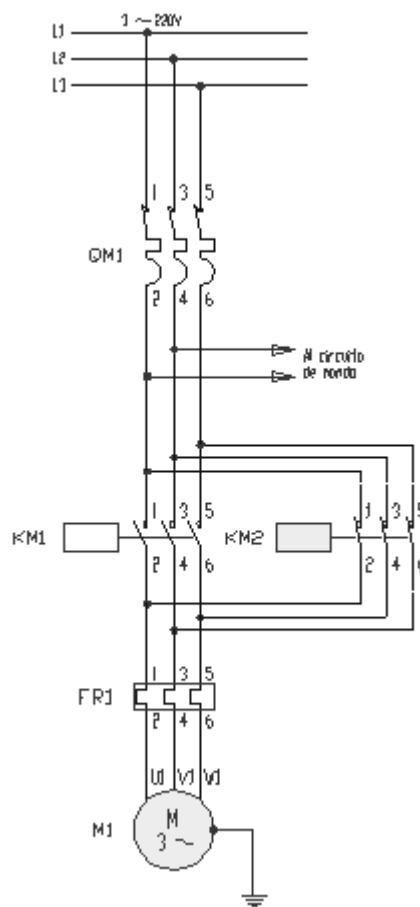
Figura 41. Circuito de potencia energizado, con sentido de giro anti horario



Fuente. elaboración propia.

En la figura 42 se observa que la bobina del contactor KM2, se encuentra activada lo cual permite que los contactos principales del mismo se cierren para energizar el motor eléctrico trifásico M1 con sentido de giro horario.

Figura 42. **Circuito de potencia energizado, con sentido de giro horario**



Fuente. elaboración propia.

## Conclusiones

- Sin los contactos auxiliares NA 13 y 14 de los contactores KM1 y KM2 en paralelo con los pulsadores de marcha SB2 y SB3, el circuito de fuerza no quedaría activado al no tener una presión sobre ellos.
- La importancia del enclavamiento eléctrico realizado por los contactos normalmente cerrados (21,22) de KM1 y KM2 para impedir que ambos contactores se activen a la vez.
- La luz piloto conectada al contacto auxiliar del relevador térmico indica que el motor presenta una falla y que el circuito de fuerza ha sido desactivado.

## Informe de la práctica realizada

- a) Identifique y describa cada uno de los dispositivos que aparecen en el circuito de potencia y mando, haciendo uso de la documentación que se adjunta.
- b) Realice el montaje de ambos esquemas sobre el tablero de trabajo y compruebe su correcto funcionamiento.
- c) Conteste el siguiente listado de preguntas de repaso.
  - ¿Cuál es la función de los contactos normalmente cerrados de los contactores KM1 y KM2 situados en serie con las bobinas de los contactores KM2 y KM1, respectivamente?
    - Enclavar ambos contactores
    - Evitar que los dos contactores se activen a la vez
    - No sirven para nada. Se pueden eliminar
  - Para poder hacer la inversión del sentido de giro de un motor trifásico es necesario:
    - Intercambiar las tres fases
    - No es necesario realizar ningún intercambio de fases

- Intercambiar dos fases
- Si fuera necesario hacer girar el motor a derechas desde 4 puntos diferentes de la instalación ¿Qué se hace?
  - Se conecta en serie, otros tres pulsadores, a SB3
  - Se conecta en paralelo, otros tres pulsadores, a SB
  - Es imposible. No se puede hacer

### **4.3. Práctica 3**

Arranque directo con contactores de un motor trifásico, e inversión del sentido de giro, mando con pulsadores y pulsador final de carrera

Objetivo general

Que el estudiante conozca, comprenda y maneje los circuitos de mando y fuerza necesarios para el arranque e inversión del sentido de giro de un motor trifásico.

#### **Objetivos específicos**

- Que el estudiante conozca los dispositivos para el arranque e inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico.
- El estudiante conozca algunas aplicaciones del pulsador final de carrera.
- Que el estudiante comprenda el funcionamiento de un circuito de enclavamiento eléctrico para evitar que los contactores encargados de realizar el cambio de fases de alimentación al motor no sean activados simultáneamente.
- Que el estudiante pueda distinguir el sentido de giro del motor eléctrico por medio de indicadores luminosos.



Duración de la práctica.

Un período de clase

Dispositivos y equipo a utilizar

- 1 interruptor termomagnético tripolar
- 1 interruptor termomagnético monopolar
- 2 contactores
- 1 motor
- 1 relevador térmico
- 1 pulsador normalmente cerrado (paro)
- 2 pulsadores normalmente abiertos (marcha)
- 2 pulsadores finales de carrera
- 3 indicadores luminosos

Nomenclatura de los dispositivos

- QM1: interruptor termomagnético general
- QM2: interruptor termomagnético del circuito de mando
- KM1: contactor para el sentido de giro anti horario
- KM2: contactor para el sentido de giro horario
- FR1: relevador térmico
- M1: motor
- SB1: pulsador de parada

- SB2: pulsador de marcha en sentido anti horario
- SB3: pulsador de marcha en sentido horario
- SB4: pulsador final de carrera NC paro de marcha del sentido anti horario
- SB5: pulsador final de carrera NC paro de marcha del sentido horario
- HL1: lámpara de señalización de sentido de giro anti horario
- HL2: lámpara de señalización de sentido de giro horario
- HL3: lámpara del relevador térmico

#### Desarrollo de la práctica

Esta práctica consiste, en que el estudiante obtenga la habilidad de montar en el tablero de trabajo, los dispositivos necesarios para las conexiones del arranque e inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico.

#### Circuito de mando

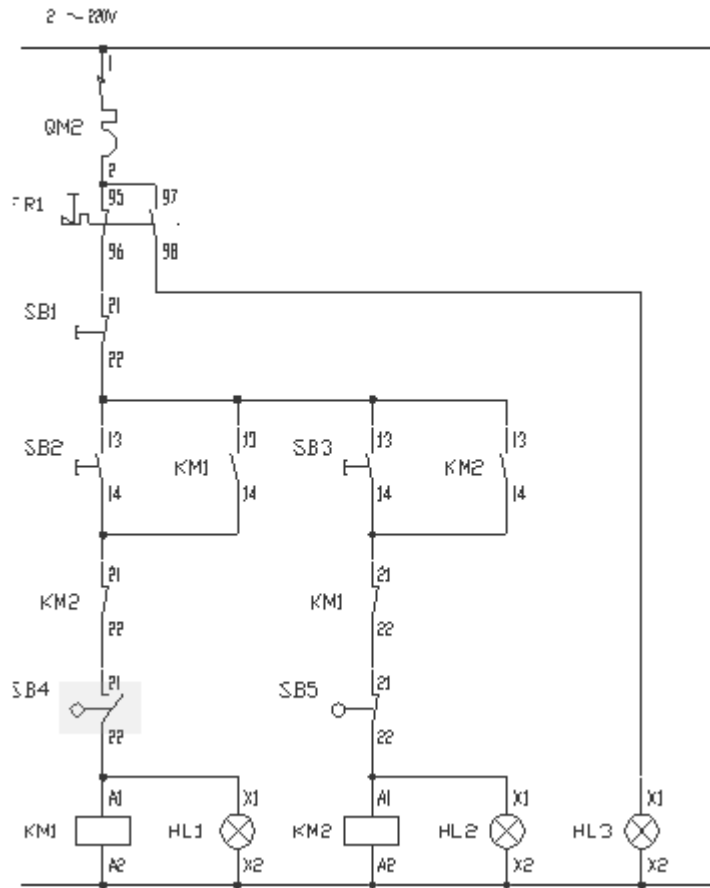
En el circuito de mando se puede observar la nomenclatura de los distintos tipos de dispositivos para poder realizar el arranque y la inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico, los cuales se pueden apreciar en la figura 43 y que se describen a continuación.

- Dispositivos de encendido y apagado del circuito.
  - pulsadores SB2 y SB3: su función es la de activar el circuito de control
  - pulsador SB1: Su función es la de desactivar el circuito de control general

- Pulsadores final de carrera SB4 y SB5: pulsadores accionados por el motor en su movimiento
- Dispositivos de enclavamiento del circuito
  - contactos auxiliares NA (13, 14) de los contactores KM1 Y KM2, llamados de enclavamiento o de memoria
- Dispositivos del enclavamiento eléctrico
  - contactos NC (21,22) de KM1 y KM2 que impiden que ambos contactores se activen a la vez
- Dispositivos de protección
  - Interruptor termomagnético Q2: su función es la de proteger el circuito de mando contra corto circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de fuerza del relevador térmico FR1: encargado de abrir el circuito de fuerza y cerrar el circuito indicador de fallas, al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación al motor.
- Dispositivo de accionamiento de los contactores
  - Bobina: su función es la de activar los contactores, para que cierren sus contactos (NA) y energice el motor eléctrico.

- Dispositivos de señalización
  - Lámpara HL1: conectada en paralelo con la bobina del contactor KM1, que indica el funcionamiento normal de motor eléctrico trifásico y su sentido de rotación anti horaria.
  - Lámpara HL2: conectada en paralelo con la bobina del contactor KM2, que indica el funcionamiento normal del motor eléctrico trifásico y su sentido de rotación horaria.
  - Lámpara HL3: conectada a los contactos normalmente abiertos del circuito de mando (97,98) del relevador térmico FR1, su función es dar aviso que el sistema de potencia ha sido abierto a causa de una falla.

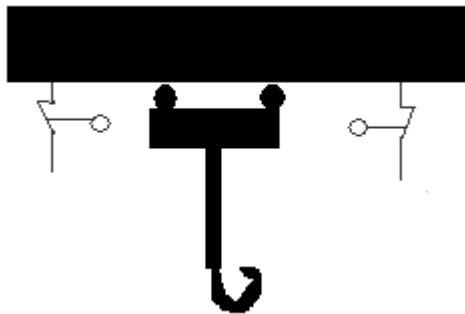
Figura 43. **Circuito de mando en un circuito con cambio del sentido de giro con interruptor final de carrera en reposo**



Fuente. elaboración propia.

En la figura 44 se observa la forma como puede ser utilizado un pulsador final de carrera.

Figura 44. Pulsador final de carrera



Fuente. elaboración propia.

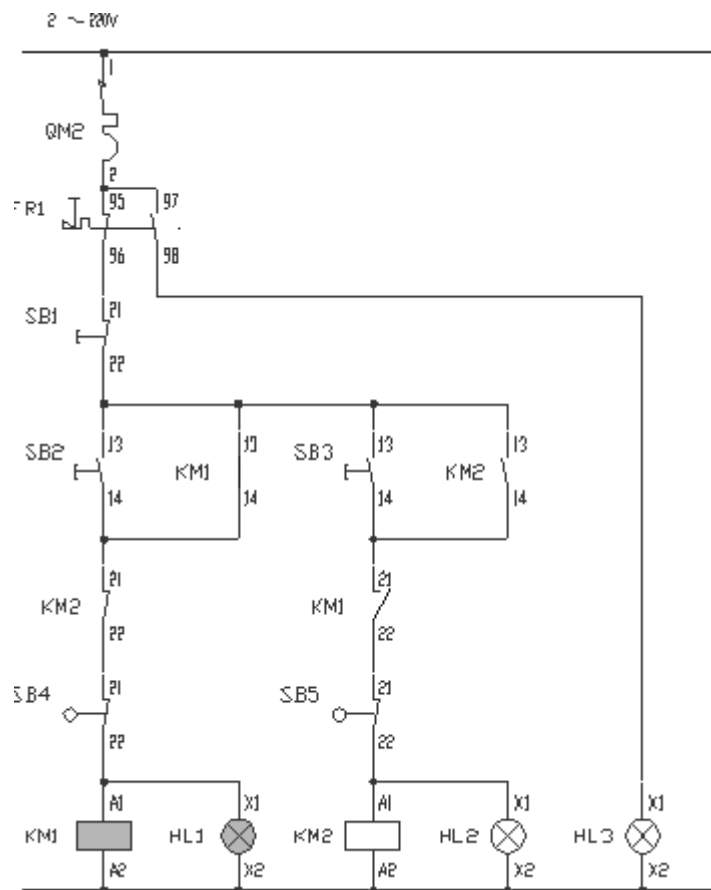
En la figura 45 se muestra el funcionamiento del circuito de mando del arranque del motor eléctrico trifásico. Se puede observar que el contacto auxiliar NA (23,24) de KM1 está cerrado, debido a un impulso eléctrico proporcionado por el pulsador de marcha SB2, permitiendo así la activación de la bobina del mismo, la lámpara de señalización HL1, que indica el sentido de giro anti horario del motor eléctrico trifásico y a la vez también se puede observar la apertura del contacto auxiliar NC (21,22) de KM1 para evitar el accionamiento del contactor KM2 y no ocurra un corto circuito en las fases de alimentación del motor M1.

El pulsador final de carrera SB4 tiene la función de desactivar el contactor KM1, con el movimiento producido por el motor M1 cuando llegue a una posición ya marcada para poder realizar el cambio del sentido de giro horario.

La acción de cambiar el sentido de giro para el lado derecho se hace manualmente con el pulsador SB3.

El circuito de mando es desactivado por medio de un impulso proporcionado al pulsador de paro SB1.

Figura 45. **Circuito de mando energizado con sentido de giro antihorario**



Fuente. elaboración propia.

En la figura 46 se muestra el funcionamiento del circuito de mando del arranque del motor eléctrico trifásico. Se puede observar que el contacto auxiliar NA (13,14) de KM2 está cerrado, debido a un impulso eléctrico proporcionado por el pulsador de marcha SB3, permitiendo así la activación de la bobina del mismo, la lámpara de señalización HL2, que indica el sentido de giro horario del motor eléctrico trifásico y, a la vez, también se puede observar la apertura del contacto NC (21,22) de KM2 para evitar el accionamiento del contactor KM1 y no ocurra un corto circuito en las fases de alimentación del motor M1.

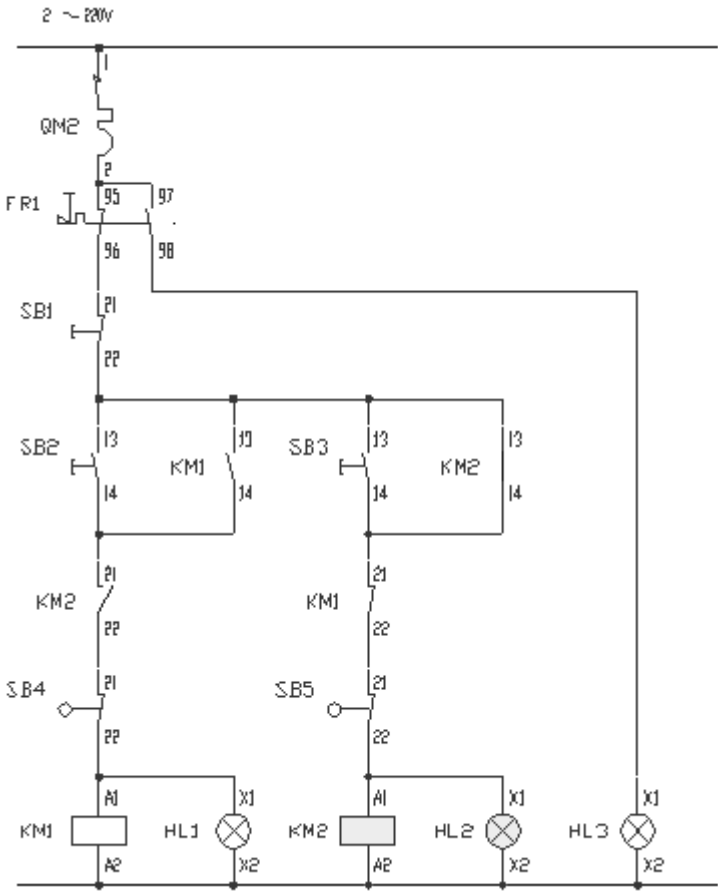
El pulsador final de carrera SB5 tiene la función de desactivar el contactor KM2, con el movimiento producido por el motor M1 cuando llegue a una posición ya marcada para poder realizar el cambio del sentido de giro a la anti horario.

La acción de cambiar el sentido de giro para el lado izquierdo se hace manualmente con el pulsador SB3.

El circuito de mando es desactivado por medio de un impulso proporcionado al pulsador de paro SB1.



Figura 46. **Circuito de mando energizado con sentido de giro antihorario**



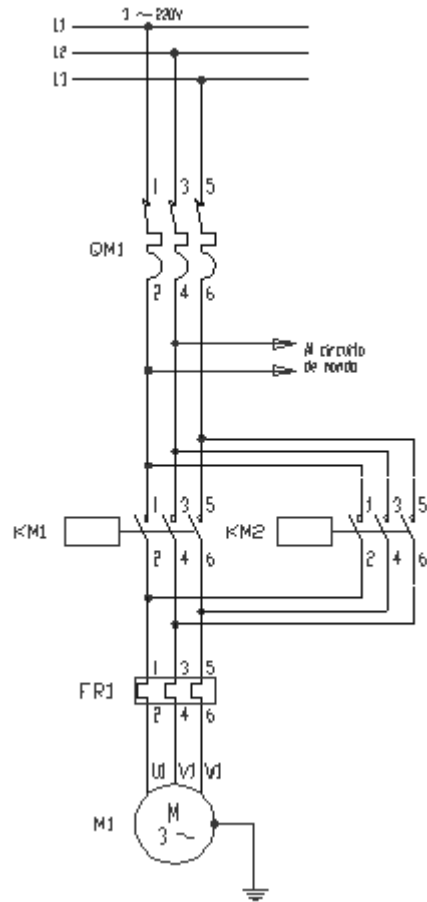
Fuente. elaboración propia.

## Circuito de potencia

En el circuito de potencia de la figura 47, se observa la nomenclatura de los dispositivos utilizados para poder realizar el arranque e inversión del sentido de giro de un motor eléctrico trifásico, los cuales se describen a continuación.

- Dispositivos de protección
  - Interruptor termomagnético QM1: su función es la de proteger el circuito de potencia contra corto circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de fuerza del relevador térmico FR1: su función es de proteger al motor, al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación.
- Carga a activar
  - Motor eléctrico trifásico M1.
- Dispositivo de activación del circuito
  - Contactor KM1 y sus contactos principales: activa el motor con el sentido de giro anti horario.
  - Contactor KM2: activa el motor con el sentido de giro horario.

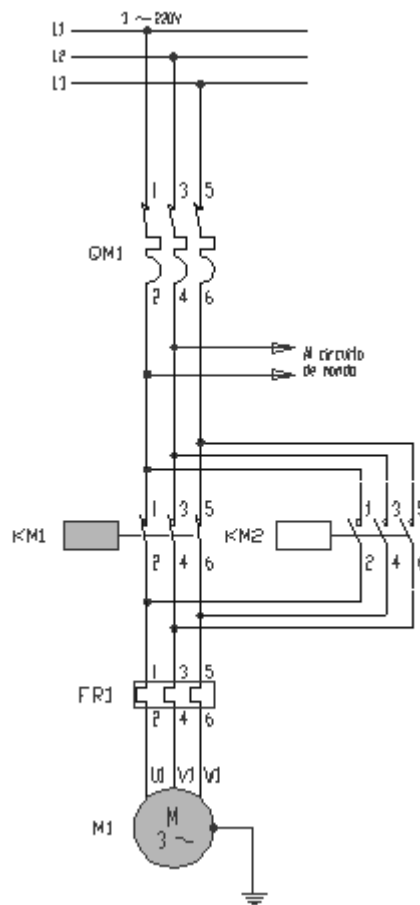
Figura 47. **Circuito de potencia en reposo**



Fuente. elaboración propia.

En la figura 48 se observa que la bobina del contactor KM1, se encuentra activada, lo cual permite que los contactos principales del mismo se cierren para energizar el motor eléctrico trifásico M1 con sentido de giro antihorario.

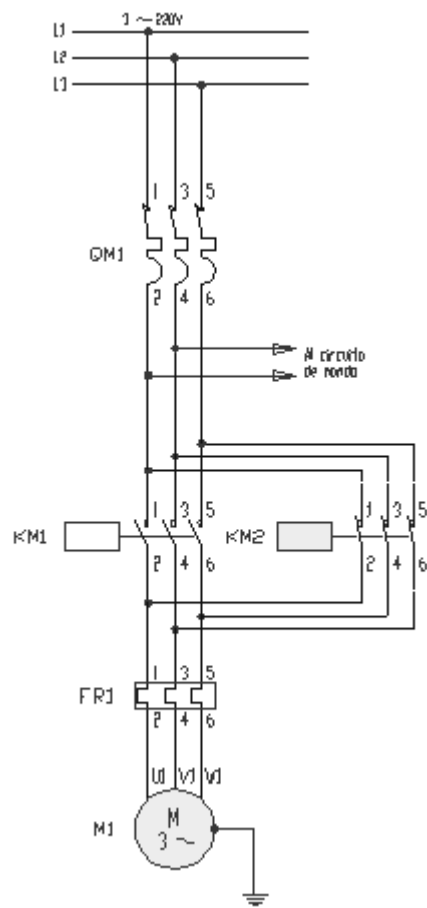
Figura 48. **Circuito de potencia energizado, con sentido de giro antihorario**



Fuente. elaboración propia.

En la figura 49 se observa que la bobina del contactor KM2, se encuentra activada, lo cual permite que los contactos principales del mismo se cierren para energizar el motor eléctrico trifásico M1 con sentido de giro horario.

Figura 49. **Circuito de potencia energizado, con sentido de giro horario**



Fuente. elaboración propia.

## Conclusiones

- Sin los contactos auxiliares normalmente abiertos 13 y 14 de los contactores KM1 y KM2 en paralelo con los pulsadores de marcha SB2 y SB3, el circuito de fuerza no quedaría activado al no tener una presión sobre ellos.
- La importancia del enclavamiento eléctrico realizado por los contactos normalmente cerrados (21,22) de KM1 y KM2 para impedir que ambos contactores se activen a la vez.
- Con el uso de pulsadores final de carrera se pueden establecer puntos específicos de paro del motor para realizar el cambio del sentido de giro.
- La luz piloto conectada al contacto auxiliar del relevador térmico indica que el motor presenta una falla y que el circuito de fuerza ha sido desactivado.

Informe de la práctica realizada.

a.. Identifique y describa cada uno de los dispositivos que aparecen en el circuito de potencia y mando, haciendo uso de la documentación que se adjunta.

b. Realice el montaje de ambos esquemas sobre el tablero de trabajo y compruebe su correcto funcionamiento.

c. Conteste el siguiente listado de preguntas de repaso.

- En este circuito ¿Qué misión tienen los finales de carrera?
  - Parar el motor
  - Invertir el sentido de giro del motor
  - Un final de carrera detiene el motor cuando gira en sentido horario y el otro lo pone en marcha en sentido anti horario.
  
- ¿Si es pulsado SB1 antes que el carro llegue a cualquiera de los dos extremos objeto?
  - El motor sigue funcionando hasta que se accione un final de carrera
  - Se invierte el sentido de giro del motor
  - El motor se para
  
- Si el carro esta en el extremo derecho, accionando el pulsador SB5 y se pulsa SB3 ¿Qué ocurre?
  - Se activa la bobina del contactor KM2
  - Nada
  - Se desplaza hasta la izquierda

#### **4.4. Práctica 4**

Arranque a tensión reducida estrella- delta con contactores, de un motor eléctrico trifásico

Objetivo general

Que el estudiante conozca, comprenda y maneje los circuitos de mando y fuerza necesarios para el arranque a tensión reducida con conexión estrella-delta de un motor eléctrico trifásico.

Objetivos específicos:

- Que el estudiante conozca los dispositivos para el arranque en conexión estrella -delta de un motor eléctrico trifásico.
- Que el estudiante comprenda el funcionamiento de un circuito de enclavamiento eléctrico para que los contactores encargados de realizar la conexión estrella-delta no sean activados simultáneamente.
- Que el estudiante observe el momento indicado en el que se puede hacer el cambio de la conexión.

Duración de la práctica

Un período de clase



## Dispositivos y equipo a utilizar

- 1 interruptor termomagnético tripolar
- 1 interruptor termomagnético monopolar
- 3 contactores
- 1 motor
- 1 relevador térmico
- 1 pulsador normalmente cerrado (paro)
- 1 pulsador normalmente abiertos (marcha)
- 1 pulsador de doble recámara (NC+NA)
- 1 indicador luminosos

## Nomenclatura de los dispositivos

- QM1: interruptor termomagnético general
- QM2: interruptor termomagnético del circuito de mando
- KM1: contactor principal
- KM2: contactor triangulo
- KM3: contactor estrella
- FR1: relevador térmico
- M1: motor
- SB1: pulsador de parada
- SB2: pulsador de marcha
- SB3: pulsador de marcha estrella-triangulo
- HL1: lámpara del relevador térmico

## Desarrollo de la práctica

Esta práctica consiste en que el estudiante obtenga la habilidad de montar en el tablero de trabajo, los dispositivos necesarios para los arranque a tensión reducida en conexión estrella-delta de un motor eléctrico trifásico.

### Circuito de mando

En el circuito de mando de la figura 50 se observa la nomenclatura de los distintos tipos de dispositivos para poder realizar el arranque a tensión reducida con conexión estrella-delta de un motor eléctrico trifásico, los cuales se describen a continuación.

- Dispositivos de encendido y apagado del circuito
  - pulsador SB2: encargado de activar el circuito de control de KM3
  - pulsador de doble recámara SB3: encargado de activar el circuito KM2
  - pulsador SB1: encargado de desactivar el circuito de control.
  
- Dispositivos de enclavamiento del circuito
  - contactos auxiliares NA (13, 14) de los contactores KM1 y KM2, llamados de enclavamiento o de memoria.

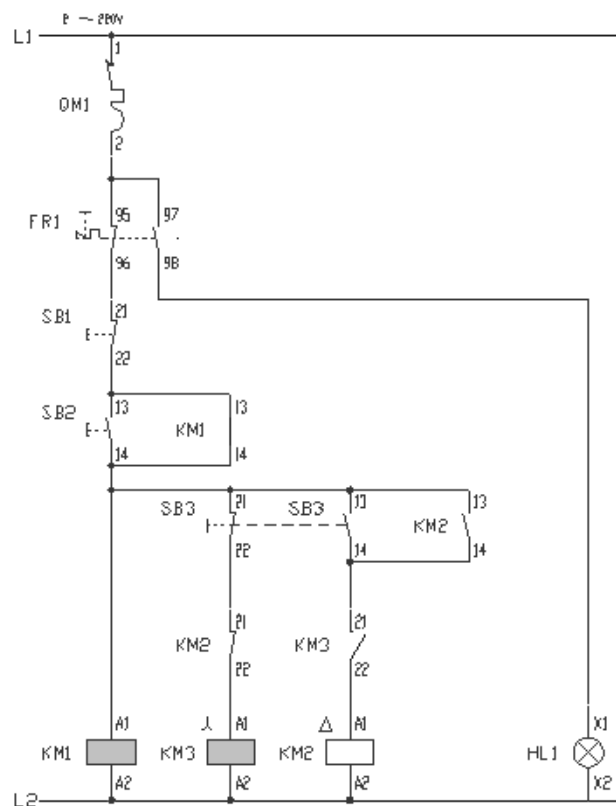
- Dispositivos del enclavamiento eléctrico
  - contactos NC (21,22) de KM2 y KM3 que impiden que los contactores de la conexión estrella-delta se activen a la vez.
  
- Dispositivos de protección:
  - Interruptor termomagnético Q: su función es la de proteger el circuito de mando contra corto circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de fuerza del relevador térmico FR1: encargado de abrir el circuito de fuerza y cerrar el circuito indicador de fallas, al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación al motor.
  
- Dispositivo de accionamiento de los contactores
  - Bobina: su función es la de activar los contactores, para que cierren sus contactos (NA) y energice el motor eléctrico.
  
- Dispositivos de señalización
  - Lámpara HL1: conectada en paralelo con la bobina del contactor KM1, que indica el funcionamiento normal de motor eléctrico trifásico y su sentido de rotación a la izquierda.
  - Lámpara HL2: conectada en paralelo con la bobina del contactor KM2, que indica el funcionamiento normal del motor eléctrico trifásico y su sentido de rotación a la derecha.



En la figura 51 se muestra el funcionamiento del circuito de mando del arranque del motor eléctrico trifásico en conexión estrella, se puede observar que el contacto auxiliar NA (13,14) de KM1 está cerrado, debido a un impulso eléctrico proporcionado por el pulsador de marcha SB2, permitiendo así la activación de la bobina del mismo y la del contactor KM3 correspondiente a la conexión estrella y, a la vez, también se puede observar la apertura del contacto NC (21,22) de KM3 para evitar el accionamiento del contactor KM2 y no ocurra un corto circuito en las fases de alimentación del motor trifásico M1.

El circuito de mando es desactivado por medio de un impulso proporcionado al pulsador de paro SB1.

Figura 51. **Circuito de mando energizado conexión estrella**



Fuente. elaboración propia.

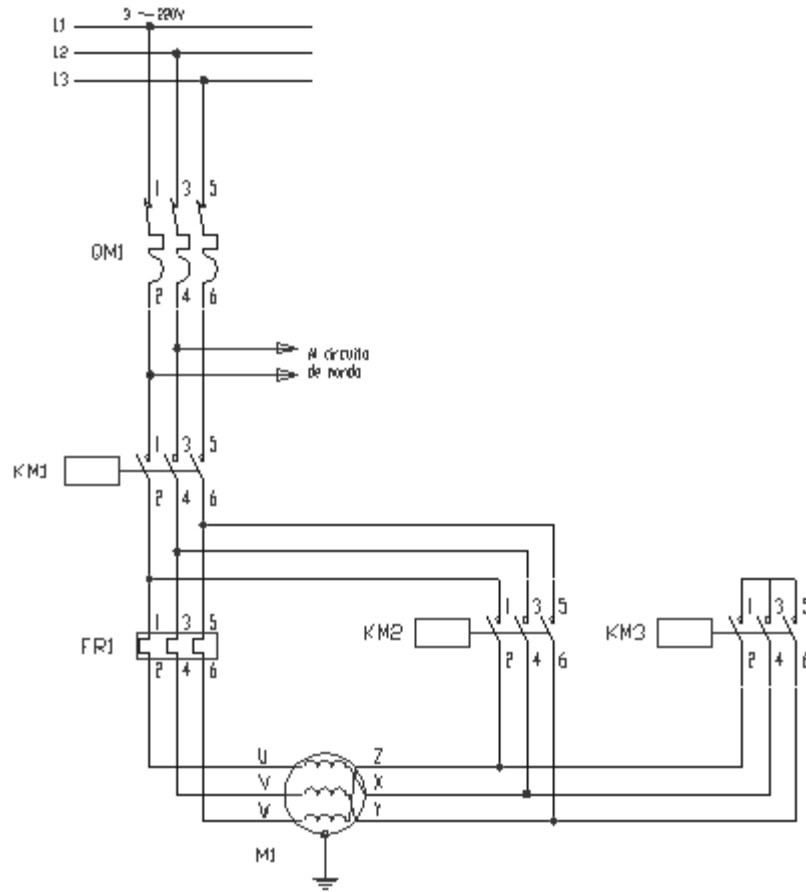


## Circuito de potencia

En el circuito de potencia de la figura 53, se observa la nomenclatura de los dispositivos para poder realizar el arranque a tensión reducida de un motor eléctrico trifásico, los cuales se describen a continuación.

- Dispositivos de protección:
  - Interruptor termomagnético QM1: su función es la de proteger el circuito de potencia contra corto circuitos y sobre corrientes.
  - Circuito de fuerza del rele térmico FR1: su función es de proteger al motor, al momento de una sobre corriente en las fases de alimentación.
- Carga a activar
  - Motor eléctrico trifásico M1 con sus terminales de conexión expuestas.
- Elemento de activación del circuito
  - Contactor KM1: Activación principal del circuito.
  - Contactor KM2 : Activación de la conexión delta.
  - Contactor KM3: Activación de la conexión estrella.

Figura 53. **Circuito de potencia en reposo**

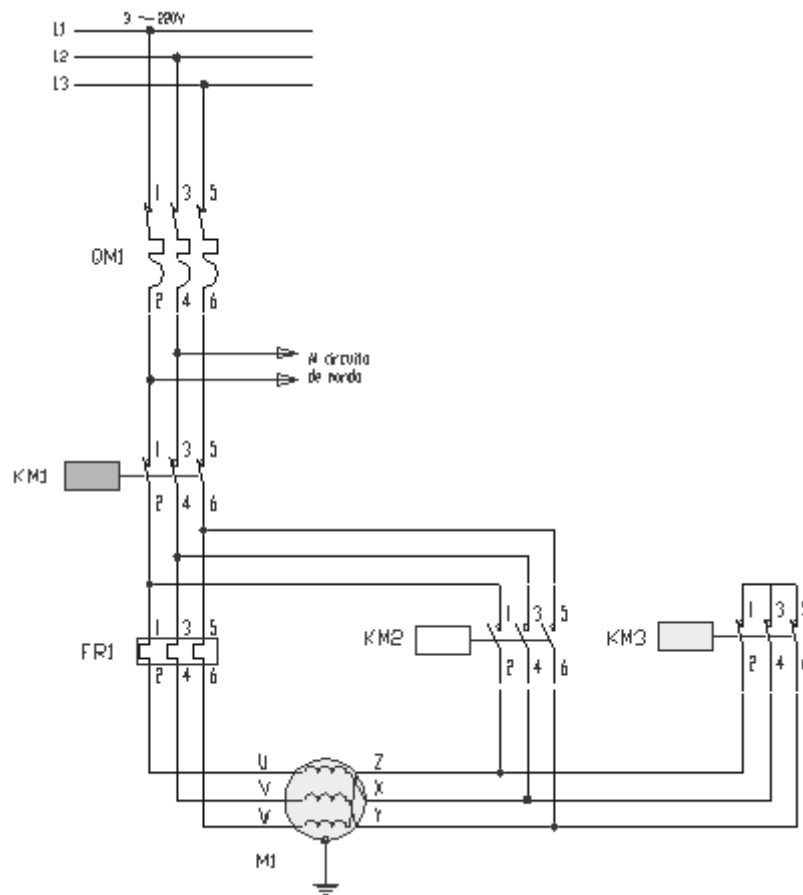


Fuente. elaboración propia.



En la figura 54 se observa que la bobina y los contactos principales del contactor KM1, se encuentra activada para poder energizar el circuito principal, también se puede notar que la bobina y los contactos principales del contactor KM3 están activados para poder realizar la conexión estrella.

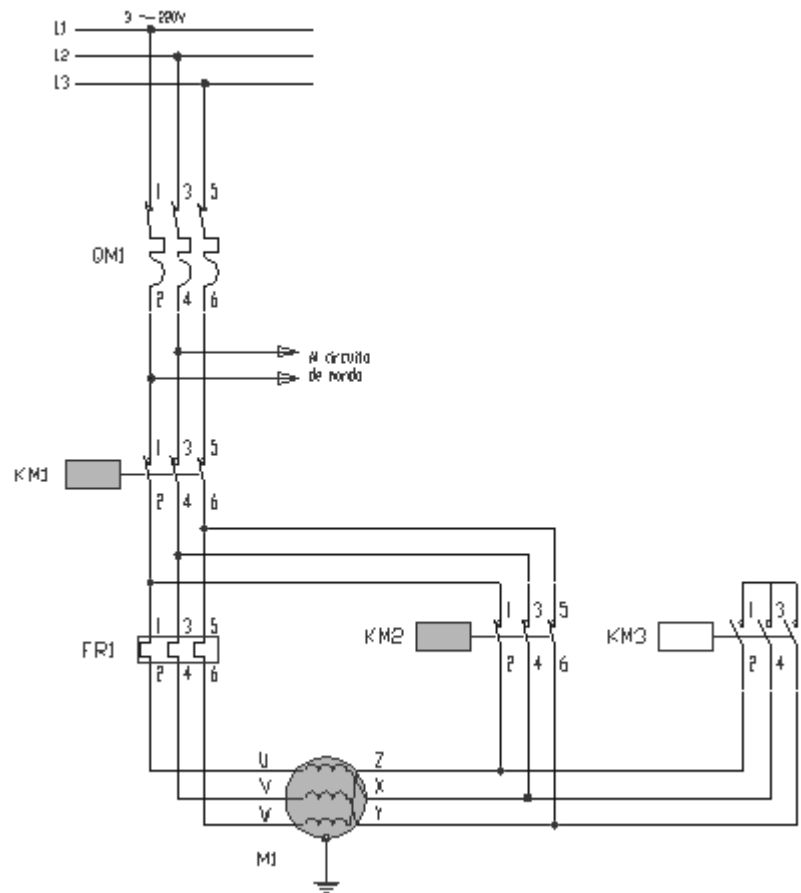
Figura 54. **Circuito de potencia energizado, en conexión estrella**



Fuente. elaboración propia.

En la 55 figura se observa que la bobina y los contactos principales del contactor KM1, se encuentra activados para poder energizar el circuito principal, también se puede notar que la bobina y los contactos principales del contactor KM2 se encuentran activados para poder realizar la conexión delta.

Figura 55. **Circuito de potencia energizado, en conexión delta**



Fuente. elaboración propia.

## Conclusiones

- Sin los contactos auxiliares normalmente abiertos 13 y 14 de los contactores KM1 y KM2 en paralelo con el pulsador de marcha SB2 y el pulsador de doble recámara SB3, el circuito de fuerza no quedaría activado al no tener una presión sobre ellos.
- La importancia del enclavamiento eléctrico realizado por los contactos normalmente cerrados (21,22) de KM2 y KM3 para impedir que ambos contactores se activen a la vez.
- La luz piloto conectada al contacto auxiliar del relevador térmico indica que el motor presenta una falla y que el circuito de fuerza ha sido desactivado.
- Si el motor eléctrico trifásico no tiene sus terminales expuestas, la conexión estrella-delta no puede ser realizada.

## Informe de la práctica realizada

- a. Identifique y describa cada uno de los dispositivos que aparecen en el circuito de potencia y mando, haciendo uso de la documentación que se adjunta.
- b. Realice el montaje de ambos esquemas sobre el tablero de trabajo y compruebe su correcto funcionamiento.
- c. Conteste el siguiente listado de preguntas de repaso.
  - ¿Podrían conectarse los contactores estrella-delta a los bornes superiores del contactor de línea?
    - No, ya que el motor no funcionaría nunca
    - No, dispararía el interruptor termomagnético
    - Si.
  - ¿Qué elemento del circuito de mando hace el cambio de estrella-delta??
    - El pulsador SB3
    - El contactor KM1
    - El pulsador SB2

- Puede ser cualquiera el orden de conexión de los conductores de fuerza en el contactor de delta?
  - No, ya que el motor podría quedarse en dos fases o no funcionar
  - Si, se puede conectar en cualquier orden
  - Depende como se haya realizado la conexión en los puentes del contactor en estrella
  
- En el motor ¿Cómo deben de estar conectados los puentes de la caja de bornes?
  - En estrella
  - Los puentes no se conectan
  - En delta
  
- ¿Cuál es la función de los contactos normalmente cerrados de los contactores KM1 y KM2 situados en serie con las bobinas de los contactores KM2 y KM1, respectivamente?
  - Enclavar ambos contactores
  - Evitar que los dos contactores se activen a la vez
  - No sirven para nada. Se pueden eliminar

## CONCLUSIONES

1. El apoyo didáctico que proporciona el laboratorio, ayuda a llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en la clase magistral.
2. Por medio de las prácticas propuestas en el laboratorio, los estudiantes podrán distinguir las características de los métodos de arranque directo y el de tensión reducida.
3. El estudiante tendrá un mejor concepto de la aplicación de los dispositivos de protección para los diferentes métodos de arranque, para así evitar el desgaste o pérdida total del motor y los distintos dispositivos utilizados en los arranques de motores.
4. Debido al tipo de equipo a utilizar en las prácticas de laboratorio, es de suma importancia el conocimiento, aprendizaje y aplicación de normas de seguridad, para evitar accidentes que comprometan la integridad física de los operadores y del equipo.



## RECOMENDACIONES

1. Se debe tener previa orientación teórica de los conceptos a manejar en cada una de las prácticas de laboratorio, para que el estudiante pueda tener mejor entendimiento y que sea de mejor provecho.
2. Para la mayor comprensión de las prácticas es necesario que en el lugar se tenga un grupo reducido de estudiantes para lograr la mayor comprensión en los temas y practicas a desarrollar.
3. El instructor de laboratorio debe velar por el cumplimiento estricto de las normas de seguridad descritas en este manual para la elaboración de las prácticas y así poder evitar cualquier tipo de accidente.





## BIBLIOGRAFÍA

1. ROLDAN, José. *Cálculo y construcción de circuitos con contactores*  
Guatemala: Paraninfo, 1999. 200 p.
2. VALENTÍN LABARTA, José Luis. *Automatismo y cuadros eléctricos*.  
España: Donostiarra, 1996. 180 p.
3. MARTÍN CASTILLO, Juan Carlos; TRIGO LOBATO, Valeriano.  
*Automatismos y cuadros eléctricos*, México: Edix; 1999. 300 p.
4. FLOWER LEIVA, Luí *Controles y automatismos eléctricos, teoría y prácticas. 7ª ed.* Guatemala: Panamericana Formas e Impresiones 2001, 130 p.