



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Tijuana

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TIJUANA

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

Manual de Prácticas de:

CONTROLES ELÉCTRICOS

DEPARTAMENTO DE METAL MECÁNICA

Enero del 2017

PRÓLOGO.

En la actualidad las plantas industriales, emplean en sus procesos máquinas de producción sistematizada, movilizadas mediante motores eléctricos, sean estos de pequeño o de gran tamaño, donde, el control de estos y su protección son de vital importancia. El arranque, paro, frenado, inversión de giro, aceleración, control de velocidad, coordinación de operación secuenciada temporizada, etc., son funciones factibles de realizar por medio del control motores. En un sistema automatizado, el funcionamiento de los motores de manera coordinada, es tarea de un controlador automático.

El presente manual de prácticas tiene por propósito, servir de guía y apoyo en la realización de ensayos de laboratorio, la secuencia con la que se presentan es determinada con apego al programa oficial de la materia de “Controles Eléctricos” de la carrera de Ingeniería Electromecánica Retícula IEME 210-210, sustentando su realización en el equipo modular Lav-Volt 8036 de Controles Industriales, del propio Laboratorio de Controles.

.

CONTENIDO.

Prólogo	3
Introducción	5
Reglamento de Laboratorio	6
Precauciones elementales en manejo de instrumentos, máquinas y fuentes de energía	9
Estructura y formato del reporte técnico de laboratorio	10
Reporte Técnico de la Práctica	13
PRÁCTICA 1.1. Inspección e identificación de dispositivos y protecciones de control electromecánico	16
UNIDAD 1. FUNDAMENTOS DE CONTROLES ELECTRICOS	
PRÁCTICA 2.1 Interruptores y Sensores	28
UNIDAD 2. INTERRUPTORES Y SENSORES.	
PRÁCTICA 3.1 Arrancadores a tensión plena de dos y tres hilos, de control combinado	43
UNIDAD 3. ARRANCADORES PARA MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA TRIFASICOS.	
PRÁCTICA 3.2 Arrancadores con freno de fricción, marcha lenta y con inversión de giro	48
PRÁCTICA 3.3 Arrancadores a Tensión Reducida	56
PRÁCTICA 3.4 Arrancadores a Tensión Reducida con Relés temporizados	60
PRÁCTICA No. 4.1 Control de circuitos de energía con Relés Programables....	67
UNIDAD 4. RELEVADOR PROGRAMABLE.	
PRÁCTICA No. 5.1 variadores de Velocidad	74
UNIDAD 5. VARIADORES DE VELOCIDA	
PRÁCTICA No. 6.1 Circuitos de Control con PLC	83
UNIDAD 6. AUTOMATA PROGRAMABLE	
APÉNDICE “A”	
SÍMBOLOS NEMA, ESTANDAR PARA DIAGRAMAS LINEALES	96
APÉNDICE “A”	
Parámetros de programación del Convertidor de Frecuencia	99
BIBLIOGRAFÍA	112

INTRODUCCIÓN.

En la estructuración de cada una de las practicas que se presentan, se incluyen los ejercicios de reforzamiento teóricos y prácticos vinculados con el tema del ensayo, donde en cada ejercicio se consideran:

- El Objetivo de la práctica.
- Principios teóricos
- Principios de aplicación al ensayo
- Equipos y materiales empleados.
- Procedimiento
- Un cuestionario con preguntas propias al ensayo, para verificar que el procedimiento desarrollado fue el aprendizaje buscado de acuerdo al objetivo.

Antes de incursionar en cualquier actividad dentro de un Laboratorio, es necesario conocer su “Reglamento” y las Normas de Seguridad que se deben de observar para garantizar la seguridad de los equipos empleados y principalmente la integridad física de las personas. A continuación, se presenta el “*Reglamento de Laboratorio*” como parte importante de este Manual de prácticas, así como las “*Precauciones Elementales en el Manejo de Instrumentos, Maquinas y Fuentes de Energía*”. Por último y con el propósito de orientar al estudiante la manera de presentar su informe técnico, se incluyen las instrucciones de la “*Estructura y Formato del Reporte Técnico de Laboratorio*”, así como las del “*Reporte Técnico de la Practica*”. Ambos documentos deberán integrarse en un único reporte para validar su participación y competencia en el laboratorio y para comprobar el aprendizaje buscado.

REGLAMENTO DE LABORATORIO.

1. OBJETIVOS:

- .1 Normar las actividades dentro de las áreas de experimentación práctica.
- .2 Lograr el aprovechamiento racional de los equipos, instrumentos, recursos e instalaciones con que se cuenta, a fin de obtener los mejores resultados individuales y de conjunto en el espacio práctico-educativo.
- .3 Que los laboratorios sean centros de investigación, experimentación y comprobación de conceptos teóricos en cada área.

2. ORGANIZACIÓN:

- 2.1 El Laboratorio Pesado de Ingeniería Electromecánica, Mecánica y Aeronáutica, depende Administrativa y Económicamente del Departamento Académico de Metal Mecánica, dependiente de la Subdirección Académica y ésta a la vez de la Dirección del Instituto Tecnológico.
- 2.2 Los profesores laboratoristas son los responsables de su laboratorio por tanto se recurrirá a ellos para solucionar cualquier duda de aspecto práctico y en segunda instancia tratándose de aspectos administrativos, se deberá recurrir al Jefe de Laboratorio.
- 2.3 El profesor del laboratorio será el responsable de las siguientes actividades:
 - a) Ser el exponente de la práctica a realizarse.
 - b) Ser el asesor y consultor de los alumnos en relación a las prácticas del curso.
 - c) Calificar los reportes de las prácticas y proporcionar los resultados.
 - d) Diseñar y estructurar nuevas prácticas si así lo requiere el programa.
- 2.4 Las funciones del Auxiliar de laboratorio o Casetero serán:
 - a) Colaborar con los profesores en el aspecto de diseño y estructura de prácticas.
 - b) Proporcionar material de trabajo a maestros y alumnos.
 - c) Vigilar y mantener en buen funcionamiento del laboratorio y reportar cualquier anomalía al Jefe del laboratorio.
 - d) Verificar inventarios.
 - e) Desempeñar labores practicas-administrativas que se le asignen.

3. OPERACIÓN:

- 3.1 La organización de alumnos en equipos de trabajo la designara el profesor, así como también el reporte de prácticas de forma individual o en equipo de trabajo.
- 3.2 El alumno será responsable del material de trabajo a partir del momento en que lo reciba y terminará esta responsabilidad una vez que lo haya devuelto a la caseta del laboratorio.
- 3.3 La entrega y recepción de instrumentos y materiales de trabajo se controlará por medio de vales.
- 3.4 La herramienta o instrumento que se extravíe durante el desarrollo de las prácticas, deberá ser repuesto por los directamente responsables.
- 3.5 Una vez concluida la práctica, el alumno tendrá un plazo de tiempo definido por el profesor para entregar el reporte correspondiente, mismo que le será devuelto una vez que haya sido calificado.

4. SEGURIDAD:

- 4.1 Siempre que se vaya a ejecutar un trabajo que entrañe un riesgo o peligro, deberá solicitarse la supervisión del maestro responsable antes de efectuar alguna energización, acción o activación de equipo, y tomarse todas las medidas y precauciones necesarias.
- 4.2 Siempre que el alumno detecte o encuentre alguna conexión eléctrica o mecánica insegura, deberá informar al auxiliar del laboratorio o al profesor responsable y nunca tratar de repararlo.
- 4.3 Todo accidente de trabajo, por leve que este sea, deberá ser reportado inmediatamente, siendo responsabilidad del profesor atender debidamente el incidente y realizar la investigación del accidente.

5. DISCIPLINA:

- 5.1 Queda terminantemente prohibido ingerir alimentos dentro del laboratorio, realizar actos que relajen la disciplina, sentarse en las máquinas o pisarlas, rayar o pintar las máquinas los aparatos los instrumentos las mesas o dispositivos que se utilicen para la realización de las prácticas.
- 5.2 El ingreso al laboratorio solamente se podrá autorizar con la presencia o con previa autorización del maestro responsable.
- 5.3 La tolerancia en tiempo de entrada al laboratorio será determinada por el maestro responsable.
- 5.4 En caso de falta o retardo por causa ajena al alumno, este deberá presentar evidencia probatoria o justificante correspondiente en el entendido de que su asistencia es parte de su calificación.
- 5.5 El alumno que, actuando de mala fe, desperdicie material, destruya o maltrate cualquier instrumento, parte del equipo, de las instalaciones, mobiliario o inmueble, tendrá que pagar la reparación del daño y reponer los aparatos e instrumentos dañados, independientemente de que se le apliquen las sanciones a que se haga acreedor.
- 5.6 Ningún alumno podrá abandonar el laboratorio sin autorización del maestro durante el tiempo comprendido de la sesión de práctica.
- 5.7 Los alumnos evitaren actos que relajen la disciplina tales como:
 - a) Bromas pesadas entre compañeros.
 - b) El uso de lenguaje obsceno.
 - c) Disgustos y peleas.
 - d) Demasiada charla.

6. ACREDITACIÓN Y PROMOCIÓN:

- 6.1 Las asignaturas con laboratorio, conservan su valor en número de créditos de manera integrada (calificación parte teórica y calificación parte laboratorio), interpretándose que, para la acreditación de la asignatura se debe acreditar la parte teórica y el laboratorio de forma conjunta.

- 6.2 Para acreditar el laboratorio, deberá cursar y acreditar el laboratorio en el mismo semestre del curso teórico, de no acreditar la parte teórica o bien la parte práctica, la asignatura no será promovida.
- 6.3 Para que el alumno acredite una práctica es requisito ineludible la asistencia y realización de la práctica, quedando sin efecto cualquier reporte que no reúna este requisito.
- 6.4 El alumno que presente como suyo un trabajo ajeno se hará acreedor a la sanción que el maestro y la Dirección de Instituto estime conveniente.
- 6.5 Los alumnos de los dos últimos años del ciclo Profesional, tendrán libre acceso al laboratorio aún fuera de cátedra pero dentro de las horas normales del funcionamiento, previa autorización invariablemente otorgada por escrito por el Jefe del Laboratorio y siempre bajo la vigilancia del personal del mismo, únicamente para trabajos de investigación o en relación con los cursos, pero en todo caso, bajo el compromiso de cubrir los gastos de materiales o la reparación de equipos que llegaran a averiarse por falta a este reglamento. No deberá interferir este permiso con el desarrollo de las cátedras de laboratorio programadas.
- 6.6 Los cuatro alumnos de más alta calificación del promedio resultante entre el curso teórico y de laboratorio de un año o semestre, podrán ser nombrados auxiliares del laboratorio en el curso siguiente, acreditando así su servicio social, comprometiéndose por este hecho a hacer observar este reglamento a sus compañeros.

DE OBSERVANCIA GENERAL:

No podrá alegarse desconocimiento del presente Reglamento, este se fijará en un cuadro protegido y en un lugar visible dentro del Laboratorio.

PRECAUCIONES ELEMENTALES EN MANEJO DE INSTRUMENTOS, MÁQUINAS Y FUENTES DE ENERGÍA.

En un laboratorio de máquinas electromecánicas, pueden existir riesgos y peligros de distinto origen, pudiendo ser estos:

- 1^{ro} Eléctricos
- 2^{do} Mecánicos
- 3^{ro} Térmicos
- 4^{to} Magnéticos
- 5^{to} Acústicos

Las precauciones elementales en el manejo de los instrumentos, máquinas y fuentes de energía son:

- a) Para con las personas
- b) Para con los instrumentos
- c) Para con las máquinas

- a)** Para con las personas. Es de advertirse que, en un laboratorio toda distracción, juego o broma, puede derivar en accidente que puede ser inclusive fatal.

Los accidentes que pueden presentarse relacionados con energía eléctrica son:

- 1º Manejo de fuentes, conductores, instrumentos sin asegurarse que no estén energizados
- 2º Operar dispositivos de control con brusquedad, cortar o desconectar conductores energizados.
- 3º Manejo de dispositivos de control sin previo conocimiento de su efecto o finalidad.
- 4º La instalación de conductores en forma inadecuada lo cual puede ocasionar accidentes al transitar por el área de trabajo.
- 5º En el área de trabajo es recomendable usar ropa adecuada, es decir pegada al cuerpo, no usar anillos, extensibles metálicos, cinturones metálicos, así como corbatas o prendas sueltas.
- 6º En caso de pánico por accidente, se recomienda serenidad para desalojar el área del laboratorio sin riesgo de perjudicar a otras personas.
- 7º En caso de accidentarse una persona, debe avisarse inmediatamente al profesor.

Los accidentes que pueden presentarse relacionados con energía mecánica son:

- 1º El manejo inadecuado de objetos bastante pesados.
- 2º El manejo de mecanismos en movimiento con gran cantidad de energía.
- 3º El uso inadecuado de herramientas mecánicas.

Las precauciones que deben tomarse en cuenta en el manejo de energía térmica son:

- 1º Al operar equipo o manejar partes con alta temperatura, se recomienda el uso de guantes o herramientas aislantes térmicas. lentes de seguridad y/o careta.
- 2º Cuidar que las partes con alta temperatura no puedan ocasionar incendio o desprendimiento de humos tóxicos.

En el área de laboratorio no deben ocasionarse ruidos otros que no sean los del equipo en operación, porque aquellos extraños pueden causar descontrol o distracción en el trabajo.

Debe tomarse muy en cuenta que toda fuerza magnética o campo magnético, puede atraer materiales ferromagnéticos (herramientas y partes metálicas), donde si estas llegasen a interaccionar con las partes en movimiento de un motor o partes energizadas, esta situación podría ocasionar graves accidentes.

- b)** Para con los instrumentos. Los instrumentos son dispositivos delicados en su construcción mecánica, eléctrica y/o electrónica, por lo cual deben ser tratados con cuidado y sin brusquedad, deben ser colocados adecuadamente en posición de buena estabilidad y de fácil lectura en medición, no deben colocarse objetos encima de estos.

Los conductores deben ser sujetos a terminales de conexión en forma segura y en el sentido que se amarra la conexión. Los terminales de conexión de todo instrumento no son punto de derivación, por lo que no debe conectarse más de un conductor en cada terminal.

- c) Para con las máquinas. La energía eléctrica no se manifiesta en forma fácil de ser perceptible a nuestros sentidos, por tanto, en su manejo es recomendable se tomen toda clase de precauciones, estas deben ser sobradas y no deben tomarse con ignorancia, de otro modo se califica como irresponsabilidad. En algunos ensayos será necesario someter las máquinas a tensiones mayores que las nominales de operación, es recomendable en estos casos proteger las máquinas e instrumentos ante posibles fallas ya que una sobretensión puede ocasionar perforación de aislamientos, flameo y hacer circular altas corrientes.

Los efectos caloríficos que de improviso puedan presentarse por el flujo de una sobrecorriente en un conductor, pueden provocar quemaduras o choque eléctrico, por la fundición o perforación de aislamientos, exponiendo el conductor con riesgo de fuga de corriente, flameo y quemadura.

NOTA IMPORTANTE: En el laboratorio Pesado de Metal Mecánica, se trabaja con equipos de capacidades eléctricas del orden de 1–15 KW, con voltajes de 0-480, y corrientes de 0-100 amperes, razón por lo cual se hace una importante observancia de las notas anteriores.

ESTRUCTURA Y FORMATO DEL REPORTE TÉCNICO DE LABORATORIO.

HOJAS. Las hojas en las que se elabore el reporte deberán de ser blancas tamaño carta conocido comercialmente como de 20 libras.

HOJA PORTADA. La hoja portada debe de contener el nombre de la Institución, el nombre de la carrera, el título o nombre de la práctica, el número de la práctica, el número asignado al equipo que efectuó la práctica, el nombre del maestro al que se está dirigiendo el reporte y el nombre de la materia, el nombre del estudiante o en su caso los nombres de los integrantes del equipo de trabajo participantes, la ciudad y la fecha. Por no ser un documento oficial, el único logotipo que puede aparecer en la portada es el utilizado por el comité de alumnos de la carrera y el logotipo de la institución.

A manera de ejemplo, en la página siguiente, se muestra el formato y contenido de la hoja portada¹.

HOJAS DE RESPETO. Hojas de protección en blanco que siguen a la hoja portada y a la última página del apéndice. La primera hoja de respeto no se numera pero sí se contabiliza.

¹ Para evitar el problema de la impresión de la portada en material rígido, se sugiere empleará en la encuadernación una cubierta de plástico transparente que permita ver la portada impresa en papel *bond*.

HOJA TÍTULO. Hoja que sigue a la hoja de respeto. En esta hoja aparece únicamente el título de la práctica. La hoja no se numera, pero su página se contabiliza.

TABLA DE CONTENIDO. La página o páginas se enlistan con números arábigos y sigue a la hoja título. La secuencia de la numeración respeta la existencia de las hojas que no se numeran. Así por ejemplo en el caso de que existan las hojas de respeto y la hoja portada, la numeración de la tabla de contenido se inicia en “3” ya que a la hoja de respeto le corresponde el número “1” y a la hoja título le corresponde el número “2”. Lo anterior es considerando que la impresión del texto se efectúa por un solo lado de la hoja. La tabla de contenido se prepara al terminar la redacción del reporte.

INTRODUCCIÓN. Aunque la introducción se presenta al inicio del reporte, es en realidad uno de los últimos pasos que se preparan en el escrito. La página o páginas se enlistan con números arábigos y respetando la secuencia establecida en la tabla de contenido. Por regla general, la introducción se escribe una vez que se haya terminado de redactar el reporte y no antes. La introducción no debe de incluir material que no se encuentre contenido en el texto del reporte, debe de ser breve y debe de exponer en forma sintética el tema a tratar orientando al lector de tal forma que en pocas palabras le proporcione una idea firme del contenido del reporte.



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TIJUANA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



LABORATORIO DE CONTROLES ELÉCTRICOS

REPORTE TÉCNICO DE LA PRÁCTICA #: _____

TÍTULO DE LA PRÁCTICA

PRESENTADO POR EL ALUMNO: _____

Nº DE CONTROL: _____

NOMBRE DEL PROFESOR: _____

Tijuana Baja California, día/mes/año

REPORTE TÉCNICO DE LA PRÁCTICA.

El informe de la práctica realizada deberá ser claro, escueto, ilustrado y bien organizado.

Claro: Debe ser hecho con letra de molde, con máquina de escribir o en computadora, de tal manera que no se tenga ninguna dificultad al leerlo y su redacción será bien coordinada para entender correctamente los planteamientos descritos.

Escueto: Se debe ser concreto, anotando únicamente lo esencial relativo a la práctica.

Ilustrado: Deben integrarse dibujos, diagramas, fotografías y tablas que complementen el desarrollo de la práctica.

Organizado: El informe debe hacerse de tal manera que se tenga una secuencia lógica del desarrollo de la práctica, numerando los conceptos de contenido y considerando un índice al principio de cada informe.

TEXTO. El texto o cuerpo del reporte estará conformado por las secciones siguientes:

- a) Objetivo de la práctica. Preguntas previas.
- b) Principios Teóricos.
- c) Principios Teóricos de aplicación al ensayo
- d) Equipos y materiales utilizados
- e) Procedimiento.
- f) Cuestionario.
- g) Conclusiones y recomendaciones. Prueba de conocimientos.
- h) Bibliografía.
- i) Apéndice.

OBJETIVO DE LA PRÁCTICA. PREGUNTAS PREVIAS. En el objetivo de la práctica se describe en forma resumida el fin que se persigue con la práctica, mencionando el método a utilizar, el tipo de material y el equipo a utilizar. En el caso de una institución de estudios, es común que el maestro establezca el objetivo de la práctica.

Antes de realizar la práctica y como una manera de asegurarse de que el estudiante entiende el objetivo de la práctica, el maestro debe efectuar un reconocimiento oral consistente en 2 o 3 preguntas relacionadas con el tema de la práctica.

PRINCIPIOS TEÓRICOS. En forma resumida, se describen los fundamentos teóricos que respaldan los experimentos efectuados. Se incluyen las fórmulas utilizadas explicando los términos que contienen, pero no se desarrollan los cálculos numéricos. Se deben de incluir también aquellos esquemas, diagramas que se consideren necesarios para la explicación de los conceptos teóricos presentados.

PRINCIPIOS TEÓRICOS DE APLICACIÓN AL ENSAYO. En cada práctica se incluye información técnica d equipos, componentes y dispositivo que se involucran en el ensayo por realizar, haciendo comentarios y observaciones relacionadas a la teoría y a las características operacionales de las partes que se involucran.

EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS. Cuando el equipo de prueba es común en lo que respecta a su utilización, no es necesario describirlo, pero si este ha sido modificado, será necesario indicarlo. Cuando el equipo de prueba es poco común, es necesario describirlo ampliamente para que la prueba pueda ser duplicada en caso de ser necesario. Para este caso, además de una buena descripción verbal, es recomendable el presentar esquemas, cortes seccionales y/o fotografías. El material o equipo en prueba se identifica plenamente ya sea haciendo mención de las normas que controlan sus dimensiones o función, o describiendo sus parámetros limitantes. Se deben de incluir dibujos o fotografías de las probetas de prueba.

PROCEDIMIENTO. En él se explica en forma detallada y con ayuda de diagramas, esquemas, fotografías o dibujos los diferentes pasos y el orden en el que se deben efectuar las pruebas o ensayos. En algunas partes, se pide dar respuesta a cuestionamientos, que, de acuerdo al desarrollo del ensayo, resultaran las respuestas derivadas del seguimiento mismo del ensayo.

CUESTIONARIO. Posterior al “Desarrollo”, en cada práctica se presenta un cuestionario con una serie de preguntas relacionadas con la teoría del experimento y su desarrollo. Este servirá para evaluar al estudiante, de los conocimientos adquiridos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. La conclusión, es la interpretación de los resultados para obtener una consecuencia. La conclusión, se debe de establecer con referencia al objetivo de la prueba. Incluye en términos generales los resultados obtenidos de las pruebas y hace hincapié en las observaciones más sobresalientes. Cada conclusión deberá de estar respaldada mediante argumentos teóricos, prácticos, recomendaciones y observaciones del objetivo logrado. Las recomendaciones deberán de estar formuladas para orientar cualquier trabajo posterior que contribuya a lograr el objetivo original de la práctica.

BIBLIOGRAFÍA. Es el listado de las fuentes de referencia utilizadas para efectuar el reporte. La bibliografía debe de incluir el nombre del autor, el título de la obra citada, el nombre de la casa editorial y de existir, el código ISBN (International Standard Book Number), citas de *internet*, etc.

APÉNDICES. Para fines de enriquecer el Reporte Técnico de la Práctica, en esta parte, y para una correcta consulta e interpretación, se deben incluir tablas de nomenclatura, simbología, curvas y graficas características operacionales, de funcionamiento, calibración, selección, etc., todo el material de soporte utilizado tales como copias de tablas obtenidas de manuales técnicos o catálogos industriales.

GENERALIDADES DEL TEXTO.

Para el contenido del texto, los márgenes deben ser: derecho 2.5 cm, izquierdo 3.3 cm, superior e inferior 3.0 cm, en hoja tamaño carta

El tipo de letra que se recomienda es Arial número 11.

El uso de negritas se reserva para los títulos y subtítulos.

El uso de cursivas se reserva para aquellas palabras de idiomas extranjeros que no tengan traducción oficial al lenguaje español tales como *benchmarking* o para nombres propios tales como *Stephen P. Timoshenko*.

La sangría normal a considerar es equivalente a doce golpes del espaciador. En el procesador de palabras “Word” de Microsoft® equivale a un golpe del tabulador.

Se debe de vigilar el uso correcto de los signos de puntuación y evitar los errores gramaticales.

El espacio entre párrafos o interlineado es sencillo, es decir que entre párrafos no deberán de existir espacios dobles.

La numeración de las hojas deberá de ser en la parte inferior de la hoja y alineada a la derecha.

La numeración de las hojas que contienen la introducción o el prefacio y la tabla de contenido, se deberá de hacer con números arábigos.

FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS. Las figuras y fotografías que se incluyan, deberán de estar debidamente identificadas con números arábigos y referenciadas dentro del texto.

Las figuras pueden ser copias de los libros de texto, pero se le debe de dar el debido crédito a la referencia de donde fueron tomadas.

Las fotografías deberán de mostrar imágenes nítidas y debidamente enfocadas al objeto al que se hace mención en el texto.

La numeración y título de la figura o fotografía se hará al pie de las mismas con números arábigos.

TABLAS. Las tablas que se incluyan en el reporte deberán de estar debidamente identificadas con números arábigos y referenciadas dentro del texto. La numeración y título de las tablas se hará en el encabezado de la misma y es independiente de la numeración de las figuras o fotografías.

ENCUADERNACIÓN. Para su protección, el reporte deberá estar encuadernado con una cubierta anterior (portada) de plástico transparente con cubierta posterior (contraportada). El ensamble deberá de ser con espiral. El dibujo siguiente muestra la forma recomendada de cómo se debe de encuadernar el reporte de laboratorio.

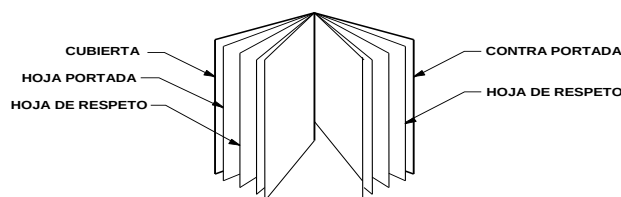


FIGURA 1. ENCUADERNACIÓN DEL REPORTE DE LABORATORIO

PRÁCTICA Nº 1.1

INSPECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE DISPOSITIVOS Y PROTECCIONES DE CONTROL ELECTROMECAÁNICO.

- **Objetivo.**

Mediante identificación, inspección visual y pruebas de funcionalidad, familiarizar al estudiante con los distintos dispositivos y equipos de control electromecánico del laboratorio de Controles Eléctricos.

- **Principios genéricos.**

En la construcción de circuitos de control y de fuerza electromecánicos, nombrense controladores o paneles de control, es importante identificar correctamente cada uno de los dispositivos que se involucran, para ello, es interesante observar, que las interconexiones de los dispositivos deben de tener por guía un diagrama de alambrado o diagramas de control (lógica de escalera) y fuerza, donde la simbología empleada, debe ser aquella con apego a una normalización o estándar con el propósito de poder identificar uno a uno cada símbolo gráfico con el dispositivo físico. En el dibujo de circuitos electromecánicos de control y fuerza con apego al estándar americano, se emplea simbología NEMA (National Electrical Manufacturers Association) e IEC (International Electrotechnical Commission). En apéndice A, se muestra la simbología NEMA para diagramas lineales.

- **Principios de aplicación.**

En el dibujo de diagramas y para propósitos de interconectar correctamente los terminales de los distintos dispositivos equipo y auxiliares se utiliza una nomenclatura alfa numérica, la cual en todos los casos es la correspondiente al marcado de terminales de conexión que traen impresa o en relieve los mismos dispositivos físicos desde su fabricación. Así en este orden, por ejemplo, en la figura siguiente se presenta la imagen física de un botón pulsador de doble acción (semejante a los botones de control que se tienen en el laboratorio).

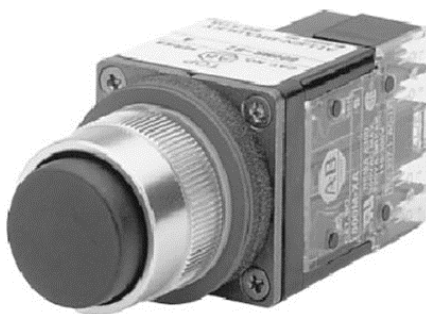


Fig. 1.1. Botón pulsador de doble acción.²

² Todos los esquemas y diagramas que refieren a equipo de laboratorio, fueron tomados de los Manuales Lav-Volt versión estudiante.

En su base se encontrarán cuatro terminales (tornillos de conexión) marcadas en relieve numeraciones 1, 2 y 3, 4, las cuales correspondientemente identifican 1,2 los terminales del interruptor NC (normalmente cerrado) y 3,4 los terminales del interruptor NA (normalmente abierto).

Así también en el Laboratorio de Controles Eléctricos, se cuentan con un módulo doble de botones pulsadores de doble acción como la que se muestra en la figura 1.2, siguiente. Observe la correspondencia del marcado numérico en terminales correspondientes a los interruptores NC y NA.

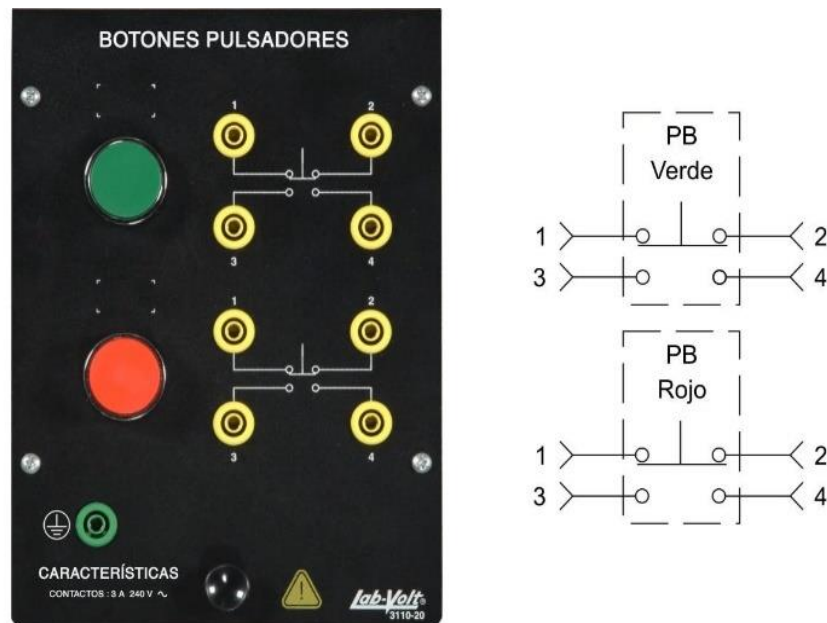


Fig. 1.2. Módulo doble, botones pulsadores de doble acción momentánea.²

En la figura siguiente se muestra el diagrama eléctrico de control de un arrancador con control de marcha lenta de un motor trifásico. Los dispositivos Contactor de fuerza, Botón pulsador y Relé de sobrecarga, se muestran enmarcados cada uno con línea punteada y todos ellos interconectados dentro de un panel. Este dibujo pudiera ser el diagrama de cableado de los tres dispositivos, la numeración de terminales de los componentes individuales de cada dispositivo, servirá de guía para su correcta interconexión.

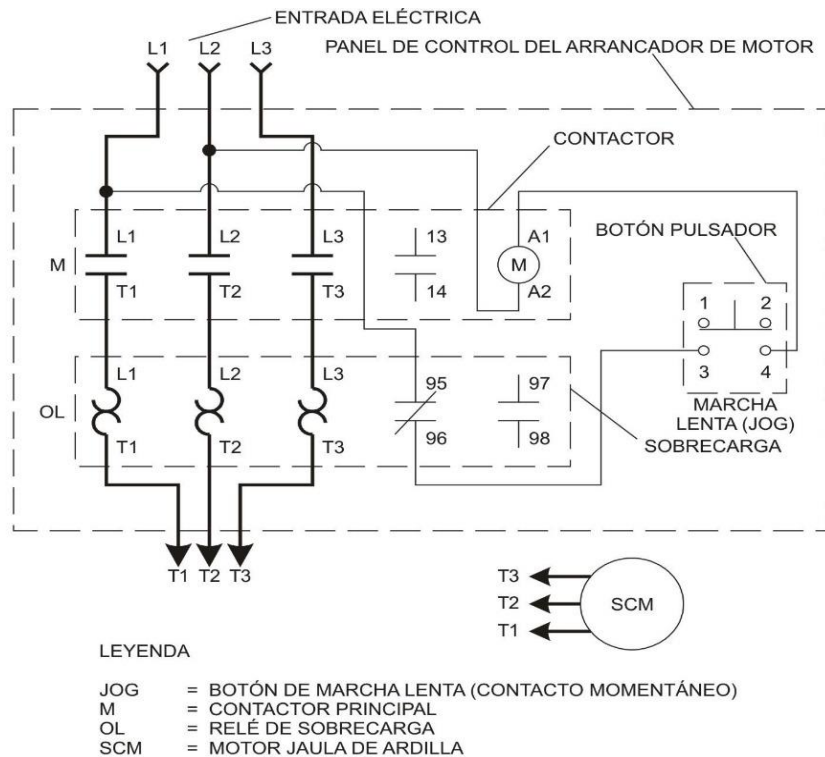


Fig. 1.3 Diagrama de control y fuerza de un arrancador de un motor trifásico.²

En el diagrama siguiente se muestra el circuito de control y fuerza, de un arrancador electromecánico de un motor tipo Jaula de ardilla, con control de *arranque*, *marcha lenta* y *paro*. El enlace entre el circuito de control y el de fuerza, se establece mediante la intercalación de un transformador de acoplamiento de voltaje para hacer factible la operación de los dispositivos de control, recuérdese que estos dispositivos generalmente son baja capacidad eléctrica y operan a bajos voltajes.

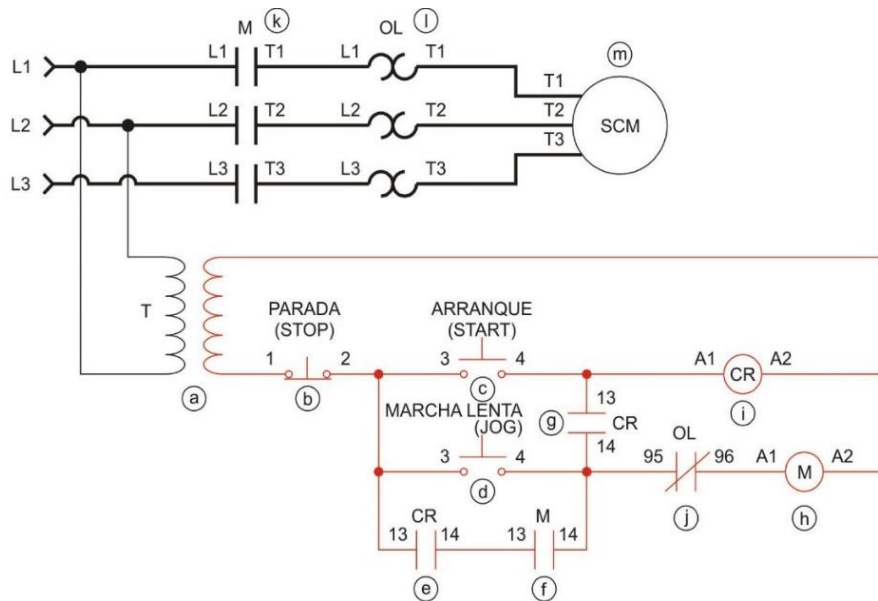


Fig. 1.4 Diagrama de control y fuerza. Arrancador electromecánico para motor trifásico Jaula de Ardilla.²

Para el diagrama anterior, identifique de acuerdo al marcado con letras minúsculas encerradas en pequeños círculos, el nombre de cada componente del circuito.

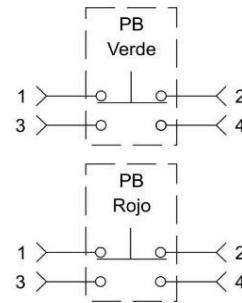
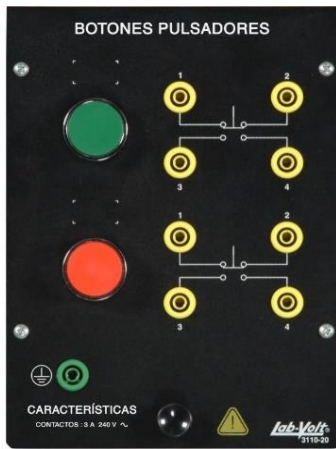
- a. _____
- b. _____
- c. _____
- d. _____
- e. _____
- f. _____
- g. _____
- h. _____
- i. _____
- j. _____
- k. _____
- l. _____

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Estación de botones de contacto momentáneo.
2. Contactor o Relevador de fuerza con platinos auxiliares.
3. Relevador de sobrecarga, protección térmica.
4. Relevador auxiliar de control de mando.
5. Contactores dobles.
6. Interruptor de selección.
7. Arrancador manual
8. Conmutador de levas
9. Luces indicadoras.

- **Procedimiento.**

- 1.1 Para cada uno de los dispositivos que se muestran en los esquemas siguientes, identifique el nombre del dispositivo, su símbolo y la numeración de marcado en sus terminales. Mediante el empleo de un Ohmetro, identifique la condición de operación normal (sin energizar) del dispositivo, y en aquellos que sea factible, simule su operación en condición activada, compruebe su funcionalidad.



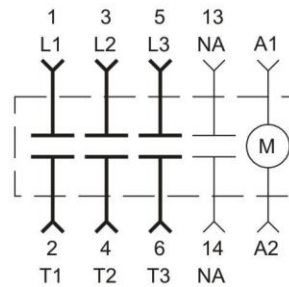
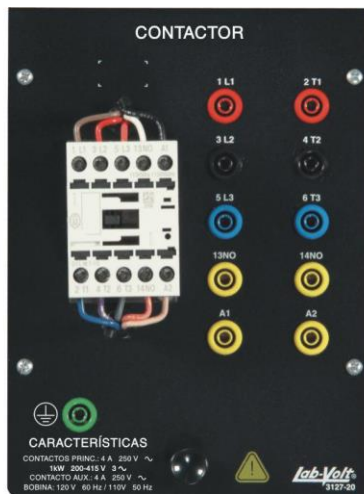
1.2 Nombre del dispositivo: _____

En condición normal (sin energizar), ¿existe continuidad entre?

- Terminales 1 y 2 _____
- Terminales 3 y 4 _____

En condición activada (simulada), ¿existe continuidad?

- Terminales con nomenclatura 1 y 2 _____
- Terminales con nomenclatura 3 y 4 _____



1.3 Nombre del dispositivo: _____

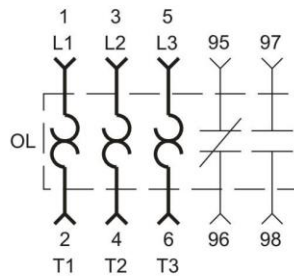
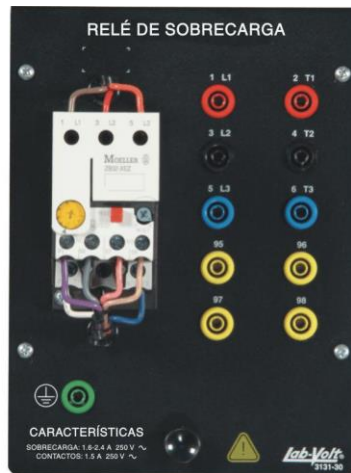
En condición normal (sin energizar), ¿existe continuidad entre?

- Terminales L₁ y T₁ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____

- Terminales 13 y 14 _____
- Terminales A₁ y A₂ _____

En condición activada (simulada), ¿existe continuidad entre?

- Terminales L₁ y T₁ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____
- Terminales 13 y 14 _____
- Terminales A₁ y A₂ _____



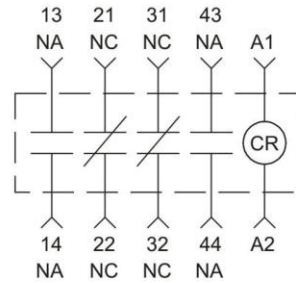
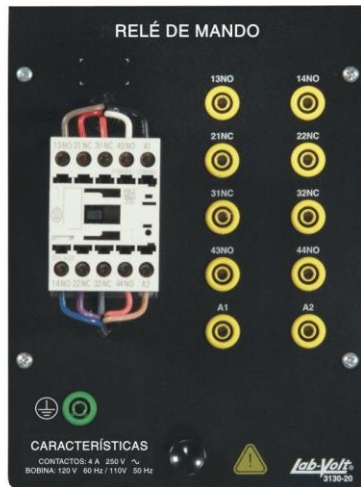
1.4 Nombre del dispositivo: _____

En condición normal (sin energizar), ¿existe continuidad entre?

- Terminales L₁ y T₁ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____
- Terminales 95 y 96 _____
- Terminales 97 y 98 _____

En condición activada (simulado disparo), ¿existe continuidad entre?

- Terminales L₁ y T₁ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____
- Terminales 95 y 96 _____
- Terminales 97 y 98 _____



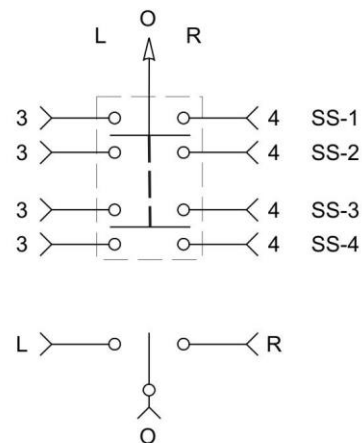
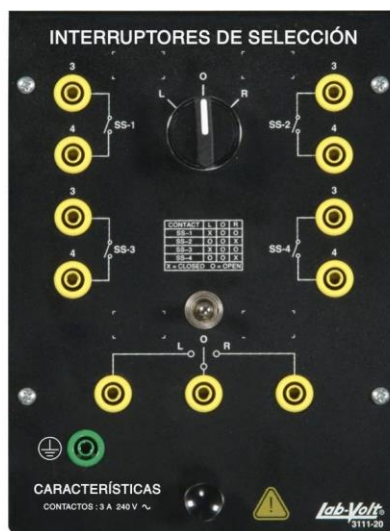
1.5 Nombre del dispositivo: _____

En condición normal (sin energizar), ¿existe continuidad entre?

- Terminales 13 y 14 _____
- Terminales 21 y 22 _____
- Terminales 31 y 32 _____
- Terminales 43 y 44 _____
- Terminales A₁ y A₂ _____

En condición activada (simulada), ¿existe continuidad entre?

- Terminales 13 y 14 _____
- Terminales 21 y 22 _____
- Terminales 31 y 32 _____
- Terminales 43 y 44 _____
- Terminales A₁ y A₂ _____



1.6 Nombre del dispositivo: _____

En condición normal (sin selector operado), ¿existe continuidad entre?

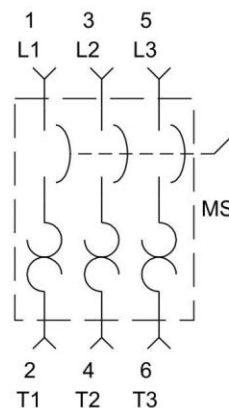
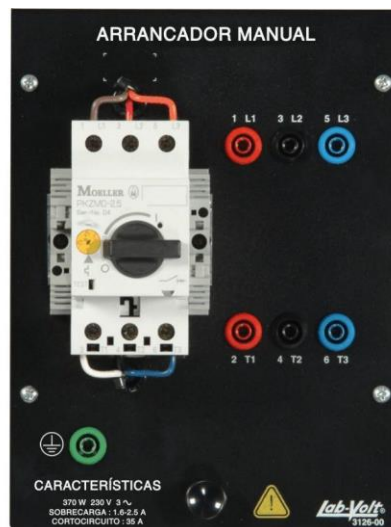
- Terminales 3 y 4 ss-1 _____
- Terminales 3 y 4 ss-2 _____
- Terminales 3 y 4 ss-3 _____
- Terminales 3 y 4 ss-4 _____
- Terminales L y 0 _____
- Terminales R y 0 _____

En condición con selector operado a posición L, ¿existe continuidad entre?

- Terminales 3 y 4 ss-1 _____
- Terminales 3 y 4 ss-2 _____
- Terminales 3 y 4 ss-3 _____
- Terminales 3 y 4 ss-4 _____
- Terminales L y 0 _____
- Terminales R y 0 _____

En condición con selector operado a posición R, ¿existe continuidad entre?

- Terminales 3 y 4 ss-1 _____
- Terminales 3 y 4 ss-2 _____
- Terminales 3 y 4 ss-3 _____
- Terminales 3 y 4 ss-4 _____
- Terminales L y 0 _____
- Terminales R y 0 _____



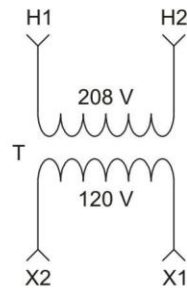
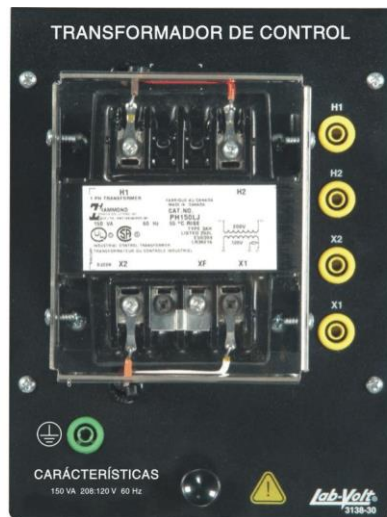
1.7 Nombre del dispositivo: _____

En condición normal (sin energizar), ¿existe continuidad entre?

- Terminales L_1 y T_1 _____
- Terminales L_2 y T_2 _____
- Terminales L_3 y T_3 _____

En condición activada (simulada), ¿existe continuidad entre?

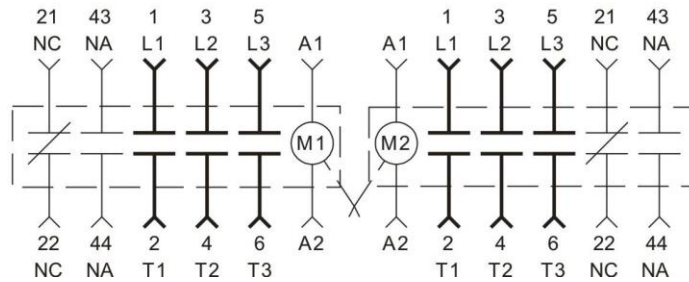
- Terminales L_1 y T_1 _____
- Terminales L_2 y T_2 _____
- Terminales L_3 y T_3 _____



1.8 Nombre del dispositivo: _____

En condición normal (sin energizar), ¿existe continuidad entre?

- Terminales H_1 y H_1 _____
- Terminales X_2 y X_1 _____



1.9 Nombre del dispositivo: _____

En condición normal (sin energizar), ¿existe continuidad entre?

Relé M1

- Terminales 21 y 22 _____
- Terminales 43 y 44 _____
- Terminales L₁ y T₂ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____
- Terminales A₁ y A₂ _____

Relé M2

- Terminales 21 y 22 _____
- Terminales 43 y 44 _____
- Terminales L₁ y T₂ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____
- Terminales A₁ y A₂ _____

En condición activada (simulación de activación) del Relé M1, ¿existe continuidad entre?

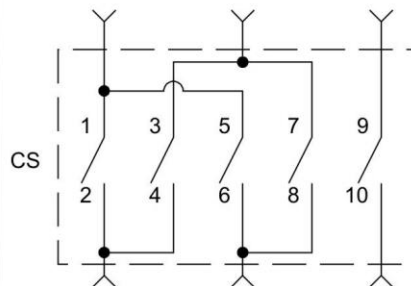
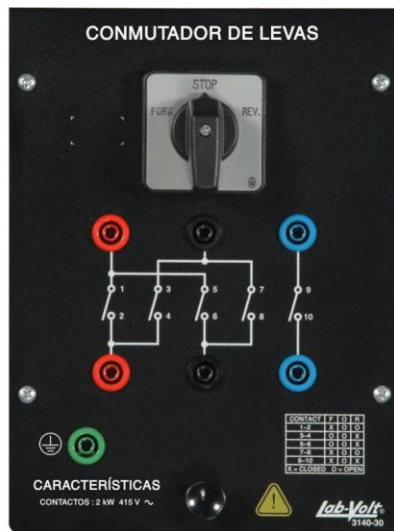
Relé M1

- Terminales 21 y 22 _____
- Terminales 43 y 44 _____
- Terminales L₁ y T₂ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____
- Terminales A₁ y A₂ _____

Relé M2

- Terminales 21 y 22 _____
- Terminales 43 y 44 _____
- Terminales L₁ y T₂ _____
- Terminales L₂ y T₂ _____
- Terminales L₃ y T₃ _____
- Terminales A₁ y A₂ _____

1.10 Explique, ¿Cómo opera un conmutador manual de levass?



CONTACTO	POSICIÓN		
	F	O	R
1-2	X		
3-4			X
5-6			X
7-8	X		
9-10	X		X

X = CONTACTO CERRADO

1.11 Explique, ¿Cómo operan los Los relevadores auxiliares temporizados?



• **Cuestionario.** (practica 1.1).

1. ¿Cuántos tipos de botones de acción de mando pueden emplearse en un controlador electromecánico?
2. ¿El color del encapsulado de los botones de accionamiento de control de mando obedece a algún código?
3. ¿Para qué sirve la identificación del marcado de terminales en los distintos dispositivos de control?
4. ¿Cuál pudiera ser la diferencia entre un contactor de fuerza y un relevador de un arrancador de fuerza?
5. ¿Cuáles son las diferencias entre un relevador de control y un relevador temporizado?

PRÁCTICA Nº 2.1

INTERRUPTORES Y SENSORES.

- **Objetivo.**

Familiarizar al estudiante con la terminología y aplicaciones de dispositivos auxiliares interruptores y sensores, empleados en el campo del control automatizado de motores.

Primera parte.

Interruptores fotoeléctricos.

- **Principios genéricos.**

En sistemas automatizados, es indispensable el empleo de dispositivos auxiliares de control, nombrense sensores e interruptores. Por sus características de funcionamiento se hace factible una serie de acciones como pueden ser: el arranque completo o parcial de un sistema de manufactura, contar, posicionar, orientar los productos, clasificar, medir la productividad, aseguramiento de la calidad, incluyendo el paro sea este como parte del proceso o bien por emergencia. Los sensores son dispositivos diseñados para actuar ante la presencia o ausencia de cualquier objeto, sea opaco o transparente, grande o pequeño, áspero o brillante.

Los sensores son clasificables en dos tipos: sensores de contacto y sensores sin contacto directo. Los de contacto, requieren del contacto físico para su activación, y los de “sin contacto directo” no requieren de tocar el objeto para su activación, en este orden, se tienen:

Sensores fotoeléctricos. Estos dispositivos son diseñados para detectar la presencia o ausencia de cualquier objeto **sin contacto directo**, siendo por esta característica su gran uso. Los sensores fotoeléctricos, básicamente son contruidos de dos partes principales, llámense emisor y receptor, el emisor es la fuente de un haz de luz y el receptor es un fotodiodo o un fototransistor que produce un cambio en la corriente conducida en su circuito, ante la presencia o ausencia de cualquier tipo de objeto sin ningún tipo de contacto físico.

Los sensores fotoeléctricos utilizan un haz de luz para detectar la presencia o movimiento de un objeto, por lo que están contruidos por un emisor de luz y un receptor.

El emisor es un diodo emisor de luz (LED) que genera una luz de una longitud de onda específica. Las fuentes de luz más utilizadas en la mayoría de sensores fotoeléctricos son infrarrojo, rojo visible, verde y azul. Los LED infrarrojos son utilizados donde se requiere una salida de luz máxima para un rango de detección extendido. En algunas aplicaciones, un haz de luz visible es utilizado para facilitar la configuración o para confirmar la operación del sensor.

El receptor es un fotodiodo o un fototransistor que genera un cambio en la corriente conducida dependiendo de cuánta luz es detectada. Los fotodiodos y los fototransistores

son más sensitivos a ciertos tipos de longitudes de onda. Para aumentar la eficiencia, tanto el receptor como el emisor de luz deben estar espectralmente acoplados.

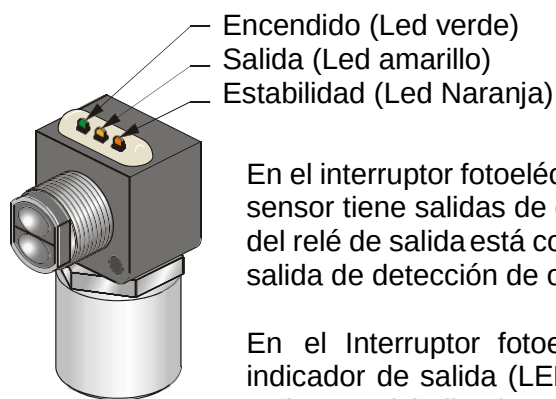
Existen dos formas de detectar un haz de luz: sensar la iluminación o sensar la oscuridad. Sensar la luz significa que el receptor detecta la presencia del haz de luz y el receptor no genera una señal de salida hasta que lo detecta. Sensar la oscuridad significa que el receptor detecta la ausencia del haz de luz.

- **Principios de aplicación.**

En la primera parte de esta práctica se estudian dos tipos de interruptores fotoeléctricos, sean estos:

1. Interruptor fotoeléctrico con eliminación del segundo plano.
2. Interruptor fotoeléctrico con reflexión polarizada.

Ambos dispositivos son semejantes y provistos con tres indicadores luminosos,



En el interruptor fotoeléctrico con eliminación del segundo plano, el sensor tiene salidas de detección de luz y de oscuridad. La bobina del relé de salida está conectada a la salida de detección de luz. La salida de detección de oscuridad no se utiliza.

En el Interruptor fotoeléctrico con retrorreflexión polarizada, el indicador de salida (LED amarillo) se ilumina cuando la salida se activa, y el indicador de estabilidad (LED naranja) se enciende cuando el exceso de ganancia supera el valor de 2,5.

Figura 2.1 Interruptor fotoeléctrico.²

Para propósitos demostrativos de funcionalidad de los interruptores: fotoeléctrico, se empleará un *Bloque reflectivo*, este dispositivo tiene cinco diferentes tipos de superficies que serán utilizadas para determinar las características de los sensores.

Interruptor fotoeléctrico con eliminación del segundo plano.

Este tipo de dispositivos son diseñados para aplicaciones con rango de detección baja o corta, cuando el segundo plano que está detrás del objeto está muy cerca y es bastante reflectivo. El dispositivo es provisto de dos elementos activos de detección fotoeléctrica que están calibrados para detectar objetos al frente y detrás de la distancia de detección nominal, como se muestra en la figura 2.2, el sensor número 1 detecta las reflexiones producidas por el segundo plano, mientras que el sensor número 2 detecta las reflexiones producidas por la presencia de un objeto que se encuentra dentro de la distancia de detección.

Es a través de su electrónica que, por comparación de las dos señales, el sensor ignora la presencia de la superficie de fondo, inclusive si esta es altamente reflectiva ante la presencia de un objeto opaco u oscuro menos reflectivo. Para eliminar el segundo plano de manera confiable, es necesaria una distancia de separación mínima igual al 10% de la distancia de detección máxima entre el objeto y el fondo.

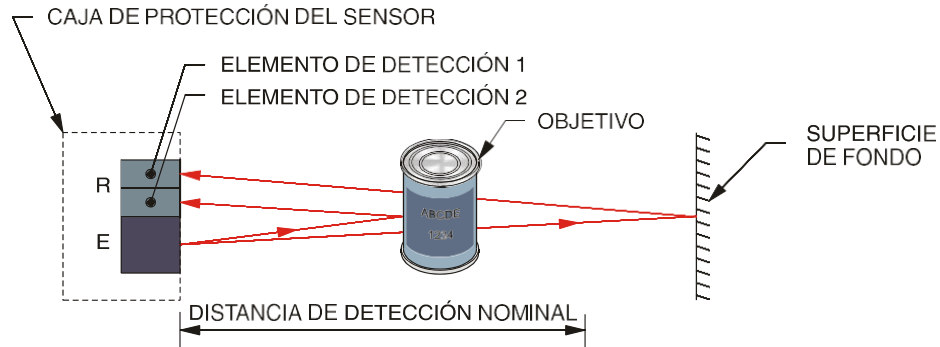


Figura 2.2 Detección de objeto con eliminación del segundo plano.²

Interruptor fotoeléctrico con retrorreflexión polarizada.

Los interruptores fotoeléctricos con sensores retrorreflexivos tipo estándar, pueden ser activados incorrectamente por reflexiones de objetos brillantes o altamente reflexivos. Los de tipo retrorreflexión polarizada, son los de mayor empleo para la detección de objetos, especialmente los de superficie brillante. El haz de luz emitido por la fuente luminosa (emisor) es reflejado por una *superficie retrorreflexiva de despolarización especial* y posteriormente reflejado al receptor, de la forma que se muestra en la figura 2.3. Al incidir el haz de luz polarizado en un objeto, este se mantiene polarizado y fácilmente detectable por el receptor, así también la luz puede ser.

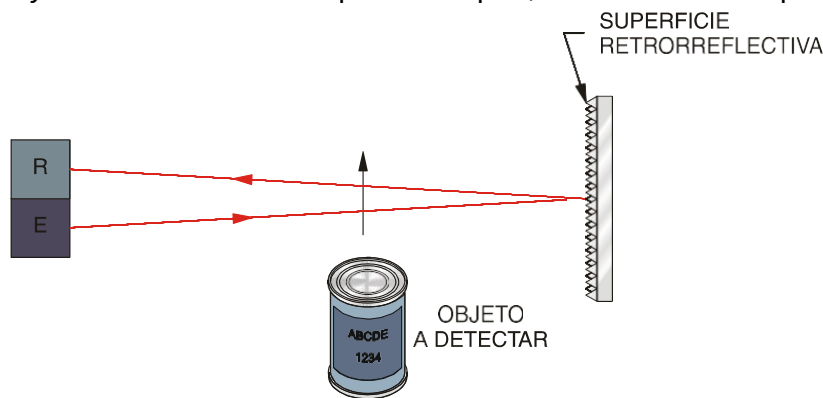


Figura 2.3 Detección de objeto con retrorreflexión.²

despolarizada a medida que el haz de luz pasa a través de láminas de plástico o a través de películas transparentes adhesivas, en todo caso, los objetos brillantes pueden ser detectables al crear reflexiones. En general, el objeto opaco bloquea el haz de luz entre el sensor y la superficie reflectiva activando el sensor, por esta razón, no son apropiados para detectar objetos pequeños o translúcidos.

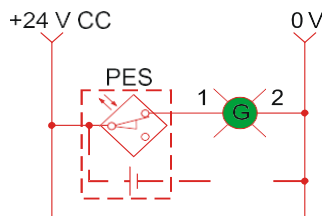
- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Fuente de energía de c.a.
2. Fuente de energía de c.c.
3. Luces indicadoras.
4. Interruptor fotoeléctrico con supresión de segundo plano.
5. Interruptor fotoeléctrico retrorreflectivo.
6. Bloque reflectivo.
7. Cables de conexión.

- **Procedimiento.**

Interruptor fotoeléctrico con eliminación del segundo plano.

- 2.1 Implemente el circuito de sensado del interruptor fotoeléctrico con eliminación de segundo plano (6373-B2), como se muestra en el diagrama siguiente:



PES = INTERRUPTOR FOTOELECTRICO

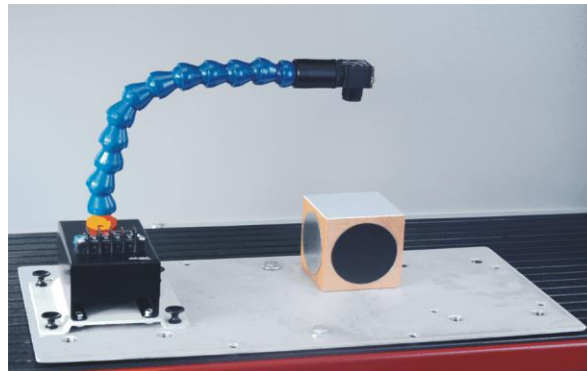


Figura 2.4 Circuito de conexión, Interruptor fotoeléctrico con sensor de eliminación de segundo plano.²

- 2.2 Energice su circuito y posicionando el bloque reflectivo con la superficie de madera blanca en dirección hacia el sensor, ajuste la distancia entre el sensor y la superficie del bloque en una distancia aproximada de 10 cm, distancia a la cual los leds indicadores de estabilidad (naranja) y de salida (amarillo) deberán apagarse.
- 2.3 Pruebe la funcionalidad del interruptor fotoeléctrico, pase un objeto pequeño (p.ej. un lápiz) en una distancia aproximada de 1 cm sobre la superficie del bloque reflectivo, gire las caras del bloque y anote si el sensor detecta o no la intrusión al pase del objeto, anote sus observaciones en la tabla siguiente. ¿Qué conclusiones puede adelantar de sus observaciones?

NOTA: En el ensayo con superficie metálica brillante, es posible que el sensor detecte la superficie, modifique la distancia y el ángulo del sensor antes de pasar el siguiente objeto a detectar.

Superficie	Detecta	No detecta
Blanca de madera		
Negra de madera		
Metálica brillante		
Metálica negra opaca		
Retroreflectiva de despolarización		

Tabla 2.1 Detección de superficies por el interruptor fotoeléctrico con eliminación del segundo plano.

2.4 Repita el ensayo empleando otros objetos de tamaños y propiedades reflectivas diferentes (brillantes, opacas, oscuras, claras). Anote sus observaciones:

- Procedimiento.**
Interruptor fotoeléctrico con retroreflexión polarizada.

Implemente el circuito de sensado del interruptor fotoeléctrico con eliminación de segundo plano (6374-B2), como se muestra en el diagrama siguiente:

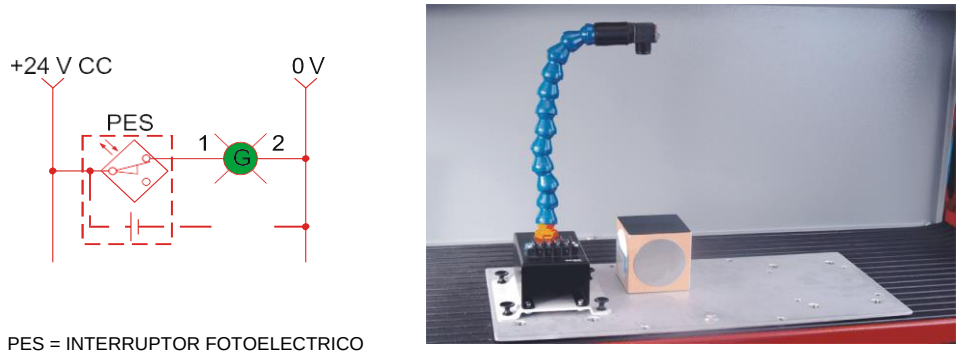


Figura 2.5 Circuito de conexión, Interruptor fotoeléctrico con retroreflexión polarizada.²

2.5 Energice su circuito y posicionando el bloque reflectivo con la superficie de madera negra en dirección hacia el sensor, ajuste la distancia entre el sensor y la superficie del bloque en una distancia aproximada de 20 cm. ¿Qué observa?

- 2.6 Gire el bloque reflectivo, presentando frente del sensor diferentes superficies, anote sus observaciones en la tabla 2.2.

Superficie	Detecta	No detecta
Blanca de madera		
Negra de madera		
Metálica brillante		
Metálica negra opaca		
Retroreflectiva de despolarización		

Tabla 2.2 Detección de superficies por el interruptor fotoeléctrico con retroreflexión polarizada.

- 2.7 Repita el ensayo, presentando frente al sensor las distintas caras del bloque, pero ahora con diferentes distancias (10 cm y 30 cm), replique la tabla 2.2 en ambos casos. ¿Qué conclusiones puede adelantar al respecto?

- 2.8 Posicione el bloque reflectivo con la superficie retroreflectiva frente del sensor a una distancia de aproximada de 20 cm., pase los dedos de su mano en el espacio de detección. ¿Qué observa?

- 2.9 En el espacio de detección, pase un objeto transparente, ¿el interruptor detecta el objeto?, anote el porqué de su conclusión.

- 2.10 En el espacio de detección, pase un objeto pequeño (p. ej. un trozo de cable), ¿el interruptor detecta el objeto?, anote el porqué de su conclusión.

• **Cuestionario 1.** (primera parte, practica 2.1).

1. ¿Qué diferencia existe entre detección de luz y detección de oscuridad?
2. ¿Bajo qué principio funcionan los sensores fotoeléctricos?
3. ¿Qué ventajas presentan los interruptores fotoeléctricos con eliminación del segundo plano?, y ¿qué ventajas presentan los interruptores fotoeléctricos con retroreflexión polarizada?

4. ¿Cómo se debe ajustar un interruptor con eliminación del segundo plano, para una operación confiable?
5. ¿Qué diferencias existen entre un interruptor fotoeléctrico con retrorreflexión estándar y otro con retrorreflexión polarizada?
6. ¿Porque razón los interruptores con retrorreflexión polarizada resultan inadecuados para la detección de objetos pequeños?

Segunda parte.

Interruptores de proximidad capacitivos

- **Principios de funcionamiento y de aplicación.**

Los interruptores de proximidad capacitivos, son diseñados para la detección de objetos metálicos y no metálicos, incluyendo la presencia o ausencia de líquidos. Su principio de funcionamiento es semejante al de un condensador eléctrico convencional, esto es, al generar un campo electrostático estable, la presencia de un objeto modifica la estabilidad del campo (modificación de la constante dieléctrica del aire) activándose el sensor. Su activación se debe a la modificación de la energía eléctrica y no magnética, por ello su aplicación en la detección de objetos metálicos y no metálicos. El dispositivo es provisto de un elemento capacitivo, un oscilador, un rectificador (que actúa como circuito de detección) y un circuito de salida.

La distancia de detección de objetos en interruptores de proximidad capacitivo, es función directa del tamaño sensor capacitivo y del tamaño del objeto. Sensores grandes tienen una capacitancia pequeña, siendo entonces factible la detección de objetos a mayor distancia. En la práctica, la distancia de operación de un sensor de proximidad capacitivo, tiene por referencia un estándar distancia-objeto, por tanto, para una aplicación específica se recomienda previamente consultar el manual del fabricante. En la figura 2.6, se muestra en vistas el interruptor de proximidad capacitivo del laboratorio.



Figura 2.6 Interruptor de proximidad capacitivo.²

Como se observa, el interruptor es provisto con un tornillo de ajuste de sensibilidad, debido a que, en su funcionalidad, el dispositivo realmente mide una diferencia

dieléctrica, por tanto, es importante compensar las condiciones de operación, previas a su aplicación en la detección de objetos.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Fuente de energía de c.a.
2. Fuente de energía de c.c.
3. Luces indicadoras.
4. Interruptor de proximidad capacitivo.
5. Bloque reflectivo.
6. Cables de conexión.

- **Procedimiento.**

2.11 Implemente el circuito de sensado del interruptor de proximidad capacitivo (6376-B2), como se muestra en el diagrama siguiente:

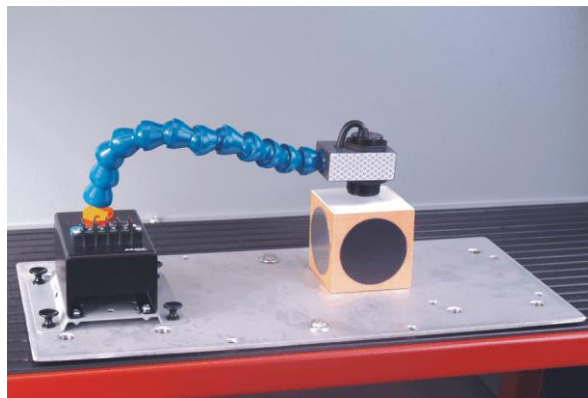
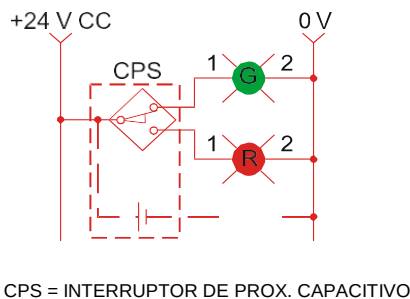


Figura 2.7 Circuito de conexión, Interruptor de proximidad capacitivo.²

2.12 Posicione el bloque reflectivo con la superficie de madera blanca en dirección hacia el sensor; energice su circuito; ajuste la distancia entre el sensor y la superficie del bloque en una distancia aproximada de 10 cm. Para propósitos de ajustar el sensor, apéguese a la siguiente rutina: a) mediante el empleo de un desarmador, gire lentamente en sentido antihorario el tornillo de ajuste de sensibilidad, hasta que la luz de salida (amarilla) se apague; b) en segunda acción, y contabilizando la cantidad de vueltas, gire lentamente el tornillo de ajuste en sentido horario hasta que la luz de salida se encienda; Si el número de vueltas es mayor a 1 ½ vueltas, el sensor se encontrara calibrado en condición de salida estable, de lo contrario; c) modifique en mayor o menor la distancia entre sensor y bloque, hasta encontrar el número de vueltas mínimas (1 ½ vueltas) o mayor entre encendido y apagado de la luz de salida; d) gire y

posicione el tornillo de ajuste, en la mitad de la cantidad de vueltas de la condición más estable.

- 2.13 Gire el bloque reflectivo, presentando frente del sensor diferentes superficies, anote sus observaciones en la tabla 2.3

Superficie	Detecta	No detecta
Blanca de madera		
Negra de madera		
Metálica brillante		
Metálica negra opaca		
Retroreflectiva de despolarización		

Tabla 2.3 Detección de superficies por el interruptor de proximidad capacitivo.

- 2.14 En base a las respuestas que se obtuvieron en la tabla 2.3, argumente y justifique el porqué del comportamiento del interruptor de proximidad capacitivo:

- 2.15 Ahora bien, retire el bloque reflectivo y coloque en su lugar diferentes objetos de distintos materiales, sean estos de plástico, vidrio, papel o cartón, etc., anote sus observaciones en la tabla 2.4

Material	Detectado	No detectado

Tabla 2.4 Detección de materiales varios por el interruptor de proximidad capacitivo.

- 2.16 En base a las respuestas que se obtuvieron en la tabla 2.4, argumente y justifique el porqué del comportamiento del interruptor de proximidad capacitivo:

- 2.17 Por último, para la detección de líquidos por medio de un interruptor de proximidad capacitivo, llene con agua un recipiente de plástico a un nivel medio, posicione la cara del sensor contra el recipiente a una altura de 0.6 cm por encima del nivel alto del líquido, de forma semejante a como se muestra en la

imagen de la figura 2.8. En este caso, para ajustar la sensibilidad del sensor; gire el tornillo de ajuste en dirección horaria o antihoraria hasta lograr ubicar el punto en el cual la luz del indicador de salida se enciende, a partir de este punto gire en dirección antihoraria el tornillo de ajuste hasta el punto donde la luz de salida se apague, adicione a partir de este mismo punto una vuelta completa en dirección antihoraria.

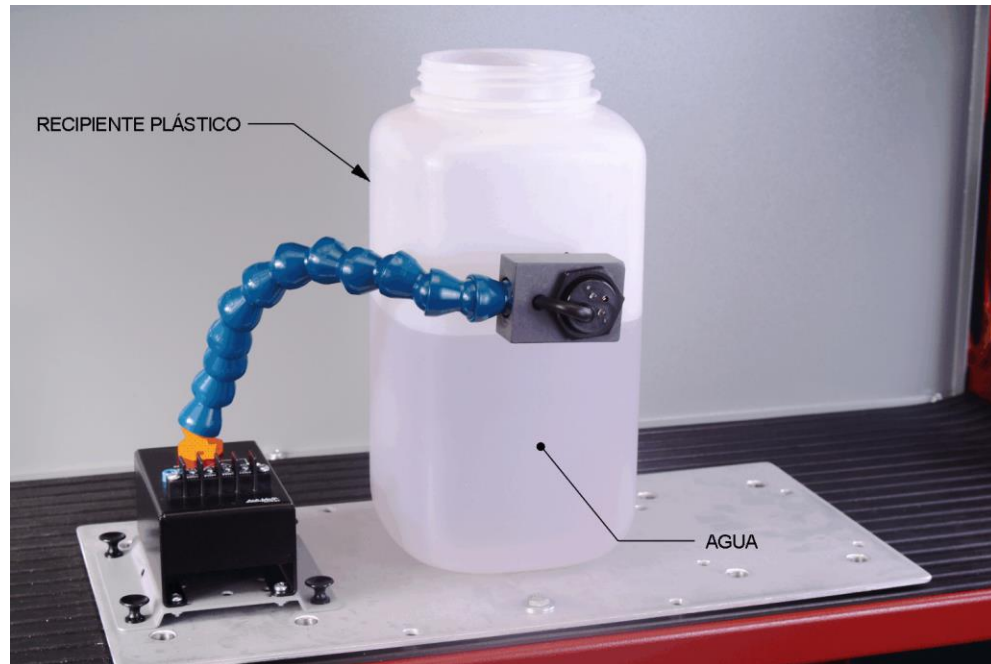


Figura 2.8 Detección de líquido mediante el empleo de un Interruptor de proximidad capacitivo.²

2.18 Reposicione el Interruptor de proximidad capacitivo, a una altura aproximada de 0.6 cm por debajo del nivel alto del líquido, esto es, a un nivel donde la cara del sensor se encuentre frente de líquido. Comente, cual es el comportamiento del interruptor al pasar de la posición por arriba del nivel alto de líquido, a otra por debajo del nivel alto del líquido, argumente su comentario.

- **Cuestionario 2.** (segunda parte, practica 2.1).

1. ¿Qué diferencias de *funcionamiento* encuentra para un interruptor de proximidad capacitivo, en comparativa con los interruptores fotoeléctricos con eliminación del segundo plano y con retrorreflexión polarizada?

2. ¿Qué diferencias de *aplicación* encuentra para un interruptor de proximidad capacitivo, en comparativa con los interruptores fotoeléctricos con eliminación del segundo plano y con retroreflexión polarizada?
3. Argumente, ¿Por qué los interruptores de proximidad capacitivos, deben estar aislados o separados de otros cuerpos o superficies cercanas?

Tercera parte.

Interruptores de proximidad inductivos

- **Principios de funcionamiento y de aplicación.**

Los interruptores de proximidad inductivos, son diseñados para la detección de objetos exclusivamente metálicos. Su principio de funcionamiento se sustenta en la detección del objeto por medio de la modificación de un campo magnético previamente generado por una bobina, esto es, al tener un campo magnético estable, la presencia de un objeto se refleja en una disminución de la energía del campo (por la inducción de corrientes de Eddy en el objeto) activándose así el sensor, de aquí su aplicación en la detección de objetos metálicos. El dispositivo es provisto de una bobina generadora de un campo electromagnético, un oscilador (fuente de alimentación de tensión de alta frecuencia a la bobina), un rectificador (que actúa como circuito de detección) y un circuito de salida.

La distancia de detección de objetos en interruptores de proximidad inductivos, es función directa del tamaño de la bobina y de la composición metálica del objeto. En la práctica, la distancia de operación de un sensor de proximidad inductivo es muy pequeña (1 a 15 mm), debido que el campo magnético asociado con la inducción de corrientes de Eddy resulta muy pequeño, observándose que la distancia de detección es muy corta, por tanto, se recomienda que, para una aplicación específica, previamente se consulte el manual del fabricante. En la figura 2.9, se muestra en vistas el interruptor de proximidad capacitivo del laboratorio.

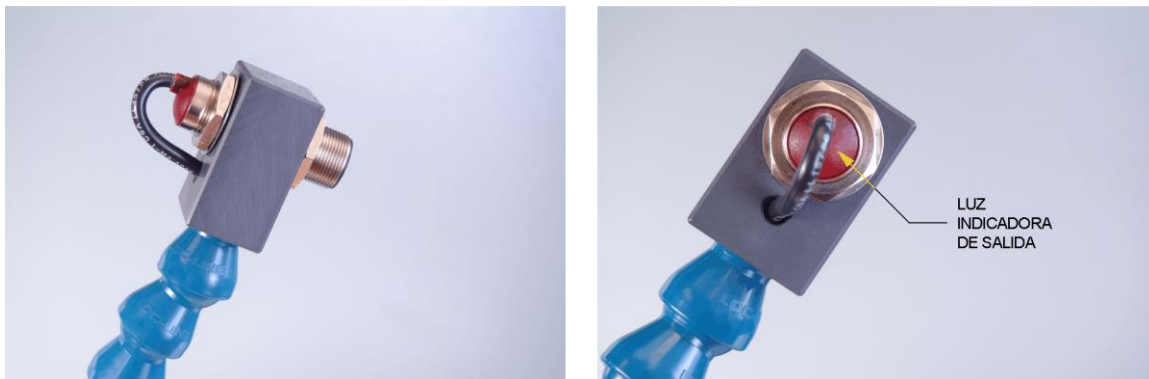


Figura 2.9 Interruptor de proximidad inductivo.²

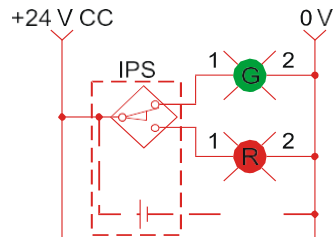
Como se observa, el interruptor es provisto de una luz (Led rojo) indicadora de salida, no es provisto con un tornillo de ajuste de sensibilidad.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Fuente de energía de c.a.
2. Fuente de energía de c.c.
3. Luces indicadoras.
4. Interruptor de proximidad inductivo.
5. Bloque reflectivo.
6. Cables de conexión.

- **Procedimiento.**

2.19 Implemente el circuito de sensado del interruptor de proximidad inductivo (6375-B2), como se muestra en el diagrama siguiente:



IPS = INTERRUPTOR DE PROX. INDUCTIVO

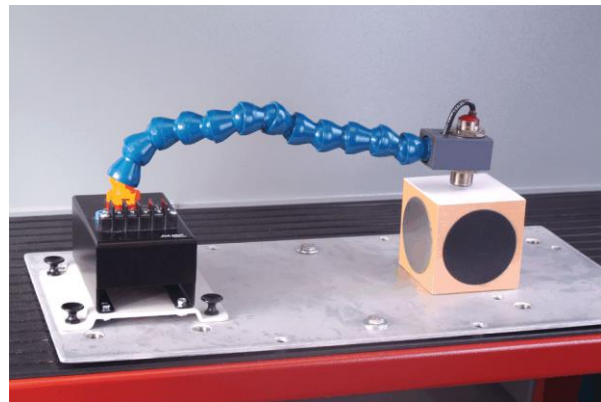


Figura 2.10 Circuito de conexión, Interruptor de proximidad inductivo.²

2.20 Posicione el bloque reflectivo con la superficie de madera blanca en dirección hacia el sensor; energice su circuito; ajuste la distancia entre el sensor y la superficie del bloque en una distancia aproximada de 3 mm; energice su circuito.

2.21 Gire el bloque reflectivo, presentando frente del sensor diferentes superficies, anote sus observaciones en la tabla 2.5

Superficie	Detecta	No detecta
Blanca de madera		
Negra de madera		
Metálica brillante		
Metálica negra opaca		
Retroreflectiva de despolarización		

Tabla 2.5 Detección de superficies por el interruptor de proximidad inductivo.

2.22 En base a las respuestas que se obtuvieron en la tabla 2.5, argumente y justifique el porqué del comportamiento del interruptor de proximidad inductivo:

2.23 Pase o acerque al sensor algunos objetos metálicos y no metálicos, ¿Qué comportamiento en la salida del interruptor observa? Argumente su comentario.

2.24 Posicione el sensor del interruptor de proximidad inductivo, contra la cara del bloque reflectivo con la cara metálica brillante; levante lentamente el posicionamiento del interruptor hasta que la luz del sensor se apague. Esta secuencia servirá para determinar la distancia máxima de detección del interruptor. Distancia máxima: _____

- **Cuestionario 3.** (tercera parte, practica 2.1).

1. ¿Qué diferencias de *funcionamiento* encuentra entre interruptores de proximidad inductivo y capacitivo?
2. ¿Qué diferencias de *aplicación* encuentra entre interruptores de proximidad inductivo y capacitivo?
3. Explique, ¿Por qué razón los interruptores de proximidad inductivos tienen una distancia de detección corta?

Cuarta parte.

Interruptores de límite o de fin de carrera.

- **Principios de funcionamiento y de aplicación.**

Los interruptores de límite o de fin de carrera, son dispositivos electromecánicos que operan simultáneamente un juego de platinos (2), uno NC y otro NA, por medio de una palanca que, al ser movilizada por presión mecánica (de otro mecanismo), opera el actuador electromecánico del interruptor, cambiando la configuración de sus platinos, uno de NC a NA y el otro de NA a NC. Este accionamiento en cambio de configuración eléctrica de los platinos, puede ser empleada para la apertura o cierre de otros circuitos eléctricos, sean estos, por ejemplo, de señalización, de otras cargas (si la capacidad eléctrica de los platinos del interruptor de límite lo permite) o bien para el control de cargas de gran amperaje, donde, el accionamiento de los platinos del interruptor de límite podría controlar el switcheo de las bobinas de relevadores o contactores de fuerza, como se muestra en el diagrama de control de la figura 2.11. En la práctica, el principio de operación de los interruptores de límite o de fin de carrera, es semejante al de otros interruptores, nómbrense, por ejemplo, de pedal, de nivel de líquido, de presión, etc., la

diferencia en comparativa, se establece en el mecanismo que se acopla a la palanca que activa el actuador del interruptor.

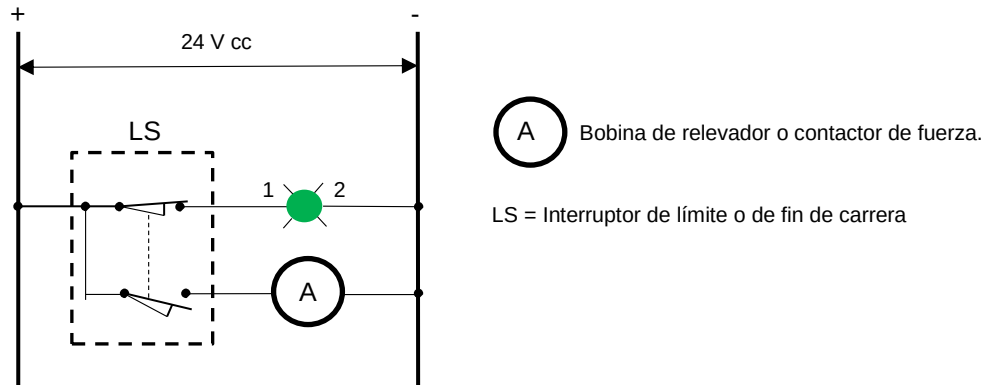


Figura 2.11 Circuito de control con interruptor de límite.

• Equipos y materiales utilizados.

1. Fuente de energía de ca.
2. Fuente de energía de cc.
3. Luces indicadoras.
4. Interruptor de límite o de fin de carrera.
5. Cables de conexión

• Procedimiento.

2.25 Implemente el circuito de control con interruptor de limite (3149-02), como se muestra en el diagrama siguiente:

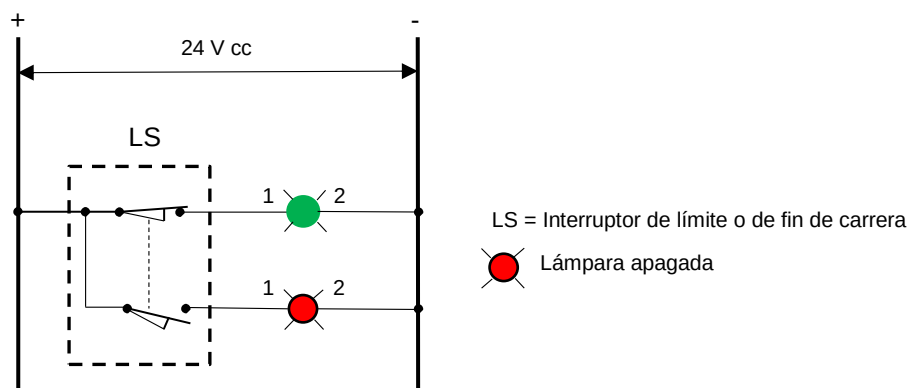


Figura 2.12 Circuito de control de dos lámparas con interruptor de límite.



Figura 2.13 Circuito de control de dos lámparas con interruptor de límite.²

2.26 Energice su circuito; suba o baje mecánicamente la palanca del interruptor, ¿Cuál lámpara se enciende y cual se apaga, explique porque?

• **Cuestionario 4.** (cuarta parte, practica 2.1).

1. ¿Cuándo la corriente de la(s) carga(s) conectadas al interruptor de limite, rebasa la ampacidad de sus platinos, ¿Qué solución se puede aplicar para efecto de que los platinos no resulten dañados por el switcheo de estas?
2. ¿Qué es el actuador en un interruptor de limite o de fin de carrera?
3. Explique, ¿Por qué razón los interruptores de proximidad inductivos tienen una distancia de detección corta?

PRÁCTICA Nº 3.1

ARRANCADORES A TENSIÓN PLENA DE DOS Y TRES HILOS, DE CONTROL COMBINADO.

- **Objetivo.**

Aprender a implementar un control de arranque electromecánico a tensión plena, para un motor trifásico de c.a. tipo rotor Jaula de Ardilla, mediante un controlador electromecánico de *dos y tres hilos*.

- **Principios genéricos.**

El arranque de motores eléctricos debe efectuarse de forma segura, la norma NOM-1, hace observancia que aquellos motores de capacidades eléctricas inferiores a 1 H.P. y fraccionarios, pueden ser arrancados a “*tensión plena*” mediante un arrancador manual que incluya protección contra sobrecarga; así también atendiendo la misma normatividad, se establece que, para el arranque de motores de capacidades eléctricas superiores a 1 H.P., deben emplearse arrancadores electromecánicos con dispositivo de protección contra sobrecarga, y dependiendo de su tamaño y voltaje de operación, estos podrán ser del tipo “a *tensión reducida*”.

En el arranque de un motor eléctrico controlado por medio de un arrancador electromecánico, pueden utilizarse para el control de mando (energización, desenergización) un interruptor o bien una estación de botones. En el caso de interruptores, estos pueden ser: de accionamiento por medio de sensores o bien, interruptor automático (de flotador, térmico, de presión, de limite o de fin de carrera, etc.), todos estos capaces de conectar o desconectar la energización de la bobina del contactor o relé de fuerza. Identificándose al circuito con **control de 2 hilos**, sirva de ejemplo, el diagrama siguiente (figura 3.1).

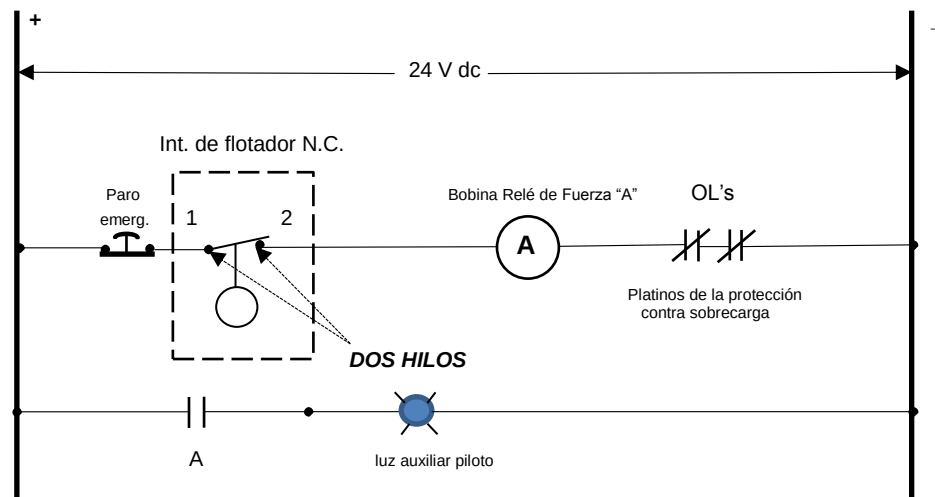


Figura 3.1 Circuito de control de dos hilos.

En el diagrama de escalera siguiente (figura 3.2), se muestra que el control de mando ahora se logra mediante la inserción de una estación de botones de acción momentánea, el primero NC para el control de paro, y un segundo NA par el control de arranque, identificándose a este arreglo como, **control de tres puntos**.

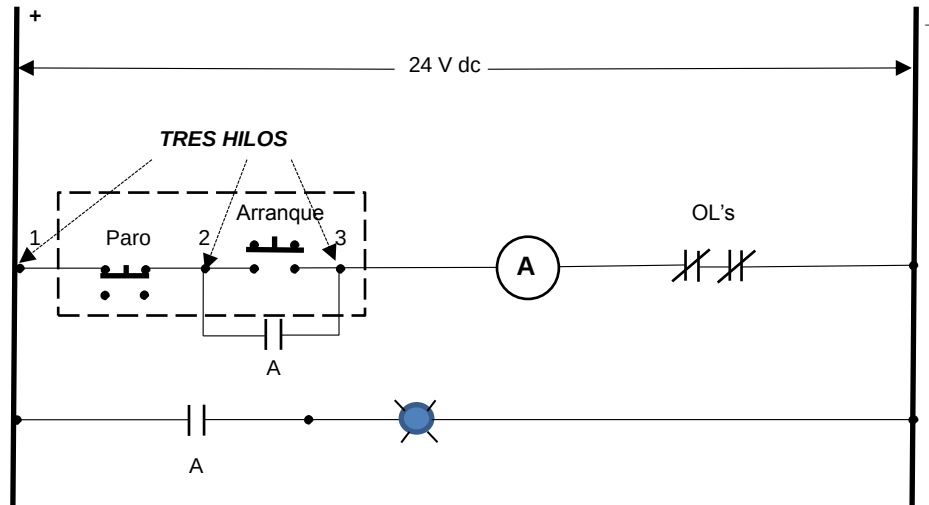


Figura 3.2 Circuito de control de tres hilos.

En los controladores de **2 puntos** (mediante interruptores), la energización o desenergización del circuito, será dependiente del accionamiento del interruptor a condición cerrada o abierta, sea su accionamiento manual o automático, controlándose así, la energización o desenergización de la bobina del contactor o relé de fuerza a través del cual se permite el arranque o paro del motor.

En los controladores de **3 puntos** (por medio de botonera), el control de arranque del motor se logra mediante el pulsado momentáneo del botón de arranque NA, permitiéndose la energización de la bobina del contactor o relé de fuerza del motor, pudiendo enclavarse el circuito si se conecta a los terminales del mismo botón un platino auxiliar NA (en conexión paralela). De encontrarse en condición energizada el circuito, al pulsado momentáneo del botón de paro, la continuidad de corriente se interrumpirá, operándose la desenergización de la bobina del contactor o relé de fuerza, abriéndose el platino auxiliar de enclave, parando el motor.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Módulo de bloqueo.
2. Fuente de energía de ca.
3. Transformador de control.
4. Interruptor selector de tres posiciones.
5. Botones pulsadores.
6. Botón de emergencia.

7. Motor de c.a. Jaula de ardilla.
8. Relé de sobrecarga.
9. Cables de conexión

- **Procedimiento.**

3.1 Implemente el circuito de control de dos hilos mediante el empleo de un interruptor selector de dos posiciones e interruptor de emergencia (de acción permanente), como se muestra en el diagrama de la figura 3.3

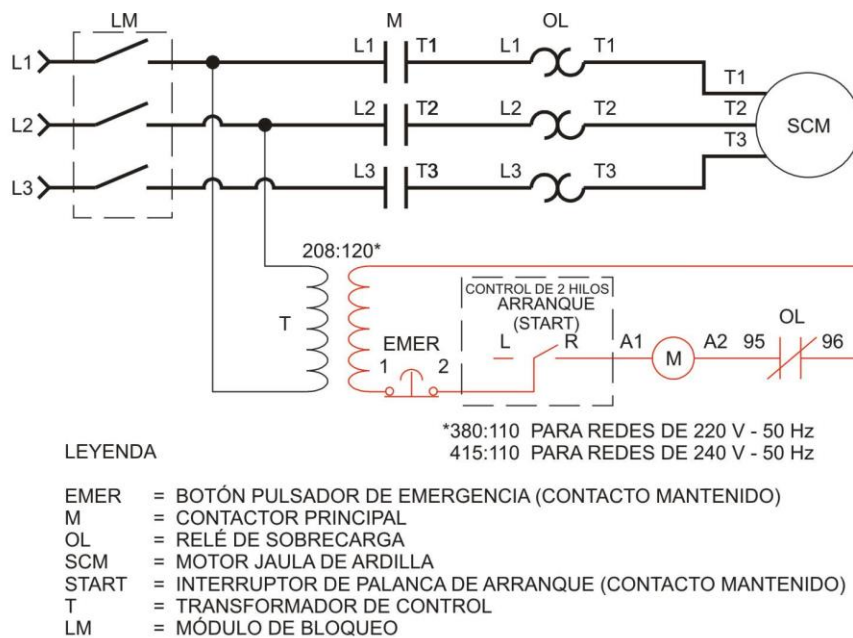


Figura 3.3 Circuito de control de dos hilos.²

3.2 Energice su circuito; mueva anualmente la manija selectora del interruptor de su posición izquierda “0” a posición hacia la derecha a posición “R” ¿Qué observa que sucede?, explique, ¿Qué sucede si regresa la palanca a posición “0” o “L”?

3.3 Una vez arrancado su motor, (interruptor en posición “R”), pulse el botón de emergencia, ¿Qué sucede?, explique.

- 3.4 Implemente el circuito de control de tres hilos mediante el empleo de un juego de botones pulsadores (acción momentánea), como se muestra en el diagrama de la figura 3.4.

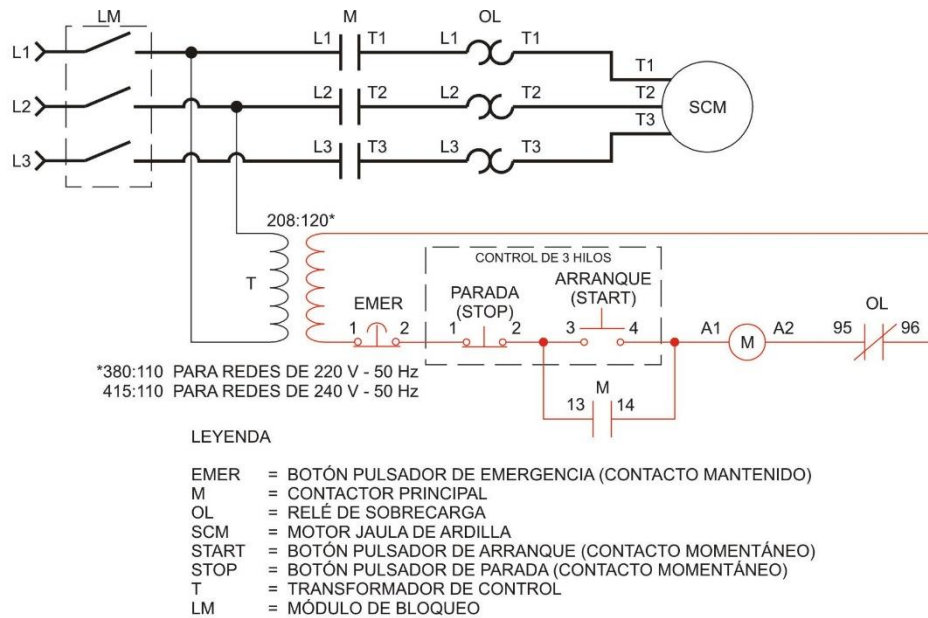


Figura 3.4 Circuito de control de tres hilos.²

- 3.5 Energice su circuito; mueva anualmente, pulse el botón NA de arranque del motor, ¿Qué observa que sucede?, explique, ¿Qué sucede si pulsa el botón NC de paro?

- 3.6 Una vez arrancado su motor, pulse el botón de emergencia, ¿Qué sucede?, explique.

• **Cuestionario.** (practica 3.1).

1. En el circuito de control de dos hilos, ¿Qué funciones desempeña el botón de emergencia?

2. En el circuito de control de dos hilos, ¿se pudiera substituir el interruptor selector de tres posiciones por algún otro interruptor de accionamiento automático?, de ser posible, ¿cómo cuál sería este?
3. En el circuito de control de tres hilos, ¿qué función desempeña el relé de sobrecarga?
4. En el circuito de control de tres hilos, ¿qué sucede si no se conecta el platino auxiliar NA del relevador Relé de fuerza “A”?
5. En el circuito de control de tres hilos, ¿qué sucede si la protección contra sobrecarga se encuentra accionada o disparada?

PRÁCTICA Nº 3.2

ARRANCADORES CON FRENO DE FRICCIÓN, MARCHA LENTA Y CON INVERSIÓN DE GIRO.

- **Objetivo.**

Aprender a implementar circuitos de control electromecánico para motores trifásicos con control de arranque, marcha lenta y frenado.

- **Principios genéricos (primera parte).**

El control de frenado de un motor, resulta de gran utilidad en aplicaciones tales como, grúas para el levantamiento de cargas, elevadores, montacargas, grúas viajeras, etc. Los frenos de fricción o magnéticos (como también se les conoce), son equipos básicamente compuestos por un solenoide, un mecanismo de resorte, un juego de zapatas y un disco volante (semejante al de un automóvil). De forma práctica, el frenado del motor se logra cuando el motor se desenergiza, por esta razón también se le conoce como freno de seguridad, freno aplicado por resorte o freno liberado eléctricamente. Al desenergizarse el motor, (por la conexión paralela del solenoide con los terminales del motor), a la par se desenergiza el solenoide del freno, permitiendo que el mecanismo de resorte quede liberado ejerciéndose presión mecánica en las zapatas y estas sobre el disco volante acoplado a la flecha del motor, manteniéndose frenado el motor por defecto. En otro orden, al energizarse el motor, a la par se energiza el solenoide, restringiéndose la presión mecánica sobre las zapatas de fricción, liberándose el frenado del disco volante, permitiendo así, el libre giro del motor. En la figura siguiente se muestra la forma de conexión del solenoide del freno de fricción.

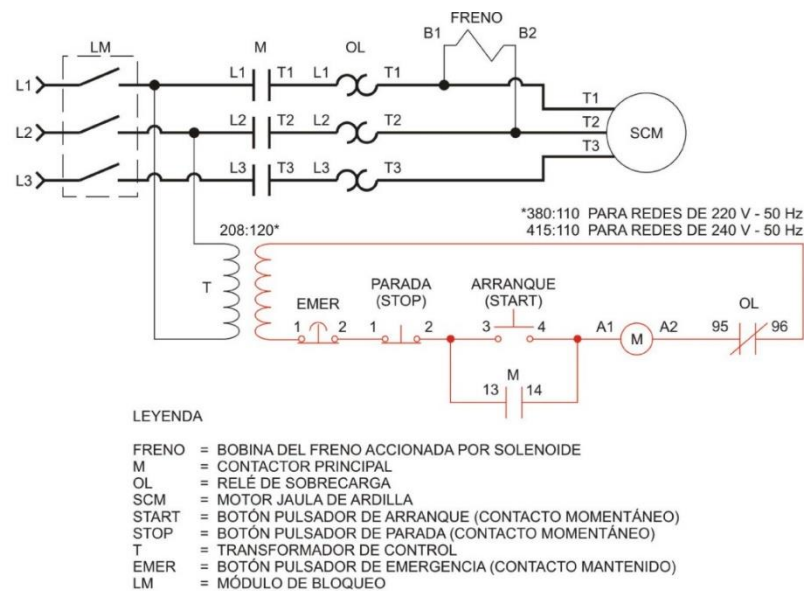


Figura 4.1 Arrancador trifásico con freno de fricción.²

- **Principios de aplicación.**

Para propósitos de acoplar el freno de fricción, previamente se debe energizar el solenoide para hacer factible su montaje. En el esquema siguiente, se muestra la imagen del freno de fricción modelo 3176-A del laboratorio de Controles Eléctricos.

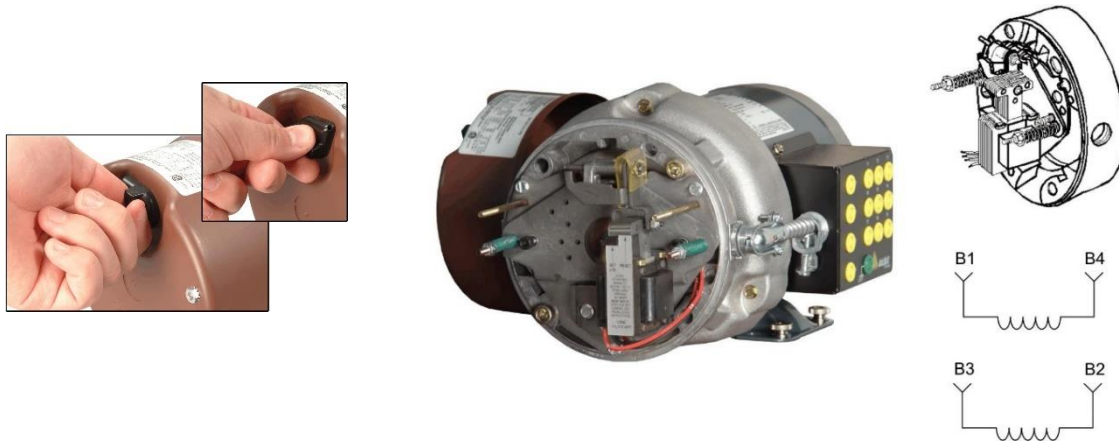


Figura 4.2 Freno de fricción.²

Para facilitar el montaje del freno de fricción a la flecha del motor, coloque la perilla de la carcasa exterior en posición de “*Desacoplar (Release)*”, y una vez sujeto, regrese la perilla a posición “1” “Acoplado o Aplicado”.

En la instalación de un freno de fricción a un motor, es importante conocer el par de frenado necesario, ya que, en todos los casos, este debe ser igual o mayor el par torque del motor a plena carga. El par torque de un motor, puede calcularse por medio de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{K \times P}{N} \times SF$$

donde: T = Par del motor a plena carga en N*m (lb*pie)
 K = Constante de conversión = 9549 (5252)
 P = Potencia nominal del motor en Kw (H.P.)
 N = Velocidad del motor en RPM
 SF = Factor de Servicio del motor

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Módulo de bloqueo.
2. Fuente de energía de ca.
3. Transformador de control.
4. Relé de fuerza.
5. Motor jaula de ardilla.

6. Estación de botones pulsadores NA-NC (contacto momentáneo).
7. Botón pulsador NA (control de marcha adelante).
8. Botón pulsador NA (control de marcha en reversa).
9. Botón pulsador de emergencia (contacto sostenido).
10. Interruptor manual de dos posiciones.
11. Freno de fricción.
12. Relé de sobrecarga.
13. Cables de conexión.

- **Procedimiento.**

Con el propósito de facilitar la comprensión del funcionamiento de un circuito de control de un motor con freno de fricción, se propone la realización de dos ensayos. En el primero se deberá habilitar un circuito de control de arranque y paro por medio de dos botones pulsadores NA y NC, relativamente semejante al de un arrancador de tres hilos, con la diferencia de que, en el circuito de enclave, se conecta un interruptor selector de operación manual con el fin de poder controlar el enclave del relé de fuerza, pudiendo así operar el botón de arranque para dos funciones, sean estas las de arranque con marcha sostenida o bien, con marcha lenta (marcha en Jog o momentánea mientras se sostenga pulsado el botón de arranque). El segundo ensayo refiere al circuito de control de arranque reversible, con control de marcha sostenida y con control de marcha lenta (Jog).

4.1 Acople el sistema del freno de fricción a la flecha del motor, recuerde que, para facilitar su montaje, deberá posicionar la perilla externa a posición "0" de "Desacoplado" y una vez montado y sujeto, regrese la perilla a la posición "1" o "Acoplado". Implemente el circuito de control que se muestra en la figura 4.3, para el arranque del motor trifásico con control de marcha selectible, para marcha sostenida y para marcha lenta (Jog).

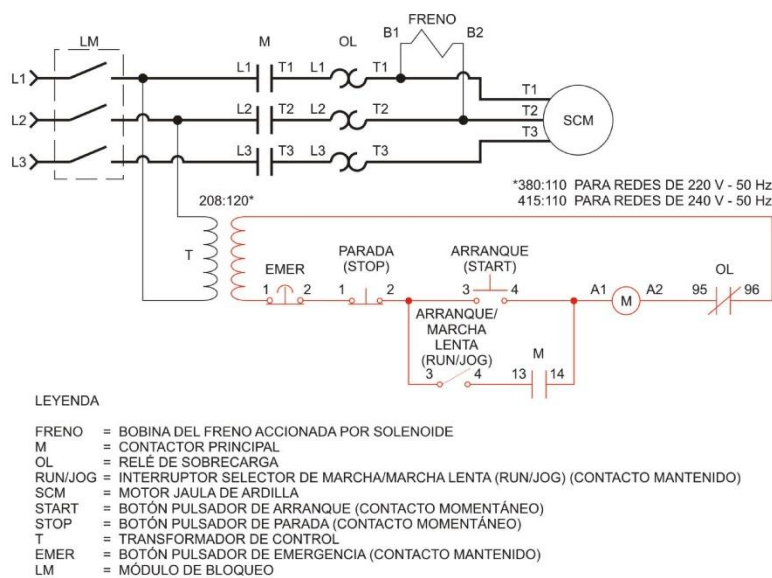


Figura 4.3 Arrancador de motor trifásico con control selectible de marcha sostenida y lenta (Jog).²

- 4.2 Con el interruptor selector manual en la posición de circuito cerrado, energice su circuito y pulse momentáneamente el botón de arranque, ¿Qué observa que sucede?, explique, ¿Qué sucede si pulsa el botón de paro NC o el botón de emergencia? Tome el tiempo que toma el motor desde el momento de su desenergización hasta el reposo (cero RPM).

- 4.3 Ahora bien, en condición desenergizada (módulo de bloqueo), trate de girar la flecha del motor, ¿Es posible girar la flecha del motor?, explique porqué.

- 4.4 Posicione el interruptor selector manual a la posición de circuito abierto, energice su circuito y pulse momentáneamente el botón de arranque, ¿Qué observa que sucede?, se mantiene girando el motor?, ¿cuánto tiempo toma el motor desde el momento de su desenergización hasta el reposo (cero RPM) ?, explique el porqué del comportamiento del sistema.

• **Cuestionario.** (primera parte, practica 3.2).

1. En caso de un corte de energía, ¿Se perdería el frenado del motor?
2. ¿En qué casos se puede instalar un freno de fricción de par de frenado menor al par torque del motor a plena carga?
3. En el circuito de control, ¿Se pudiera substituir el interruptor selector de dos posiciones por algún otro interruptor de accionamiento automático?, de ser posible, ¿cómo cuál sería este?
4. En el circuito de control, ¿qué sucede si no se conecta el platino auxiliar NA del Relé de fuerza "A"?
5. En el circuito de control, ¿qué sucede si la protección contra sobrecarga se encuentra accionada o disparada?

- **Principios genéricos (segunda parte).**

Antes de abordar el desarrollo de un segundo ensayo relacionado con arrancadores reversibles y frenado, es interesante recordar la forma de lograr la inversión de giro de un motor por medio del cambio en la secuencia de fases de los voltajes alimentados. En el oscilograma siguiente, se muestra de forma instantánea las señales de voltajes de fase (V_{L-N}) y los correspondientes medidos entre fases o líneas, de una señal trifásica.

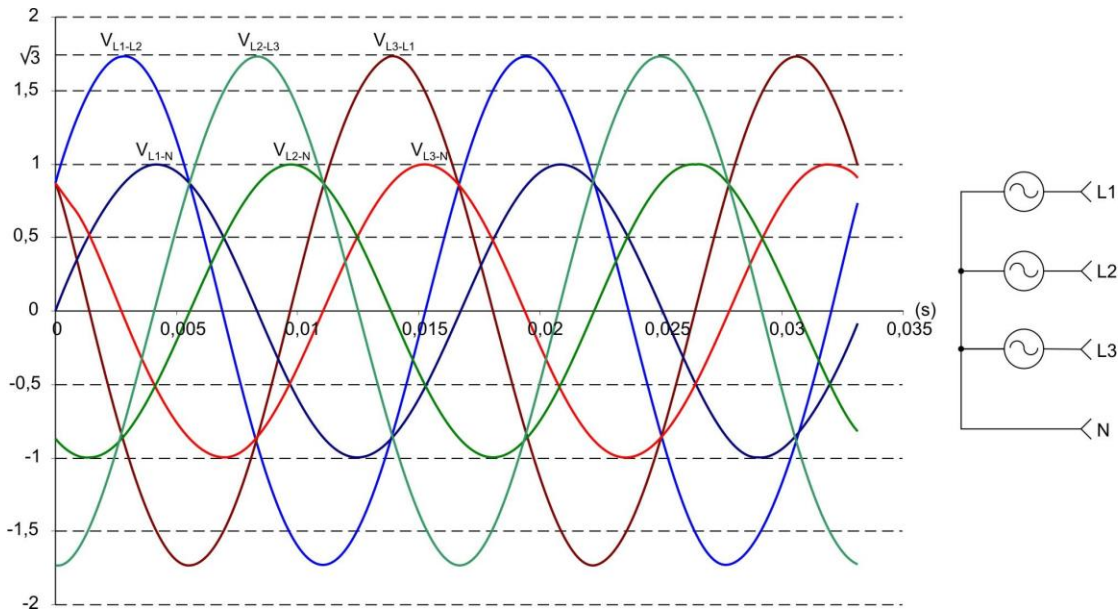


Figura 4.4 Oscilograma de señal de voltajes trifásicos.²

Si en la señal monitoreada, los voltajes de línea a neutro son correspondientes a una identidad $V_{fA} = V_{L1-N}$, $V_{fB} = V_{L2-N}$ y $V_{fC} = V_{L3-N}$, en el orden en que aparecen en el tiempo positivo a partir de $t = 0$ segundos, la secuencia de fases se identifica como positiva (+) o secuencia “ABC”. De alimentarse estos voltajes a terminales correspondientes $V_{fA} - T_1$, $V_{fB} - T_2$ y $V_{fC} - T_3$, se debe esperar que el motor gire en sentido manecillas del reloj, debido a que las interacciones magnéticas internas en el motor se establecerán con un sentido de barrido igual al de los voltajes alimentados, tomando en cuenta la disposición física de los devanados de fase en lo individual dentro de la carcasa de la máquina. En otro orden, si la alimentación al motor se establece con transposición de dos de sus fases, la secuencia de fases cambiara de secuencia positiva ABC a secuencia negativa “ACB”, esto es por ejemplo si el orden de alimentación se establece $V_{fA} - T_2$, $V_{fB} - T_1$ y $V_{fC} - T_3$, esperando que el sentido de giro del motor resulte ahora contramanecillas del reloj. En la práctica es también común encontrar que, en arrancadores reversibles para el cambio de giro, se opere la transposición de las fases “A” por “C”. En general se puede decir que la transposición de cualesquiera de dos de las tres fases, dará lugar al cambio de la secuencia de fases alimentadas y en consecuencia se logrará la inversión del giro del motor.

- **Principios de aplicación.**

Los arrancadores reversibles se construyen con contactores o relevadores de fuerza con protección mecánica contra energización simultánea, con el propósito de descartar la posibilidad de que por falla eléctrica (platinos pegados), pudiese operarse el cierre de ambos relés, provocando un corto circuito en los terminales de la fuente. La protección mecánica se provee mediante un juego de clips acoplados a los núcleos móviles de los relés, de tal suerte que, al cierre o movilidad de uno de ellos, el otro queda en condición trabada sin opción de movilidad. En el esquema siguiente se muestra la conformación del equipo desacoplado y acoplado modularmente.

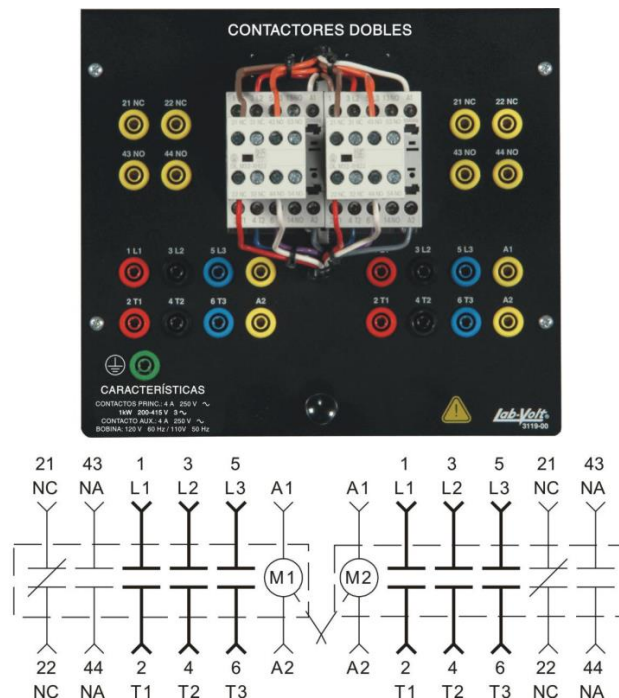
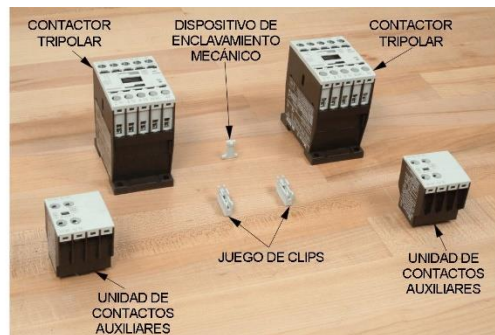


Figura 4.5 Juego de Contactores o Relés de fuerza con protección mecánica.²

- **Procedimiento.**

4.5 Implemente el circuito de control que se muestra en la figura 4.6, para el arranque reversible de un motor trifásico con control de marcha manual selectible, para marcha sostenida y para marcha lenta (Jog).

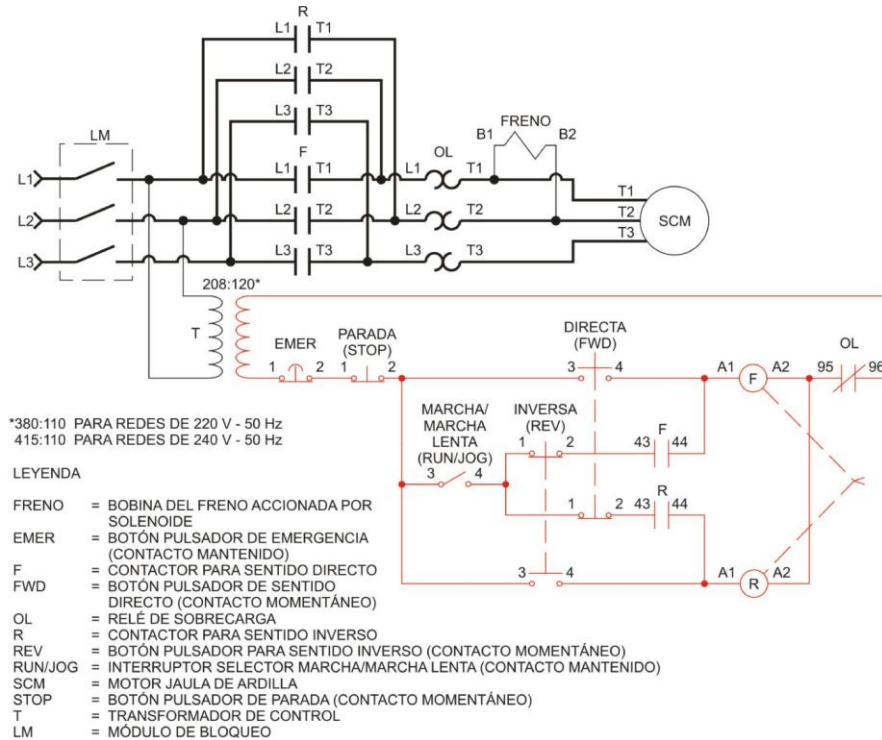


Figura 4.6 Diagrama de fuerza y control de un arrancador trifásico reversible con freno de fricción.²

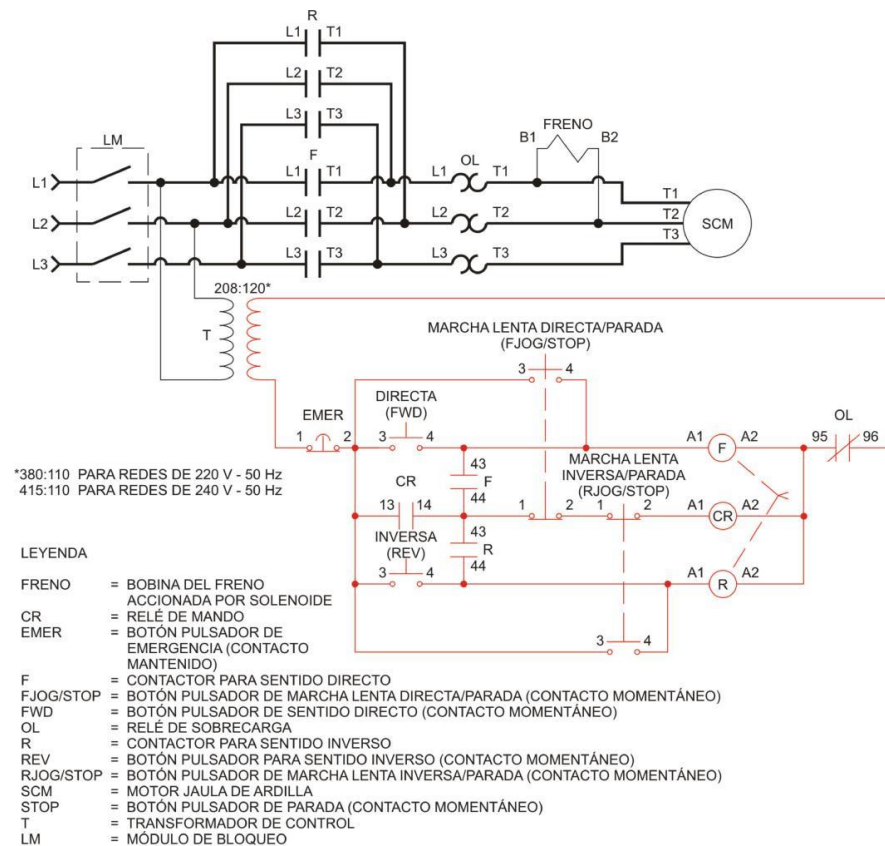
4.6 Con el freno de fricción acoplado a la flecha del motor y con el interruptor manual selectible en la posición de *cerrado*, energice su circuito y pulse momentáneamente el botón de arranque en *marcha adelante o directa*. ¿Qué observa que sucede?, explique, ¿Qué sucede si pulsa el botón de paro NC o el botón de emergencia? Tome el tiempo que toma el motor desde el momento de su desenergización hasta el reposo (cero RPM).

4.7 A partir del estado de reposo del motor, pulse el botón de *marcha en reversa*, una vez que el motor se encuentra rodando a su velocidad nominal, pulse el botón de *marcha adelante o directa*. ¿Qué sucede?, ¿Por qué no se requiere pulsar el botón de paro previamente a operar el cambio de giro?, explique.

- 4.8 Con el freno de fricción acoplado a la flecha del motor y con el interruptor manual selectible en la posición de *abierto*, energice su circuito y pulse (en distintos tiempos) los botones de *marcha adelante* y *de reversa* ¿Qué sucede cuando suelta el pulsado de los botones? ¿Qué observa que sucede?, explique.

• **Cuestionario.** (segunda parte, practica 3.2).

1. En el empleo de arrancadores reversibles, ¿En qué casos es recomendable instalar frenos de fricción?
2. ¿Qué diferencias operativas encuentra entre el circuito del arrancador de la figura 4,6 y el arrancador reversible siguiente?



3. ¿Que otro tipo de protección, es comúnmente utilizable para proteger el circuito de control reversible contra una energización simultanea de los relés de mando de marcha adelante y reversa?

ARRANCADORES A TENSIÓN REDUCIDA.

- **Objetivo.**

Aprender a implementar circuitos de control electromecánico para motores trifásicos con control de arranque a tensión reducida.

- **Principios genéricos.**

Por sus características de funcionamiento, los motores de inducción, son máquinas de respuesta dinámica inmediata. A partir del instante de su energización, se crea una interacción magnética entre sus devanados inductor e inducido (Jaula de ardilla o de Rotor devanado), generándose un gran par torque en la flecha del motor, observándose que, a partir del reposo (cero RPM), la fuerza contraelectromotriz es nula, de aquí entonces, el porqué de la gran demanda de corriente de arranque a partir de su energización. La fuerza contraelectromotriz, limitadora de la corriente en demanda, toma valores crecientes en función de la velocidad, entendiéndose que, en la medida del incremento de velocidad, las corrientes alimentadas disminuirán. El arranque de motores de baja capacidad puede operarse a *Tensión Plena*, mas no así, el arranque de motores de gran capacidad. El tiempo que toma un motor de gran capacidad a partir de su estado de reposo hasta alcanzar su velocidad nominal, está en función de su capacidad y del nivel de carga con el cual se arranque. Los picos de altas corrientes de arranque, pueden alcanzar valores hasta de 6 veces la corriente nominal del motor, ocasionando disturbios en la red y daños o mal funcionamiento de otras cargas derivadas del mismo alimentador (independientemente de los altos costos de energía por altas demandas). Para propósitos industriales, existen diferentes tipos de arrancadores a *Tensión Reducida*, su empleo logra reducir o amortiguar los efectos dañinos que ocasiona el arranque de motores de gran capacidad, en este orden, se pueden citar de principio los más sencillos, nómbrense de “*dos etapas*” aquellos que de forma manual o automática intercalan un dispositivo limitador de corriente en el arranque y en segunda etapa, por puenteo en circuito corto, eliminan el dispositivo limitador, alimentando a voltaje pleno el motor. La selectividad de los dispositivos limitadores estará en función de sus características de amortiguación de corriente por caída de voltaje, en este orden se emplean dispositivos limitadores de corriente como *Resistores*, *Inductores de choque* y *Autotransformadores*. Algunos motores por el diseño especial de su devanado inductor, es factible su arranque mediante la conexión parcial del devanado inductor en primera etapa (*Arrancadores de bobina partida*) y transcurrido un tiempo ajustado, se conecta el devanado completo. Así también y para motores de diseño especial, pueden emplearse *Arrancadores Estrella – Delta*, en este tipo de arrancador, se configura una conexión estrella del devanado inductor (arranque) en primera etapa, reconfigurándose el devanado en conexión Delta (trabajo) en segunda etapa. Con igual propósito, también pueden emplearse *Arrancadores de Estado Sólido* y *Variadores de Frecuencia*, en los del tipo Estado Sólido, el voltaje alimentado es regulado electrónicamente desde bajos voltajes hasta alimentar el voltaje pleno. En los arrancadores Variadores de Frecuencia (Drivers), el control de corriente se logra mediante la alimentación regulada de voltaje y la frecuencia.

En la práctica y en casos del arranque de motores de gran capacidad, se hace necesario implementar arrancadores a tensión reducida de más de dos etapas, en estos, el número de dispositivos limitadores o reconexiones limitadoras (Estrella – Delta) se crece, acorde a las necesidades de escalar la corriente de forma controlada (en el tiempo) en la medida de la respuesta dinámica del motor.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Módulo de bloqueo.
2. Fuente de energía de ca.
3. Transformador de control.
4. Arrancador manual con protección contra sobrecarga integrada.
5. Relé de fuerza.
6. Motor jaula de ardilla.
7. Botón pulsador de emergencia (contacto sostenido).
8. Interruptor selector manual de dos posiciones.
9. Freno de fricción.
10. Resistores primarios
11. Cables de conexión.

- **Procedimiento.**

Para el estudio y aplicaciones de arrancadores a tensión reducida, se propone el análisis de dos circuitos; en el primero, el análisis se refiere al comportamiento de un motor de inducción de rotor Jaula de Ardilla en condición a rotor bloqueado; en el segundo, el análisis se centra en la medición de corrientes y voltajes de arranque limitados por medio de resistores.

- 5.1 En la flecha del motor, instale el freno de fricción y la rueda volante de inercia. Habilite el circuito de control de arranque manual que se muestra en la figura 5.1. Disponga en posición “0” (abierto) la perilla del arrancador manual.

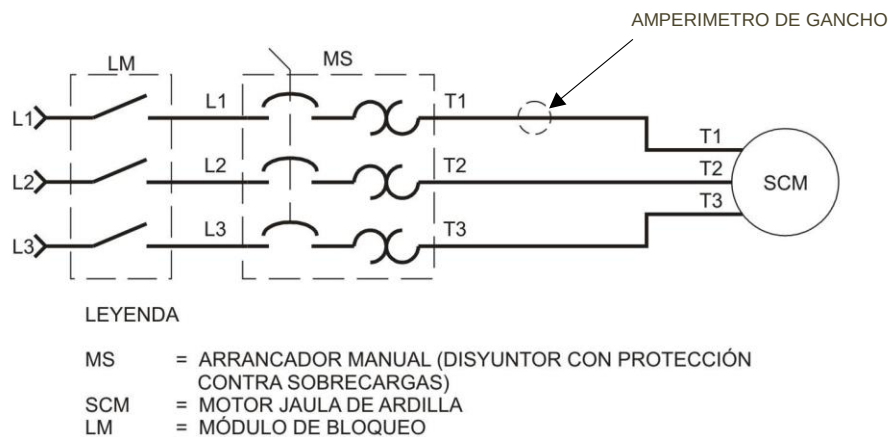


Figura 5.1 Arrancador manual a tensión plena.²

5.2 Con el freno de fricción aplicado, disponga un amperímetro de gancho en una de las líneas alimentadoras del motor, bajo estas condiciones, energice su circuito mediante el módulo de bloqueo. Opere la perilla del arrancador manual a posición “1” (cerrado), mida la corriente instantánea (Peak) de arranque por un tiempo no mayor de 3 segundos, opere inmediatamente la perilla del arrancador manual a posición “0” (abierto). Calcule la corriente nominal del motor y evalúe el nivel de corriente de arranque medido. ¿Cuántas veces la I_{nominal} ? _____

5.3 Ahora bien, con el freno de fricción aplicado, la rueda volante de inercia instalada, con el módulo de bloqueo abierto, el interruptor selector de marcha en condición abierto y la perilla del arrancador manual en posición “0” (abierto), implemente el circuito siguiente,

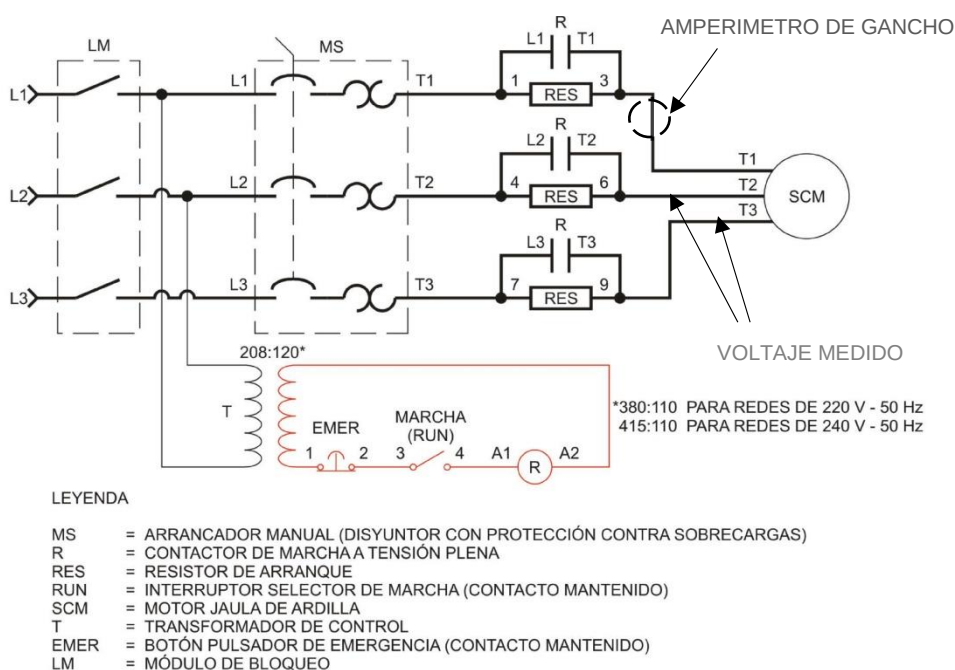


Figura 5.2 Arrancador manual a tensión reducida por medio de resistores primarios.²

5.5 Con el freno de fricción aplicado, energice su circuito a través del módulo de bloqueo, opere la perilla del arrancador manual a posición “1” (cerrada), mida el voltaje y la corriente (Peak) instantánea de arranque por un tiempo no mayor de 3 segundos, opere la perilla del arrancador manual a posición “0” (abierto). Evalúe el nivel de corriente de arranque medido. ¿Cuántas veces la I_{nominal} ? _____. Explique porque se redujo la corriente de arranque.

5.5 Bajo condición desenergizado, desacople manualmente el freno de fricción, opere el interruptor selector manual de dos posiciones a condición abierto, energice su circuito a través del módulo de bloqueo, opere la perilla del arrancador manual a posición “1” (cerrada), mida el voltaje y la corriente instantánea de arranque por un tiempo no mayor de 3 segundos, opere el interruptor selector manual de dos posiciones a condición cerrada, mida el voltaje y la corriente (alimentación a voltaje pleno). Desenergice su circuito operando de principio la apertura del arrancador manual y por último el módulo de bloqueo. ¿Cuál fue la demanda de corriente en el arranque con los resistores intercalados? _____ y ¿Qué valor de voltaje midió? _____ ¿Cuál fue la corriente medida sin los resistores? _____ y ¿Qué valor de voltaje midió _____? Explique, ¿porque se redujo la corriente y el voltaje en los terminales del motor, cuando el interruptor selector se dispuso abierto?

• **Cuestionario.** (practica 3.3).

1. ¿En qué tiempo se deben puentear los dispositivos limitadores de corriente en un arrancador de dos etapas?
2. ¿Cuál es el nivel de corriente máxima permisible en el arranque de un motor, y por cuánto tiempo?
3. ¿Qué diferencias se pueden mencionar entre el empleo de dispositivos limitadores *Resistores, Inductores de Choque y/o Autotransformadores*?
4. En un motor de 24 terminales (dos grupos polares de bobinas por fase), ¿Cuántas etapas de arranque pudieran determinarse para un arranque controlado en conexiones Estrella Delta?
5. Configure el circuito de un arrancador a tensión reducida, para un motor de tres terminales con dos autotransformadores.

ARRANCADORES A TENSIÓN REDUCIDA CON RELÉS TEMPORIZADOS.

- **Objetivo.**

Aprender a implementar circuitos de control electromecánico para motores trifásicos con arranque a tensión reducida, controlados con relés temporizados.

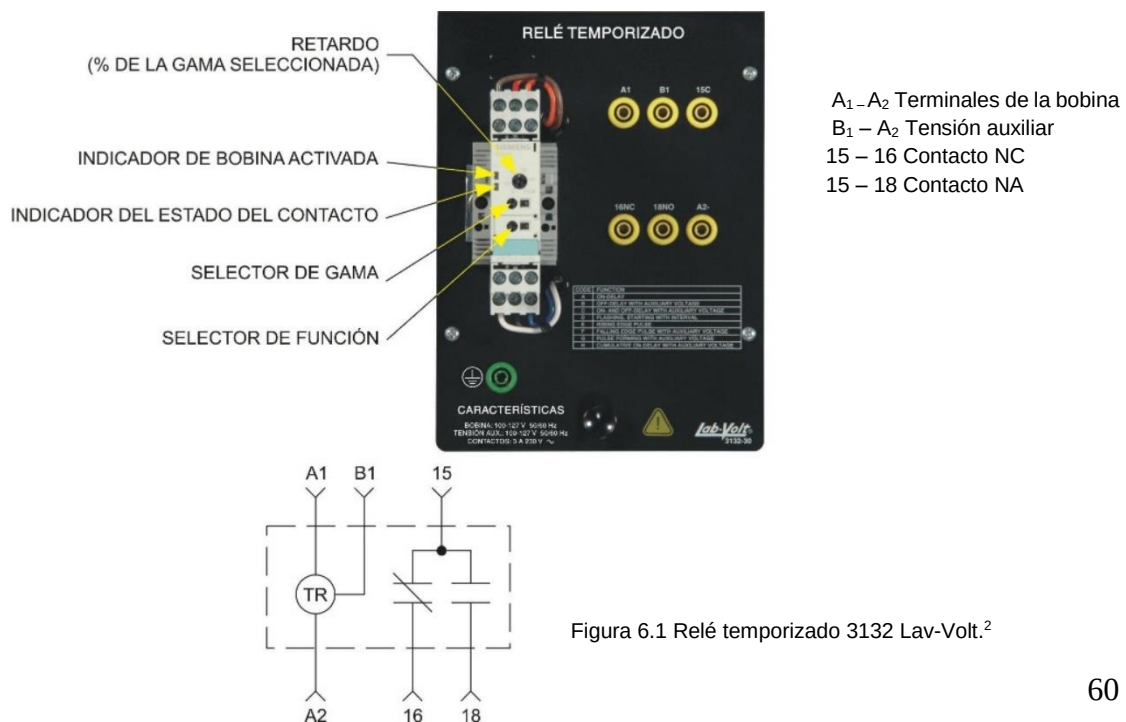
- **Principios genéricos.**

Los relés temporizados, son dispositivo de empleo en todos aquellos circuitos de control de motores donde se requiere diferir en tiempo real, la conexión o desconexión de algún otro componente o dispositivo.

Para uso industrial, en el mercado se les puede encontrar en cuatro categorías, sean estas: *Con amortiguamiento fluidico* (controlados en disparo por medio de una válvula de control de flujo de aire o de fluido); *Con reloj sincrónico* (controla la apertura o cierre de platinos en función del tiempo ajustado); *De Estado Solido* (disparo controlado y ajustado por medio de circuito electrónico); *Programable* (el disparo es controlado y coordinado por medio de programación de un PLC.).

- **Principios de aplicación.**

En el esquema siguiente (figura 4.9), se muestra la caratula del relevador temporizado modelo 3132 LAV-Volt del laboratorio de Controles Eléctricos, este dispositivo es clasificable en la categoría de relés de estado sólido.



Como se observa el dispositivo es provisto de tres potenciómetros, por medio de los cuales se puede ajustar:

- El tiempo de la gama o retardo de disparo (0 – 20 Segundos).
- El ajuste % de la gama de retardo (30% - 100%).
- El Código de la función (A -> H).

En la tabla siguiente, se describen las significancias operacionales, relacionadas con los correspondientes códigos:

FUNCIÓN	CÓDIGO	OPERACIÓN
Retardo para activar (ON-DELAY)	A	El contacto NA se cierra “t” segundos después de que se energiza la bobina. No se requiere tensión auxiliar
Retardo para desactivar (OFF-DELAY WITH AUXILIARY VOLTAGE)	B	El contacto NA se cierra al aplicar tensión auxiliar a la bobina, y abrirá en “t” segundos después de que se deja de aplicar. La bobina permanece energizada.
Retardo para activar y desactivar. (ON- AND OFF-DELAY WITH AUXILIARY VOLTAGE)	C	Combinación de las dos funciones, retardo para activar y retardo para desactivar en “t” segundos. La bobina permanece energizada.
Intermitente. (FLASHING, STARTING WITH INTERVAL)	D	El contacto NA abre y se cierra a intervalos iguales de “t” segundos, después de que la bobina se energiza. No se requiere tensión auxiliar
Pulso con flanco ascendente. (RISING EDGE PULSE)	E	El contacto NA se cierra para “t” segundos, al energizarse la bobina. No se requiere tensión auxiliar. La bobina permanece energizada.
Pulso con flanco descendente. (FALLING EDGE PULSE WITH AUXILIARY VOLTAGE)	F	El contacto NA se cierra para “t” segundos, al desenergizarse la bobina. No se requiere tensión auxiliar. La bobina permanece energizada.
Pulso auxiliar con flanco descendente. (PULSE FORMING WITH AUXILIARY VOLTAGE)	G	El contacto NA se cierra en “t” segundos al energizarse la bobina auxiliar. La bobina permanece energizada.
Retardado para acumulativo. (CUMULATIVE ON- DELAY WITH AUXILIARY VOLTAGE)	H	El contacto NA se cierra al energizarse la bobina auxiliar, permaneciendo energizada un tiempo de “t” segundos, abriéndose la próxima vez que la bobina se desenergiza. La bobina permanece energizada.

Tabla 6.1 Códigos operacionales del Relé temporizado 3132 Lav-Volt.

En esta práctica se ensayarán dos circuitos de arranque a tensión reducida, uno empleando resistores primarios y el segundo referirá a un arrancador Estrella – Delta. En ambos casos se utilizará el relé temporizado 3132 Lav-Volt para comandar el cambio entre etapas a tensión reducida y a tensión plena.

El primer ensayo refiere al arranque de un motor trifásico a tensión reducida, con control de mando mediante una botonera (arranque – paro). En primera etapa, el circuito se energizará al pulsado momentáneo del botón de arranque, permitiendo la energización de un relé de fuerza “A” (con platino auxiliar de enclave). Se emplean como limitadores de la corriente de arranque, elementos Resistores primarios (primera etapa), y transcurrido el tiempo de ajuste, la eliminación de los resistores se efectuará por disparo del relevador temporizado “RT₁” comando de energización de un segundo contactor de fuerza “B”.

En el segundo ensayo, se estudia un arrancador a tensión reducida tipo *Bobina parcial*, para un motor trifásico de 9 terminales, en este caso, el relé temporizado comandará la conexión de la segunda parte del devanado inductor, una vez transcurrido el tiempo de ajuste.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Módulo de bloqueo.
2. Fuente de energía de ca.
3. Transformador de control.
4. Relé de fuerza con platinos auxiliares.
5. Relé de mando o de control.
6. Motor jaula de ardilla de 9 terminales.
7. Estación de botones pulsadores NA-NC (contacto momentáneo).
8. Botón pulsador de emergencia (contacto sostenido).
9. Relé de sobrecarga.
10. Relé temporizado.

- **Procedimiento (primera parte).**

El primer ensayo refiere al arranque de un motor trifásico a tensión reducida, con control de mando mediante una botonera (arranque – paro). En primera etapa, el circuito se energizará al pulsado momentáneo del botón de arranque, permitiendo la energización de un relé de fuerza “M” (con platino auxiliar de enclave), arrancando el motor y limitándose la corriente de arranque por medio de Resistores primarios (primera etapa), y transcurrido el tiempo de ajuste (“x” segundos), la eliminación de los resistores se efectuará por disparo del relevador temporizado “RT₁” comando de la energización de un segundo contactor de fuerza “R” el cual por medio del cierre de sus platinos “R” NA permitirá la alimentación del motor a voltaje pleno.

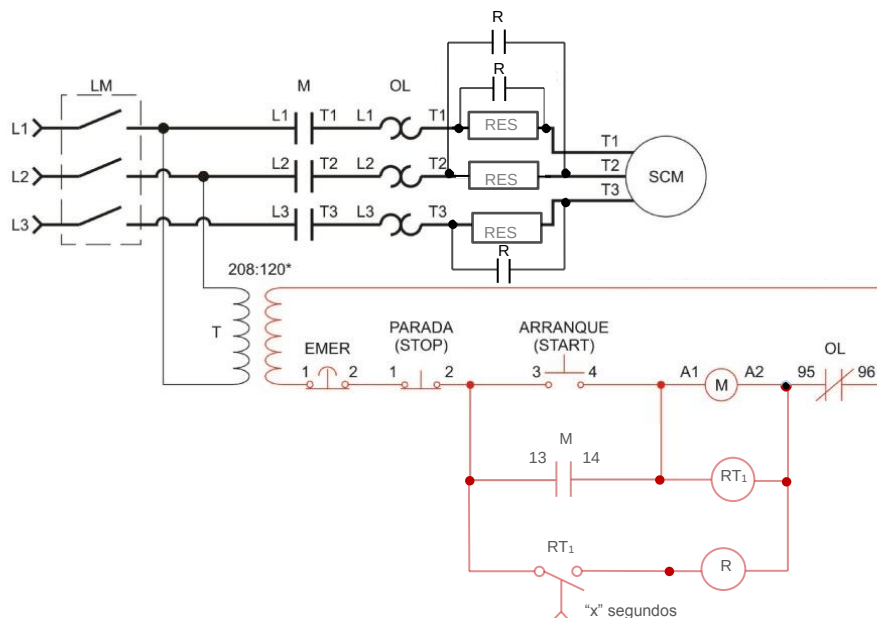


Figura 6.2 Arrancador a tensión reducida por medio de resistores primarios, con control de mando de tres hilos.

- 6.1 Implemente el circuito de control y fuerza de la figura 6.1, correspondiente al controlador de arranque a tensión reducida (dos etapas, con limitación de corriente por medio de resistores primarios, regulando el tiempo de puenteo de los resistores mediante el empleo de un relevador temporizado).
- 6.2 Previamente a la energización de su circuito, efectué los siguientes ajustes en los potenciómetros del relé temporizado: el selector de la gama, posicónelo en 10 segundos; el ajuste porcentual de la gama, en 50%; en código de función, seleccione "A" (ON DELAY). Instrumente un amperímetro de gancho y un voltmetro en los terminales del motor.
- 6.3 Energice su circuito primeramente a través del módulo de bloqueo (prepárese para tomar el tiempo a partir del pulsado del botón de arranque), pulse momentáneamente el botón de arranque, monitoree los valores de tiempo (tiempo de disparo del relé temporizado), corriente (Peak) y voltaje medidos en el arranque en primera etapa (a tensión reducida), y los valores de corriente y voltaje en segunda etapa (trabajo a voltaje pleno).
En primera etapa a partir del pulsado del botón de arranque ¿Qué valores de corriente y voltaje fueron medidos? $I_{arr} =$ _____; $V_{Larr} =$ _____,
¿Qué valores de corriente y voltaje fueron medidos en segunda etapa, cuando el motor se alimentó a voltaje pleno? $I_m =$ _____; $V_{Lm} =$ _____
¿En qué tiempo opero el disparo del relé temporizado? $t =$ _____ segundos.
- 6.4 Tomando por base los valores de corriente y voltaje a voltaje pleno, ¿Qué nivel de amortiguamiento se logró comparativamente con respecto a los valores de corriente y voltaje, medidos en la etapa de arranque a voltaje reducido?
- _____
- _____
- _____
- 6.5 El tiempo de disparo del relé temporizado, ¿fué el tiempo ajustado de acuerdo al posicionamiento previo de los potenciómetros? Sí _____ No _____
- 6.6 Con su sistema desenergizado, opere ajustes en el relé temporizado, en el potenciómetro de la gama de retardo y en el potenciómetro de % de la gama de retardo. Opere estos ajustes a valores menores y superiores a los ajustados en el punto 6.2. Repita los puntos 6.3, 6.4 y 6.5 para estos dos nuevos ajustes. En su Reporte de la Practica 3.4, incluya estas nuevas observaciones.

• **Cuestionario.** (practica 3.4, primera parte).

1. ¿Qué factores se deben considerar para efectos de preajustar el relé temporizado previamente al arranque?
2. ¿Cuál sería el tiempo idóneo de ajuste en el relé temporizado, para lograr un arranque adecuado?
3. ¿De qué forma afectaría el arranque del motor, si el número de etapas de arranque se incrementase, considerando la inclusión de más dispositivos

limitadores controlados por respectivos relés temporizados coordinados en sus tiempos de activación?

- **Procedimiento** (segunda parte).

Los arrancadores a tensión reducida tipo Bobina Parcial, únicamente se pueden emplear en motores que en su caja de conexiones presentes cuando menos 9 o 12 terminales de dos grupos polares de bobinas por fase, esto es, por ejemplo, en el esquema de la figura 6.3, se muestra la vista lateral del motor de inducción del laboratorio de Controles Eléctricos, por su diseño, en su caja de conexiones presenta 9 terminales de conexión para operar a baja y alta tensión, en nuestro caso en el laboratorio la fuente de energía de c.a. es de bajo voltaje 208-220 volts, por tanto, la configuración de conexión de trabajo a bajo voltaje se limita a una conexión *Estrella Paralelo*, pero al presentar una configuración de una *Estrella* previamente conectada en la mitad de su devanado, nos facilita el poder implementar un arrancador a tensión reducida tipo Bobina Parcial, energizando en primera etapa, la primera mitad del devanado y en segunda etapa la segunda mitad configurada igualmente en *Estrella*, la cual de acuerdo a su conexión con la primera, el circuito queda conectado en *Estrella Paralelo*.

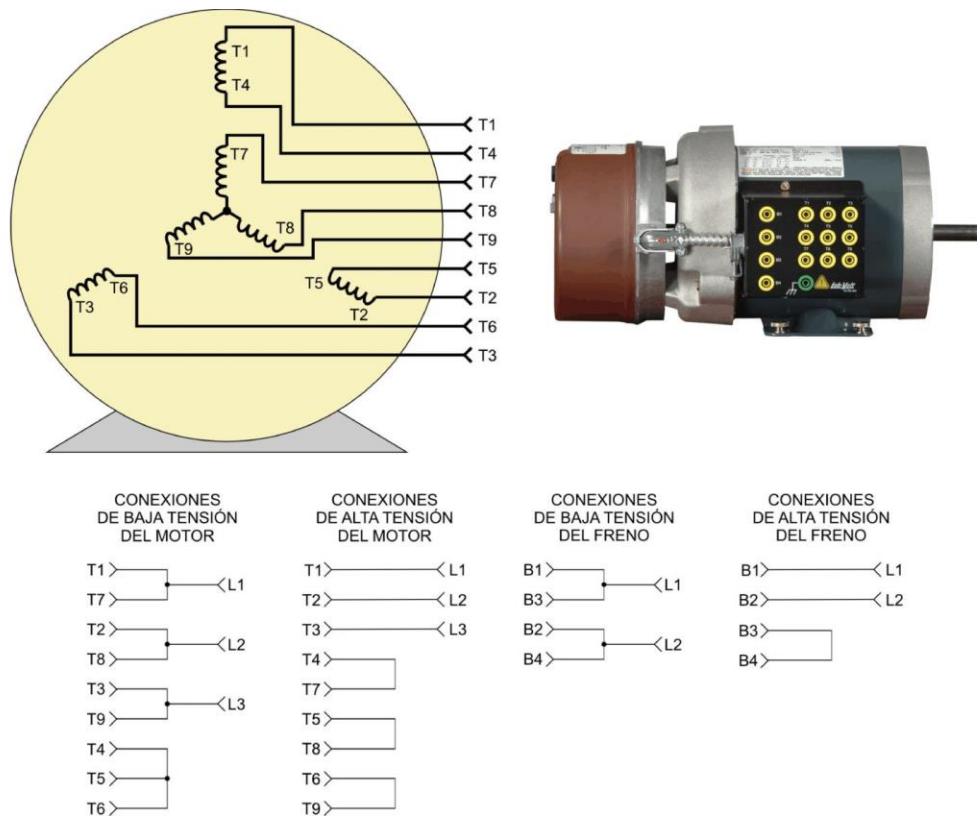


Figura 6.3 Diagrama y tabla de conexiones, Motor freno, modelo 3176-A Lab-Volt.²

Nota: En la construcción del circuito conectado del motor, previamente se deberán puentear los terminales T₄-T₅-T₆, para configurar el neutro de la segunda Estrella del circuito inductor.

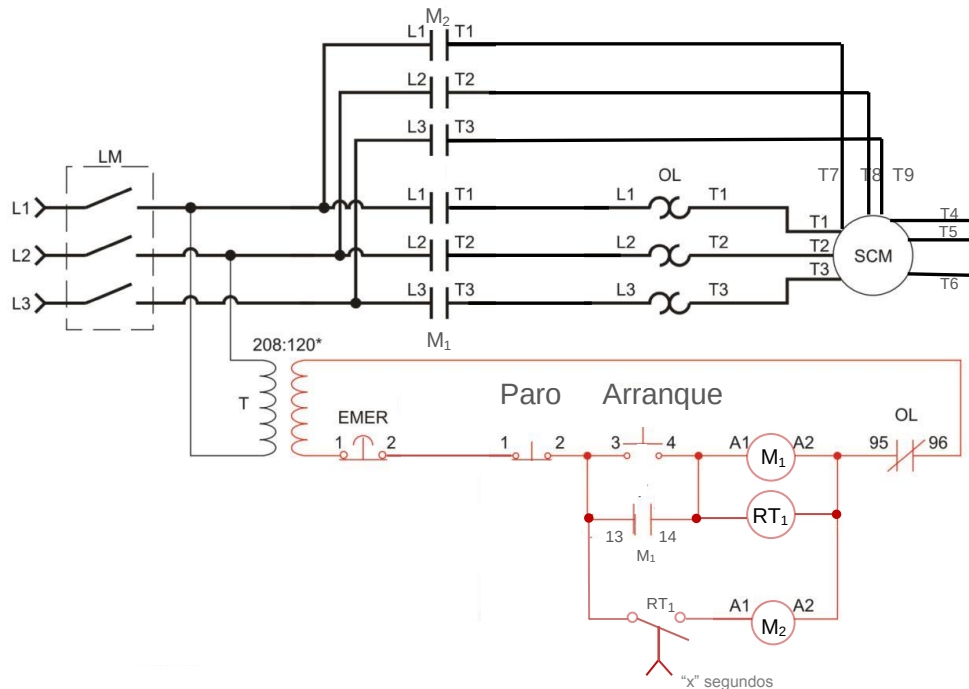


Figura 6.4 Arrancador a tensión reducida tipo Bobina Partida, con control de mando de tres hilos.

- 6.7 Implemente el circuito de control y fuerza de la figura 6.4, correspondiente al controlador de arranque a tensión reducida (dos etapas) tipo Bobina Parcial, regulando el tiempo de conexión en segunda etapa mediante el empleo de un relevador temporizado.
- 6.8 Previamente a la energización de su circuito, efectué el puenteo físico de los terminales T₄-T₅-T₆ del motor, además, efectué los siguientes ajustes en los potenciómetros del relé temporizado: el selector de la gama, posicónelo en 10 segundos; el ajuste porcentual de la gama, en 50%; en código de función, seleccione "A" (ON DELAY). Instrumente un amperímetro de gancho y un voltmetro en los terminales del motor.
- 6.9 Energice su circuito primeramente a través del módulo de bloqueo (prepárese para tomar el tiempo a partir del pulsado del botón de arranque), pulse momentáneamente el botón de arranque, monitoree los valores de tiempo (tiempo de disparo del relé temporizado), corriente y voltaje medidos en el arranque en primera etapa (a tensión reducida), y los valores de corriente y voltaje en segunda etapa (trabajo a voltaje pleno).

En primera etapa a partir del pulsado del botón de arranque ¿Qué valores de corriente y voltaje fueron medidos? $I_{arr} =$ _____; $V_{Larr} =$ _____, ¿Qué valores de corriente y voltaje fueron medidos en segunda etapa, cuando el motor se alimentó a voltaje pleno? $I_m =$ _____; $V_{Lm} =$ _____
 ¿En qué tiempo opero el disparo del relé temporizado? $t =$ _____ segundos.

- 6.10 Tomando por base los valores de corriente y voltaje a voltaje pleno, ¿Qué nivel de amortiguamiento se logró comparativamente con respecto a los valores de corriente y voltaje, medidos en la etapa de arranque a voltaje reducido?

- 6.11 El tiempo de disparo del relé temporizado, ¿fué el tiempo ajustado de acuerdo al posicionamiento previo de los potenciómetros? Sí _____ No _____

- 6.12 Con su sistema desenergizado, opere ajustes en el relé temporizado, en el potenciómetro de la gama de retardo y en el potenciómetro de % de la gama de retardo. Opere estos ajustes a valores menores y superiores a los ajustados en el punto 6.2. Repita los puntos 6.3, 6.4 y 6.5 para estos dos nuevos ajustes. En su Reporte de la Practica 3.4, incluya estas nuevas observaciones.

• **Cuestionario.** (practica 3.4, segunda parte).

4. Del estudio de los circuitos de arranque a tensión reducida anteriores (resistencias primarias y tipo Bobina Parcial), ¿Cuál considera usted que es más practico? Explique el porqué de su respuesta.
5. ¿Qué factores se deben considerar para efectos de preajustar el relé temporizado previamente al arranque?
6. ¿Cuál es el tiempo mínimo permitido, para el arranque de un motor eléctrico?

PRÁCTICA Nº 4.1

CONTROL DE CIRCUITOS DE ENERGÍA CON RELÉS PROGRAMABLES.

- **Objetivo.**

Aprender a implementar el control de circuitos de energía mediante el empleo de Relevadores programables.

- **Principios genéricos.**

Los relés programables pueden considerarse como el conjugado de varios dispositivos auxiliares integrados en uno solo, su circuitería permite operar de forma coordinada el conjugado de varios dispositivos auxiliares, pueden substituir los contactos auxiliares, temporizadores y contadores electromecánicos, reduciendo el espacio necesario y facilitando significativamente las actividades de instalación y de mantenimiento. Se caracterizan por su relativo tamaño compacto y por su facilidad para modificar la configuración de su operación, de aquí su gran ventaja costo-beneficio. Estos equipos se identifican dentro de la gama de autómatas programables, presentando en su caratula frontal un teclado de 6 u 8 teclas por medio de las cuales es posible la programación y parametrización de forma rápida y sencilla, así también poseen un puerto de conexión (mediante una interfase) a una PC, permitiendo la edición, grabación e impresión de programas.



Figura 7.1 Relevador programable temporizador con módulo de expansión.³

³ Esquema tomado del catálogo de equipo marca "Weg"

La presentación física constructiva de los relevadores programables es por lo general semejante entre diferentes marcas de equipos, tan sin embargo pueden existir características entre estos que los hacen más adecuados unos de otros para ciertas aplicaciones en particular, pero por lo general muestran en su parte superior los bornes de conexión de la alimentación en cd. + -, en voltaje 12v / 24v o en c.a. Neutro Línea, de voltajes 125v / 220v., las bornes de entradas “I” así como los voltajes operacionales de las mismas. En la caratula frontal se muestra la pantalla, el teclado de programación y el puerto de la memoria extraíble. En la pantalla se mostrará el estado del equipo y las líneas del programa. El teclado de programación permite el desarrollo y modificación del programa. A través del puerto de memoria se podrán guardar programas previamente estructurados y descargarse para su operación. En la parte inferior se muestran los bornes de los terminales de salida “Q”, estas podrán ser sin potencial de voltaje o bien activas en el caso de configurarse con el voltaje de alimentación.

Aplicaciones. Sus aplicaciones pueden ser diversas, tales como: Sistemas de iluminación, energía, ventilación, transporte, alarma, irrigación, refrigeración y acondicionamiento de aire, comando de puertas y cancelas, control de silos, comando de bombas y compresores, comando de señaladores y otras.

Programación en Escalera y Bloques Lógicos, Simbología de programación. Los dispositivos externos conectados al autómata (sensores, contactores de fuerza y actuadores) se deben identificar correctamente en el programa para su posterior y adecuado procesamiento. El lenguaje de programación podrá ser “de contactos o escalera” o bien “de bloques de funciones”. De forma práctica el más comúnmente empleado es el de “contactos o escalera” por su similitud a los circuitos de control electromecánico tipo escalera.

Los elementos básicos para la programación en lenguaje “de contactos o escalera” son los siguientes:

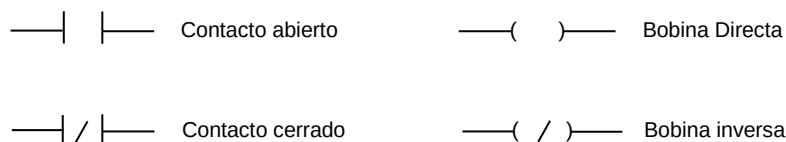


Figura 7.2 Símbolos básicos de contactos y bobinas utilizados en relevadores programables.

Todos los elementos de programación se identifican con una letra y un número (operando) que referencia a una zona de memoria del autómata (entradas, salidas, etc.), el número refiere al orden que opera el elemento en el programa.

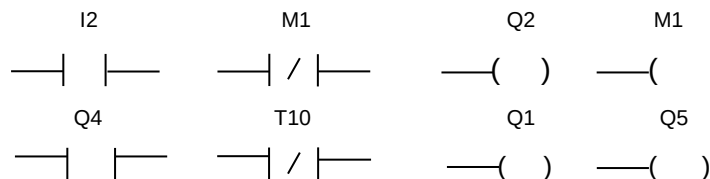


Figura 7.3 Identificación de elementos típicos de programación.

Entradas “I”, se asocian con los símbolos de contactos abiertos o cerrados.

Salidas “Q”, se asocian con los símbolos de bobinas directas o inversas, encargadas de activar los actuadores y preactuadores de contactos asociados abiertos o cerrados.

Marcas “M”, también se les nombra “memorias o bits internos”, su comportamiento es similar a los relevadores de control auxiliares.

Básicamente las operaciones lógicas de energización o desenergización de bobinas, apertura o cierre de contactos se realizan de forma similar a los circuitos de control electromecánico convencionales.

Relé de enclavamiento (bobina de activación y desactivación). Las bobinas de autoenclavamiento permiten energizar y mantener energizada una salida mediante el pulsado de la entrada “SET” y desenergizarla mediante el pulsado de la entrada “RESET”.

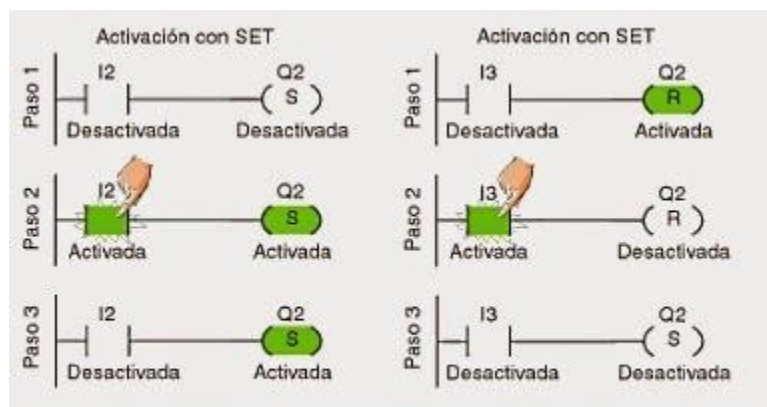


Figura 7.4 Energización/desenergización mediante pulsado SET/RESET.⁴

Temporizadores “T”. Estos comandos pueden representarse en forma de bobina o bien en forma de caja (dependiendo del tipo de relevador programable) como se ilustra en el esquema siguiente, en ambos casos, al activar la entrada I1 se energiza el temporizador T3, y una vez transcurrido el tiempo de ajuste programado, cierra el contacto asociado T3 permitiendo la energización de la bobina Q1.

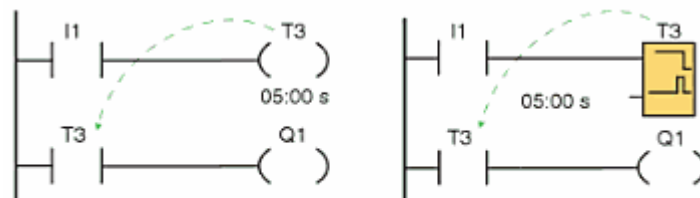


Figura 7.5 Operador Temporizado.⁴

⁴ Esquemas tomados del doc. Controles electricos32.blogspot.com

- **Principios de aplicación.**

Las aplicaciones de los relevadores programables pueden ser diversas, tales como: Sistemas de iluminación, energía, ventilación, transporte, alarma, irrigación, refrigeración y acondicionamiento de aire, control de silos, control de bombas y compresores, control de señalizaciones y otras.

En el laboratorio de controles eléctricos encontrara un equipo relevador programable de características semejantes al que se ilustra en el esquema siguiente:

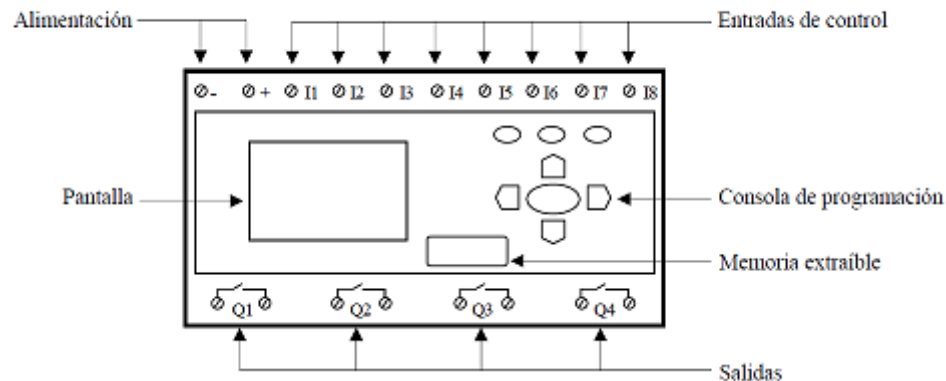


Figura 7.6 Identificación de puertos en un relevador programable.⁴

En el siguiente esquema se muestra el circuito equivalente de operación del relevador programable, alimentado por un circuito trifásico de c.a. (incluyendo la alimentación al equipo), para el control de cuatro luminarias mediante el control de entradas T1 hasta T8., el encendido y/o apagado de estas dependerá de la programación que condicione las entradas “I”

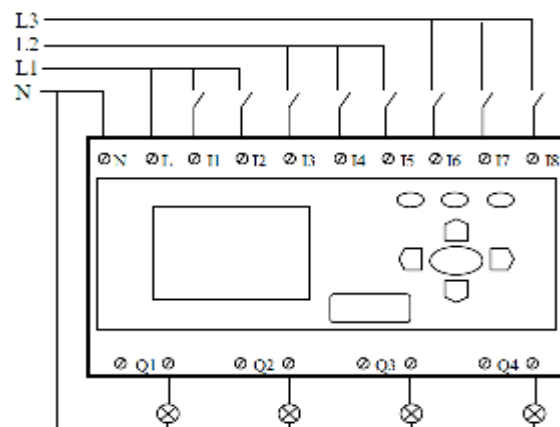


Figura 7.8 Control de encendido y apagado de cuatro luminarias de c.a. por medio de un relevador programable.⁴

En el esquema 7.8, se muestra el circuito equivalente de operación del relevador programable, alimentado por circuito de energía de cd. (incluyendo la alimentación al

equipo), para el control de cuatro luminarias mediante el control de entradas I1 hasta I8., el encendido y/o apagado de estas dependerá de la programación que condicione las entradas “I”.

En todos los relevadores programables se encontrarán funciones o bloque para la realización de acciones de temporización, computo, energización o desenergización en función de un horario preprogramado.

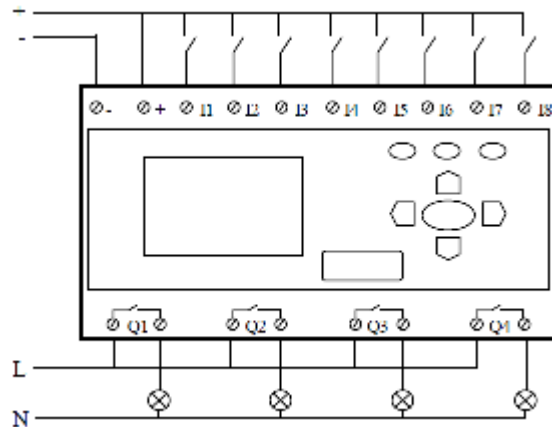


Figura 7.8 Control de encendido y apagado de cuatro luminarias de cd. por medio de un relevador programable.⁴

En cualesquiera de los casos como se señala, el control de encendido o apagado de las lámparas, dependerá de la programación que condicione la energización o desenergización de las entradas “I” y las salidas “Q”.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Módulo de bloqueo.
2. Fuente de energía de ca.
3. Relevador Programable.
4. Luces indicadoras
5. Cables de conexión.

- **Procedimiento.**

En la figura siguiente se muestran dos circuitos eléctricos convencionales y sus equivalentes en lenguaje para autómatas o relevadores programables.

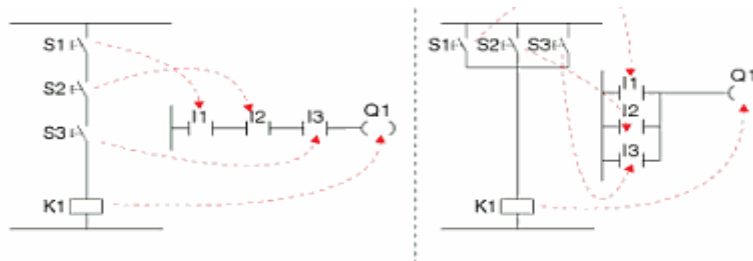


Figura 7.9 Control Autómata programable, circuitos serie y paralelo.⁴

7.1 Antes de efectuar alguna conexión en su equipo relevador programable, verifique las características del mismo, tome nota de las mismas relativas a: Marca _____, voltaje de alimentación _____, número de entradas “I” _____, número de salidas “Q” _____, etc.

7.2 Antes de encender su equipo, ajuste la fuente de voltaje de su tablero y con la fuente apagada, cablee la alimentación al relevador programable. Encienda su equipo. ¿Que observa en su pantalla?, Tome nota _____

7.3 Con el teclado del equipo, busque las funciones necesarias para construir en principio el circuito de control serie que se muestra en la figura 7.9 y guarde la programación del circuito. Alimente la señal de voltaje adecuado en la entrada “I1, I2 e I3”. En la salida “Q1” conecte una lámpara alimentada a su voltaje de operación.

7.4 Energice su equipo y pulse “SET” en los contactos de las entradas “I1, I2 e I3”. ¿Qué observa que sucede?, argumente su respuesta:

_____ ¿Qué se requiere para que la lámpara encienda?

7.5 Con la lámpara encendida, pulse “RESET” para desenclavar y desactivar su circuito. Modifique la programación de la bobina “Q1” para que opere como temporizador con tiempo de 5 segundos en disparo de cierre. Energice su circuito por medio del pulsado “SET”. ¿Qué sucede?, argumente sus observaciones _____

7.6 Ahora bien, con el teclado del equipo, busque las funciones necesarias para construir el circuito de control paralela que se muestra en la figura 7.9 y guarde la programación del circuito. Alimente la señal de voltaje adecuado en las entradas “I1, I2 e I3”. En la salida “Q1” conecte una lámpara alimentada a su voltaje de operación.

7.7 Energice su equipo y pulse “SET” en los contactos de “I1, I2 e I3”. ¿Qué observa que sucede?, argumente su respuesta

¿Qué se requiere para que la lámpara encienda?

7.8 Con la lámpara encendida, pulse “RESET” para desenclavar y desactivar su circuito. Modifique la programación de la bobina “Q1” para que opere como temporizador con tiempo de 5 segundos en disparo de cierre. Energice su circuito por medio del pulsado “SET”. ¿Qué sucede?, argumente sus observaciones:

- **Cuestionario.**

1. ¿Cuáles son las características principales de un Relevador Programable?
2. ¿Qué son las “entradas”? y ¿Qué son las “salidas”?
3. ¿Para qué aplicaciones se emplearía la temporización de eventos?
4. ¿En programación que significa “un operando”?
5. ¿Qué es un “actuador”? y ¿Qué es un “preactuador”?
6. ¿Qué ventajas se encuentran al emplear un Relevador Programable en lugar de un Circuito de control electromecánico equivalente?
7. ¿Qué diferencias existen entre un Relevador Programable y un PLC?

VARIADORES DE VELOCIDAD.

- **Objetivo.**

Aprender a controlar la velocidad de un motor ca. mediante el empleo de un “Variador de Velocidad”, mediante el empleo y configuración de parámetros de operación, parámetros de protecciones contra sobrecorriente, sobretensión y calentamiento.

- **Principios genéricos.**

Los motores de ca. son diseñados para operar con cargas máximas y a velocidades constantes, alimentados con un voltaje constante y una corriente máxima, en este orden sus aplicaciones pueden ser distintas para movilizar cargas tales como ventiladores, bombas, compresores, etc.

En algunas aplicaciones los motores requieren ser regulados en su velocidad para efecto de controlar de forma variable el comportamiento de salida del equipo acoplado al motor como pudiera ser, el flujo de líquidos, gases, aire, presión, etc. En algunos casos se emplean dispositivos restrictivos como válvulas de presión, orificios, transmisiones, etc., dando lugar al uso ineficiente de la energía y del motor en particular. La energía desaprovechada o energía de pérdidas consumida por los dispositivos restrictivos generalmente es disipada en energía mecánica y/o en forma de calor.

Para efecto de eficientar los sistemas y eliminar las pérdidas debidas a los dispositivos restrictivos, se deberán emplear “Variadores de Velocidad”.

Un “variador de velocidad” de ca., es un equipo diseñado para controlar la velocidad del motor mediante la modificación de la frecuencia y la tensión alimentada al motor. En su circuitería incluye un rectificador para suministrar energía de cc. necesaria por el inversor de frecuencia. Por su funcionalidad, los variadores de velocidad también son llamados “mandos de frecuencia variable”, “inversores de frecuencia” o simplemente “inversores”.

La velocidad de un motor de ca. es definida en función de la frecuencia de la corriente alterna alimentada y el número de polos de la máquina. Y determinada por la ecuación:

$$N = \frac{f \times 60}{P} \text{ [RPM]}$$

Donde:

- N es la velocidad en la flecha del motor en [RPM]
- f es la frecuencia en [Hz]
- P es el número de polos del motor
- 60 es una constante numérica de conversión de segundos a minutos.

Si en un motor, el número de polos no es variable, la velocidad del motor será determinada en función de la frecuencia.

- **Principios de aplicación.**

En el laboratorio de Controles Eléctricos se cuenta con un módulo “Variador de velocidad” de ca. modelo 3183 Lav-Volt, estructurado con un inversor de frecuencia DF51 marca Moeller, mismo que será empleado para los ensayos que a continuación se desarrollan. Es recomendable que el estudiante incurra en la página web del dispositivo y consulte el manual del usuario para facilitar su utilización.



Figura 8.1 Variador de velocidad de ca. modelo 3183 Lav-Volt.²

En la tabla siguiente se identifican correspondientemente las partes y teclas del inversor de frecuencia DF51 marca Moeller:

NÚMERO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Pantalla digital de cuatro dígitos	Pantalla para la frecuencia, corriente del motor, códigos de error, número del parámetro (PNU), etc.
2	LED de Hz o A	Muestra si la pantalla está en el modo de frecuencia (Hz) o corriente de salida (A).
3	RS 485	Interfaz serie RS 485 y Modbus RT.
4	LED ALIMENTACIÓN	El LED se enciende cuando el inversor de frecuencia está encendido.
5	LED ALARMA	El LED se enciende cuando ocurre una señal de falla.
6	LED de modo RUN (En marcha)	El LED se enciende en el modo RUN (En marcha) cuando el inversor de frecuencia está en marcha o listo para iniciar la operación
7	LED PRG	El LED se enciende cuando está activo el modo de entrada o cambio de un parámetro
8	Potenciómetro y LED	Configuración del valor de referencia de frecuencia. El LED se enciende cuando el potenciómetro está habilitado.
9	Tecla ENTER	Esta tecla se utiliza para guardar los valores de los parámetros

		insertados o modificados.
10	Teclas UP y DOWN	Utilizados para selección de funciones y cambio de valores numéricos
11	Tecla PRG	Modo de programación. Selección y activación del parámetro especificado.
12	LED y tecla ON	El motor arrancará en la dirección seleccionada. El LED está encendido cuando la tecla está habilitada
13	Tecla OFF	Detiene el motor en operación y permite reconocer una señal de falla. Está habilitada por defecto incluso cuando el mando se da a través de los terminales.

Tabla 8.1 Descripción de partes y teclado del inversor de frecuencia DF51 modelo marca Moeller.

En la tabla 8.2, se identifica la correspondencia de los terminales de entrada y salida del variador de velocidad de ca., así como la identificación de los bornes de conexión de los terminales de mando y potencia con sus correspondientes funciones.

NÚMERO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
L/L1, L2, N/L3	Terminales de alimentación	Terminales de potencia
U, V, W	Salidas del Variador de velocidad	Terminales de potencia
K11	Terminal de conexión de la salida relé	Contacto variable
K12	Terminal de conexión de la salida relé	Contacto normalmente cerrado (NC)
K14	Terminal de conexión de la salida relé	Contacto normalmente abierto (NA)
L	Común 0 V potencial de referencia	Referencia de potencial para los 24 V cc internos de los terminales P24 y H.
5	Entrada digital 5	Referencia de potencial: terminal L
4	Entrada digital 4	Referencia de potencial: terminal L
3	Entrada digital 3	Referencia de potencial: terminal L
2	Entrada digital 2	Referencia de potencial: terminal L
1	Entrada digital 1	Referencia de potencial: terminal L
P24	Salida de control de tensión, +24 V	Tensión de referencia para la actuación de las entradas digitales 1 a 5
H	Salida de referencia de tensión, +10 V	Tensión de alimentación para la conexión del potenciómetro
O	Entrada analógica, 0 a +10 V	Referencia de potencial: terminal L
OI	Entrada analógica, 4 a 20 mA	Referencia de potencial: terminal L
AM	Salida analógica, 0 a +10 V	Configurable, Tensión cc, 0 a 10 V corresponde al ajuste de la frecuencia final
CM2	Entrada externa de control de tensión, máximo 27 V	Referencia de potencial para la conexión de la tensión EXTERNA correspondiente a las salidas a transistor (Terminales 11 e 12).
12	Salida digital	Configurable, colector abierto
11	Salida digital	Configurable, colector abierto

Tabla 8.2 Identificación de terminales de: entrada y salida, terminales de mando y potencia, del Variador de Velocidad.

En la operación del “Variador de Velocidad”, es de interés determinar “*el sentido de rotación del motor*” y el “*tiempo que le toma al motor alcanzar la velocidad máxima*”. La configuración de parámetros se logra navegando a través de los menús del Inversor de frecuencia.

En el apéndice “B” se muestran en listados los parámetros que pueden ser modificados para ajustar una aplicación específica. En dicho apéndice se muestra el número de parámetro (PNU), el nombre (función), el rango del valor y la configuración por defecto (P.V.D.).

Como se cita en párrafos anteriores, en el Laboratorio de Controles eléctricos se cuenta con un equipo Variador de velocidad el cual tiene un Inversor de frecuencia marca Moeller modelo DF51, este equipo es compatible con las características del módulo Motor-freno provisto con el sistema entrenador de Controles eléctricos Lav-Volt., de tal suerte que los valores por defecto del variador son correspondientes con el voltaje nominal, corriente nominal y el número de polos del motor.

En el esquema de la figura 8.2, se muestra la estructuración de los niveles de parámetros que pudieran ser mostrados en la pantalla del Inversor. La configuración de parámetros se logra navegando a través de estos menús.

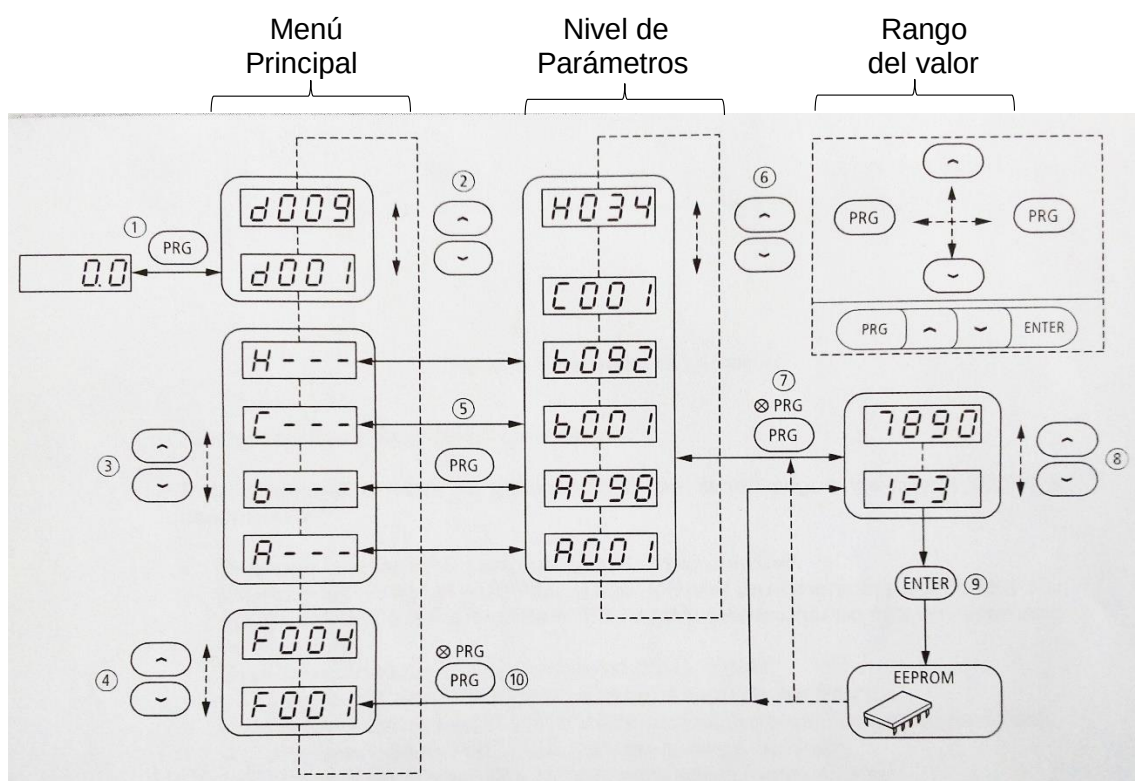


Figura 8.2 Estructura de menús.⁵

- | | |
|--|---|
| 1 Cambio entre la pantalla digital de cuatro posiciones y la pantalla de parámetros. | 6 Selección de parámetro (PNU). |
| 2 Selección de parámetro. | 7 Cambio entre parámetros (PNU) y Rango del valor |
| 3 Seleccionar en el menú principal. | 8 Selección de Rango del valor |
| 4 Selección de parámetro básicos. | 9 Salvar los valores y regresar a parámetros (PNU). |
| 5 Cambio entre el menú principal y el nivel de parámetro. | 10 Regresar al menú principal. |

⁵ Esquema tomado del manual del equipo Inversor de frecuencia Marca Moeller modelo DF51.

CONFIGURACIÓN DEL VALOR DE UN PARÁMETRO.

Para efectos de configurar el valor de un parámetro, se deben seguir los pasos que a continuación se listan:

1. Presione la tecla PRG para cambiar al menú principal.
2. Presione las teclas UP y DOWN para seleccionar un número de parámetro (PNU d000 hasta d083 o F001 hasta F009), o para seleccionar un tipo de parámetro (H, C, b o A).
3. Si selecciono un tipo de parámetro (H, C, b o A),
 - presione la tecla PRF para cambiar al nivel de parámetros.
 - presione las teclas UP y DOWN para seleccionar un número de parámetro.
 - presione la tecla PRG para cambiar el Rango del valor.
 - presione las teclas UP y DOWN para seleccionar un valor.
 - presione la tecla ENTER para guardar el valor y retornar al número de parámetro.
 - presione la tecla PRG (3 veces) para retornar al menú principal.
4. Si se seleccionó un parámetro de visualización (PNU d000 a d083),
 - Presione la tecla PRG para habilitar la función del parámetro.
5. Si seleccionó un parámetro (PNU F001 a F009),
 - presione la tecla PRG para cambiar a Rango del valor.
 - presione las teclas UP y DOWN para seleccionar un valor.
 - presione la tecla ENTER para guardar el valor y retornar al menú principal.

Para leer el valor de un determinado parámetro, se deben seguir los pasos que a continuación se listan:

1. Seleccione el número del parámetro.
2. Presione la tecla PRG para visualiza el valor. Para los parámetros de tipo H, C, b o A, puede ser necesario presionar la tecla PRG hasta tres veces.
3. Presione la tecla PRG para retornar al número de parámetro.

INICIALIZACIÓN, RESTAURACIÓN DE LOS VALORES POR DEFECTO (V.P.D).

La restauración de valores por defecto de todos los parámetros se puede realizar siguiendo los siguientes pasos:

1. Seleccione b--- en el menú principal.
2. Seleccione PNU b084 en el nivel de parámetros. (1)
3. En el Rango del valor sele estas seleccione el valor 02.
4. Presione la tecla ENTER para guardar el valor y retornar al número del parámetro.
5. Presione UP-DOWN-PRG al mismo tiempo y manténgalas presionadas, presione brevemente la tecla OFF. En la pantalla se mostrará la leyenda USA o EU. (2).
6. Libere las teclas.

Nota: Cuando la inicialización se ha completado, en la pantalla se mostrará d001.

(1) Configurar el parámetro PNU b084 en 02 hace que se limpien los registros de falla y se carguen los ajustes por defecto.

(2) USA donde la frecuencia de la red es de 60 Hz. o EU en los países donde esta frecuencia es de 50 Hz. Si los ajustes por defecto no corresponden a México, cambie el ajuste de PNU b085 (00 = Japón, 01 = Europa, 02 = USA).

SELECCIÓN RÁPIDA DE PARÁMETROS.

Una forma práctica y rápida de cambiar de un número de parámetro a otro se puede lograr presionando las teclas UP y DOWN al mismo tiempo.

En la pantalla se muestra el primer dígito parpadeante, utilice las teclas UP y DOWN para seleccionar un tipo de parámetro (A, b, C, d, F o H).

Para cambiar del primero al segundo, tercer o cuarto dígito, presione la tecla ENTER una y otra vez. El dígito activo se mostrará parpadeante en cada caso. Cuando presiona ENTER nuevamente después del cuarto dígito, el parámetro ordenado quedará seleccionado. Si el número que escribió no existe, el último PNU seleccionado será validado automáticamente. Para regresar al último PNU válido desde el primer dígito, presione la tecla PRG.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Módulo de bloqueo.
2. Fuente de energía de ca.
3. Motor jaula de ardilla de 9 terminales.
4. Variador de velocidad trifásico.

- **Procedimiento.**

Antes de iniciar el presente ensayo, es interesante señalar que en la primera parte se realizarán algunas rutinas de configuración de parámetros, estos valores posteriormente serán comparados con los valores por defecto. En una segunda parte se realizará la rutina de restauración de valores por defecto de cada parámetro. En la tercera y última parte, se conectará el motor freno y se ensayará el control de velocidad del motor freno, visualizando los parámetros ajustados.

8.1 Instale el módulo de bloqueo e instale el Variador de velocidad de acuerdo al diagrama que se muestra en la figura siguiente:

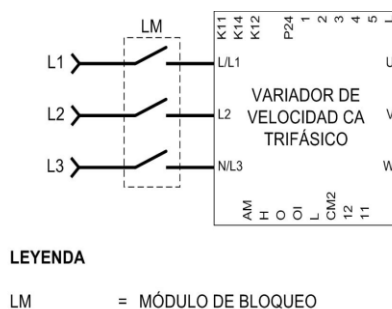


Figura 8.3 Circuito de alimentación el Variador de velocidad.⁶

⁶ Esquema tomado del manual Lav-Volt, Variadores de velocidad.

8.2 Energice el Variador de velocidad y lea los valores configurados para cada uno de los siguientes parámetros:

A038 _____ A043 _____ b002 _____
 B021 _____ C001 _____ C026 _____

8.3 ¿Son correspondientes estos valores a los valores configurados por defecto de acuerdo a los encontrados en el apéndice “B”? de no ser así explique:

8.4 Sin desenergizar el Variador de velocidad, realice el procedimiento para restaurar los valores por defecto (P.V.D). Desenergice su circuito.

8.5 Con el Variador de velocidad desenergizado, conecte el Motor freno de acuerdo a el circuito mostrado en la figura 8.4. Realice las conexiones adecuadas en Motor freno para operar al bajo voltaje (220 volts) de acuerdo a las características de conexión del mismo (figura 8.5).

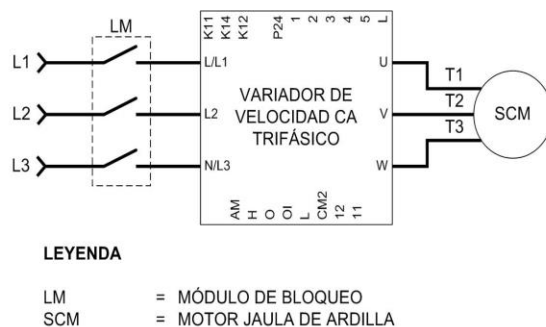


Figura 8.4 Circuito de control de velocidad del motor empleando un Variador de velocidad.⁶

VOLTAJES DE OPERACIÓN MOTOR FRENO			
VOLTAJE DE FASE	FRECUENCIA EN Hz.	VOLTAJE BAJO	VOLTAJE ALTO
120	60	208-230	460
220	50	190	380
240	50	208	415

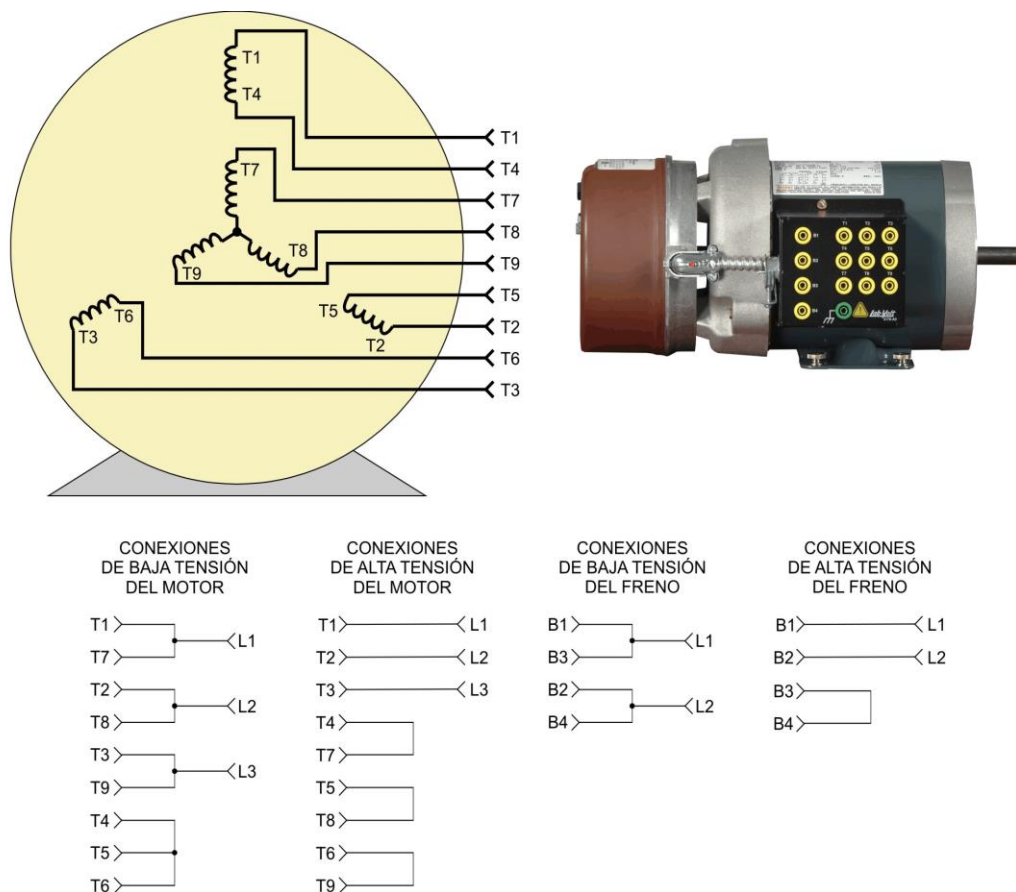


Figura 8.5 Motor freno.⁷

- 8.6 Desacople el freno de fricción (gire la perilla manualmente a la posición de liberado RELEASE).
- 8.7 El Variador de velocidad posee una pequeña perilla que permite girar y ajustar un potenciómetro al interior del circuito del dispositivo, gire la perilla completamente en sentido antihorario.
- 8.8 Energice su circuito y configure en la pantalla la frecuencia de salida (PNU d001). Gire completamente en sentido horario el potenciómetro.
¿El motor freno empieza a girar? _____
- 8.9 Pulse la tecla de encendido "ON" para energizar el Variador de velocidad y configurarlo en modo de marcha "RUN".
¿El motor freno empieza a girar? _____
- 8.10 ¿Qué valor de frecuencia de salida se muestra en la pantalla después de transcurrido un tiempo de 10 segundos? _____

⁷ Esquema tomado del manual Lav Volt. Controles de base.

8.11 Ajuste el potenciómetro a distintas posiciones, observe en la pantalla del Variador las diferentes frecuencias de salida que se muestran. Argumente; ¿Que sucede con la velocidad del Motor freno al variar la frecuencia de salida? _____

8.12 De nueva cuenta, gire el potenciómetro completamente en sentido horario. Configure en la pantalla la corriente de salida (PNU d002). ¿Qué valor de corriente de salida se muestra en la pantalla después de transcurrido un tiempo de 10 segundos? _____. Observe las luces LED que se encuentren encendidas en esta condición anote cuales. _____

8.13 Ajuste el potenciómetro a distintas posiciones, observe en la pantalla del Variador las diferentes corrientes de salida que se muestran. Argumente; ¿Que sucede con la velocidad del Motor freno al variar la corriente de salida? _____

8.14 Desenergice el Variador de velocidad mediante el pulsado de la tecla de apagado "OFF". Desconecte la alimentación de energía desactivando el módulo de bloqueo.

- **Cuestionario.**

1. ¿Cuál será la velocidad de un motor de inducción de ca. de 2 polos cuando se le aplica energía de frecuencia 60 Hz?
2. ¿Cuál será la velocidad de un motor de inducción de ca. de 6 polos cuando se le aplica energía de frecuencia 60 Hz?
3. ¿Qué rutinas se deben realizar para ajustar un Variador de velocidad para una aplicación específica o particular?
4. ¿En qué momento es necesario realizar el procedimiento de inicialización?
5. ¿Qué debe observarse en la pantalla del Variador de velocidad una vez concluido el procedimiento de inicialización?

CIRCUITOS DE CONTROL CON PLC.

- **Objetivo.**

Aprender a utilizar los módulos PLC (Program Logic Controller) para el control de motores eléctricos.

- **Principios genéricos.**

Los controladores lógicos programables (PLC) son pequeños computadores por medio de los cuales se pueden automatizar distintos procesos industriales. En procesos de manufactura, la operación automatizada de motores por medio del empleo de circuitería discreta convencional (controladores individuales o relevadores), se implica la utilización de gran cantidad de cables y dispositivos de control, observándose una flexibilidad limitada en el caso de requerirse la modificación de operaciones.

De forma semejante a una computadora personal, los PLC emplean un microprocesador el cual puede ser programado para substituir un gran número de dispositivos convencionales y cableado de control, facilitando el control de motores en su arranque, inversión de giro, temporización, marcha lenta y paro. Observándose una gran flexibilidad al operar modificaciones operacionales con tan solo modificar la programación del PLC.

En la configuración física de un PLC se distinguen puertos de entrada y de salida a semejanza de cómo se presentan en un Relevador programable convencional. En el PLC conectan sensores, botones pulsadores, interruptores diversos, así como actuadores (arrancadores, relevadores magnéticos de fuerza o solenoides).

En general, los principales componentes que integran un PLC son:

- *Fuente de alimentación, Energía de entrada.* Por su circuitería de estado sólido, los PLC operan con energía de cd., siendo el voltaje de alimentación el común manejado en los puertos de entrada y salida, por esta razón la fuente de alimentación externa se considera parte importante del sistema del PLC. Es interesante señalar que también para uso industrial existen PLC de ca. donde en estos casos la fuente de alimentación deberá ser de ca., en estos casos el PLC en la entrada de alimentación es provisto con un rectificador.
- *Puertos de Entrada y Salida.* Los puertos de entrada pueden recibir señales de activación o desactivación provenientes de dispositivos externos como pueden ser botones pulsadores, interruptores distintos (límite de carrera, de presión, térmicos, de temperatura, etc.) y los puertos de salida permiten la energización o desenergización de dispositivos conectados dependientes del comando ordenado por el procesador.
- *Procesador.* En el PLC refiere al cerebro del sistema compuesto por el microprocesador y la memoria. El procesador tiene por alimentación las señales

alimentadas en los puertos de entrada, ejecuta esta información de acuerdo al programa almacenado y comanda los módulos de salida.

- **Programación.** En un PLC, los programas operacionales pueden descargarse directamente a través del puerto de comunicación del dispositivo, este puerto también es utilizado para la detección y solución de fallas, reconfigurar programas, para conectar otra pantalla de visualización, un modem o bien para conectarse con la red de comunicaciones del fabricante. El ingreso de programas al PLC puede efectuarse de tres maneras:
 1. **Pulsadores dedicados.** En algunos PLC pequeños, el ingreso de programas puede realizarse directamente mediante el uso de botones pulsadores y pantalla integrados en el mismo sistema.
 2. **Terminal manual.** Es a través del puerto de comunicación que puede conectarse un dispositivo “Terminal manual”, este dispositivo tiene una pantalla y diversos botones pulsadores.
 3. **Computadora.** Mediante el empleo de software “EASY-SOFT (específico del PLC) y una computadora, pueden formularse programas operacionales y descargarse a través del puerto de comunicación del PLC.

En la estructuración de programas para el PLC, se manejan distintos lenguajes, estos pueden ser del tipo gráficos (lógica en escalera, diagramas de bloques, tabla secuencial de funciones) o bien del tipo textuales (texto estructurado, lista de instrucciones), siendo el más comúnmente empleado el de tipo “lógica en escalera” por su semejanza al empleado en la estructuración de circuitos eléctricos de control electromecánico tipo “escalera”, como se muestra en los diagramas esquemáticos de la figura 9.1.

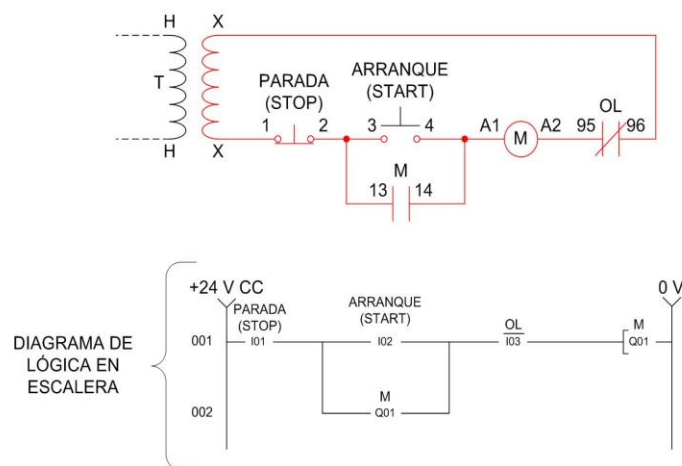


Figura 9.1 Diagramas esquemáticos de control electromecánico y de programación de Lógica en escalera.⁸

⁸ Esquema tomado del manual Lav Volt. Controlador lógico programable.

- **Principios de aplicación.**

Es importante señalar que para propósito de comprender la funcionalidad del PLC y su utilización, es necesario que previamente en aula se aprenda a configurar programas de control en lenguaje lógico de escalera, así como de las particularidades que presenta el equipo del laboratorio de Controles eléctricos, módulo “Controlador lógico programable (PLC)” de cc. modelo 3128 Lav-Volt, mismo que se muestra en la figura siguiente. A la par, es recomendable que el estudiante incursione en la página web del dispositivo (PLC EASY 512-DC-R) y consulte el manual del usuario para facilitar su utilización. Este modelo cuenta con 8 puertos de entrada (I) y cuatro terminales de salida (Q)



Figura 9.2 Modulo Controlador lógico programable (PLC).⁸

En la figura siguiente se muestra el módulo de la fuente de cc. provista en el sistema de entrenamiento del Laboratorio de controles eléctricos.



Figura 9.3 Módulo Fuente de 24 V cc. modelo 3139 Lav-Volt. (PLC).⁸

Para facilitar una programación directa, el PLC del Laboratorio cuenta con botones dedicados. En la figura siguiente se muestra la carátula frontal del PLC EASY, en la cual se identifican cuatro botones pulsadores, DEL, ALT, ESC y OK, los cuales son utilizados para programar y operar la unidad. El disco cursor redondo, es empleado para moverse entorno a los distintos menús o diagramas de circuitos y se opera por medio de presión hacia arriba, abajo, izquierda o derecha.

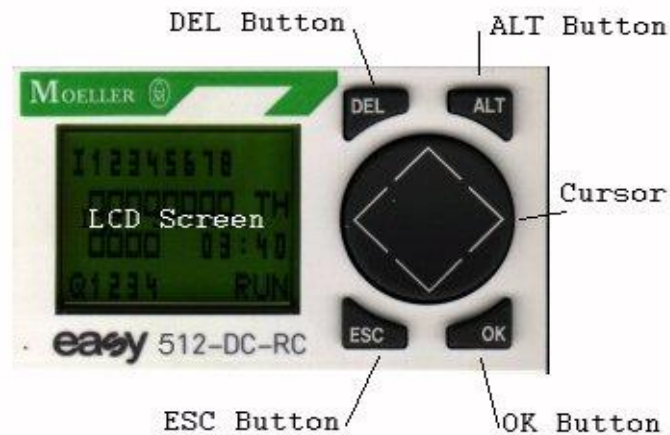


Figura 9.4 Carátula frontal PLC Moeller 512-DC-RC.⁹

Los programas de lógica en escalera en este PLC tienen 4 columnas, las tres primeras de izquierda a derecha son correspondientes a los campos para contactos, y la cuarta es correspondiente al campo de la bobina. A cada fila del programa se le nombra escalón y a las líneas que unen los diferentes elementos se les nombra conexiones lógicas. En el esquema siguiente se muestra esta identidad:

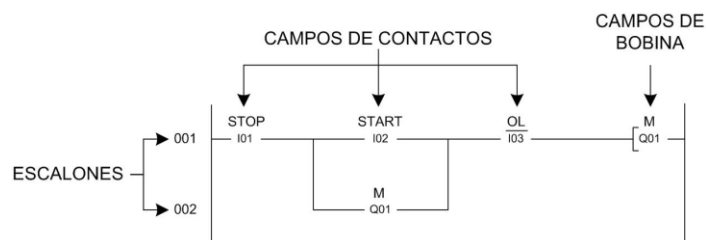


Figura 9.5 Programa de lógica en escalera en el PLC.⁸

En la tabla siguiente, se muestra la descripción de contactos y bobinas soportados por el PLC EASY 512-DC-R., estos dispositivos pueden ser conectados como entradas o salidas, pero estos dispositivos también pueden ser ubicados dentro de la misma unidad.

⁹ Esquema tomado del manual de equipo PLC Moeller 512-DC-R

DESCRIPCIÓN DEL CONTACTO	RANGO	FUNCIÓN DE LA BOBINA	PARÁMETROS
Comparador de valores analógicos	A1 a A16	NO	SI
Contadores	C1 a C16	SI	SI
Relé marcador de texto (1)	D1 a D16	SI	SI
Terminal de entrada	I1 a I8	NO	NO
Marcador	M1 a M16	SI	NO
Marcador	N1 a N16	SI	NO
Contador de horas operación	O1 a O4	SI	SI
Botón cursor (2)	P1 a P4	NO	NO
Terminal de salida	Q1 a Q4	SI	NO
Relé temporizado	T1 a T16	SI	SI
Etiqueta de salto	1 a 8	SI	NO
Reinicio general	Z1 a Z3	SI	NO
(1) Los relés marcadores de texto (D) pueden ser únicamente editados utilizando el software EASY-Soft.			
(2) Los botones de cursor (P) no están activados por defecto.			

Tabla 9.1 Tabla de contactos y bobinas soportados por el PLC EASY 412-DC-R.⁸

La representación de una bobina es compuesta de tres partes o símbolos, p.ej. en la figura 9.5 del programa de escalera, la representación de la bobina en términos $\{Q01$, refiere:

$\{$ Es contactor de la función contador.

Q Es terminal de salida.

01 Número de la primera bobina de este tipo.

En la siguiente tabla se identifica el comportamiento que pudiera tener un relevador de acuerdo a la función de su bobina:

FUNCIÓN DE LA BOBINA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
Contactor	$\{$	El contacto normalmente abierto se lleva al estado lógico 1 siempre y cuando la bobina este activada. (1)

Contactor negado		El contacto normalmente abierto se lleva al estado lógico 1 siempre y cuando la bobina NO esté activada
Ajuste (SET)		El contacto normalmente abierto se mantiene en el estado lógico 1 una vez que la bobina es activada, incluso por un periodo de tiempo corto.
Reinicio (RESET)		El contacto normalmente abierto se mantiene en el estado lógico "0" una vez que la bobina de reinicio ha sido activada incluso por un periodo de tiempo corto.
Pulso con flanco descendiente		El contacto normalmente abierto se lleva al estado lógico "1" por la duración de un ciclo cuando cambia el estado de la bobina de "1" a "0".
Pulso con flanco ascendiente		El contacto normalmente abierto se lleva al estado lógico "1" por la duración de un ciclo cuando cambia el estado de la bobina de "0" a "1".
Relé impulso		El contacto cambia cada vez que la bobina va de estado lógico "0" a "1".
1 Los contactos normalmente abiertos se cierran cuando la bobina correspondiente es energizada, mientras que los contactos normalmente cerrados se abren cuando la bobina es energizada.		

Tabla 9.2 Tabla de funciones de una bobina.⁸

Al energizar y encender un PLC en su pantalla podrá mostrar leyendas "RUN" o "STOP", si se muestra la leyenda "RUN". es indicativo que el sistema operativo tiene un programa validado en memoria y este se ejecutara de forma automática después de encendido. En orden contrario si la leyenda que se lee es "STOP", es indicativo que no se tiene ningún programa pendiente de ejecutar. En cualquier caso, con el propósito de aislar y eliminar las posibles fallas que pudieran presentarse con el cableado o bien problemas relacionados con el programa, se recomienda siempre realizar un procedimiento de reinicio general cada vez que el sistema es energizado.

- **Equipos y materiales utilizados.**

1. Módulo de bloqueo.
2. Fuente de energía de ca.
3. Interruptores.
4. Luz indicadora.
5. Controlador lógico programable.
6. Transformador de control.
7. Fuente de alimentación de cc.
8. cables de conexión.

- **Procedimiento.**

Por medio de la implementación del procedimiento que a continuación se describe, se pretende introducir al estudiante en el uso y manejo del PLC. El circuito del ensayo es

el de un control de luminaria empleando dos botones pulsadores de acción momentánea, uno NA y otro NC., como se muestra en el circuito electromecánico de la figura 9.10 siguiente:

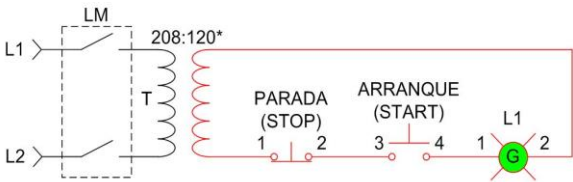


Figura 9.10 Circuito de control electromecánico de luminaria mediante dos botones pulsadores NA, NC.⁸

LM. = Modulo de Bloqueo. T = Transformador de control

El mismo circuito empleando el PLC sería:

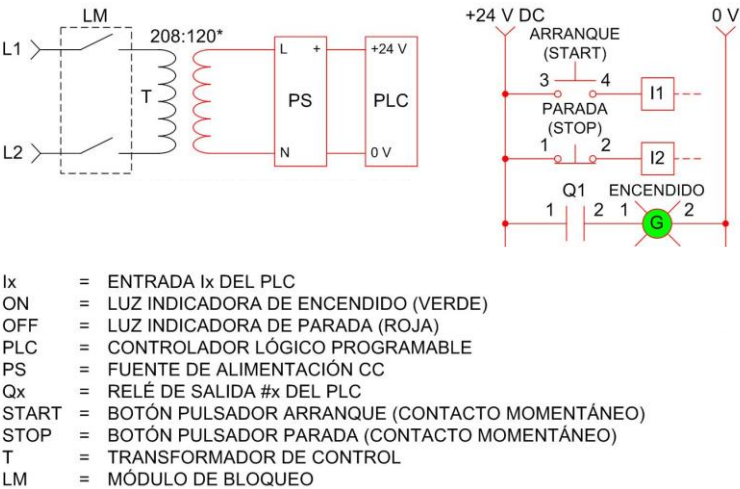


Figura 9.11 Circuito de control de luminaria mediante dos botones pulsadores NA, NC, empleando un PLC.⁸

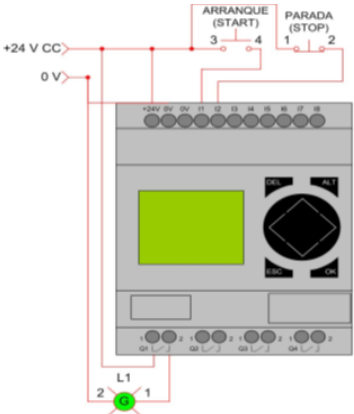


Figura 9.12 Esquema de dispositivos físicos conectados a las entradas I1 e I2 y salida Q1 en el PLC .⁸

Antes de iniciar el ensayo, conecte el transformador de control a dos de las líneas fases de ca. del módulo de bloqueo, instale la fuente de cc. y conecte el PLC respetando la polaridad del voltaje de alimentación.

1. Energice su circuito. La pantalla de PLC presentará el estado de las diferentes entradas y salidas. Presione el botón de "OK" para cambiar al menú principal, y se mostrará el siguiente:



2. Si en la pantalla se muestra que el PLC se encuentra en modo "RUN", pulse el botón cursor hacia abajo y el botón de "OK" para cambiar al modo "STOP". El PLC solamente puede programarse en modo "STOP". Ahora bien, por medio del cursor seleccione el modo "PROGRAM" y pulse el botón de "OK"., En el siguiente menú seleccione "DELETE PROGRAM" pulse el botón "OK" dos veces para borrar el programa que exista en memoria.
3. En el menú de inicio, seleccione "PROGRAM" y pulse el botón de aceptar "OK". En esta nueva pantalla, en la parte superior izquierda, aparecerá un cursor parpadeante.



4. El circuito electromecánico mostrado en la figura 9.10, puede ser traducido en un programa equivalente de lógica en escalera como se muestra en el diagrama siguiente:

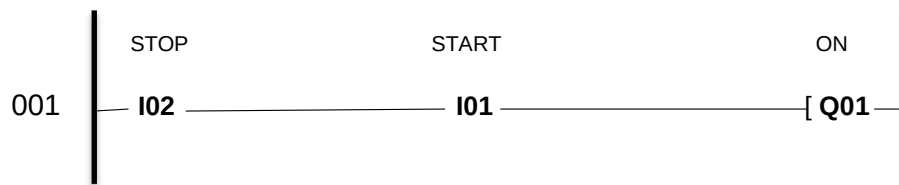
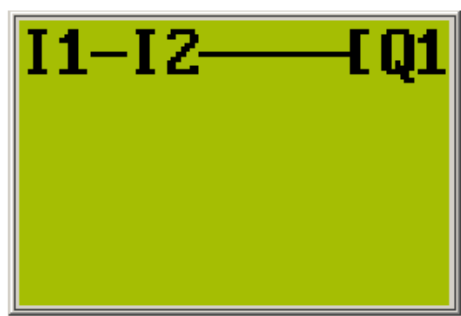
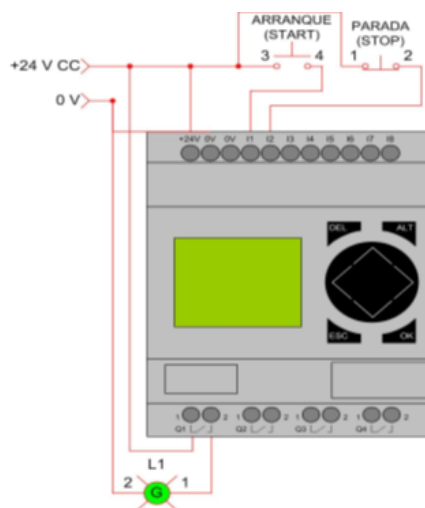


Figura 9.12 Diagrama de lógica en escalera de un circuito para PLC.

Atendiendo las recomendaciones que se señalan en los “Principios de aplicación” (párrafos anteriores), introduzca en el PLC, el programa que a continuación se propone:



5. Completada la programación, pulse el botón de “ESC” y presione el botón de “OK” para que el programa se guarde en la memoria del PLC. Mediante su cursor de botones reconfigure su pantalla al modo “RUN” y pulse “OK”. Desenergice su sistema.
6. Conecte los dispositivos externos (botones pulsadores y lámpara indicadora) de acuerdo al esquema de la figura 9.12.



7. Energice su sistema. En la pantalla se deberá mostrar modo "RUN", pulse el botón de "START", ¿qué sucede, prende la lámpara? _____, explique cuando y porque se apaga: _____

8. ¿Qué sucede en la parte inferior de la pantalla cuando la lámpara se encuentra encendida? _____

 ¿Qué significa este número? _____

9. ¿Cuándo y bajo qué condiciones la lámpara se apagaría al pulsar el botón de apagado "STOP", explique: _____

10. Desenergice su sistema.
11. Con los conocimientos adquiridos en clase y con los adquiridos en laboratorio, deduzca el programa equivalente de lógica en escalera del circuito mostrado en el esquema de las figuras 9.13.

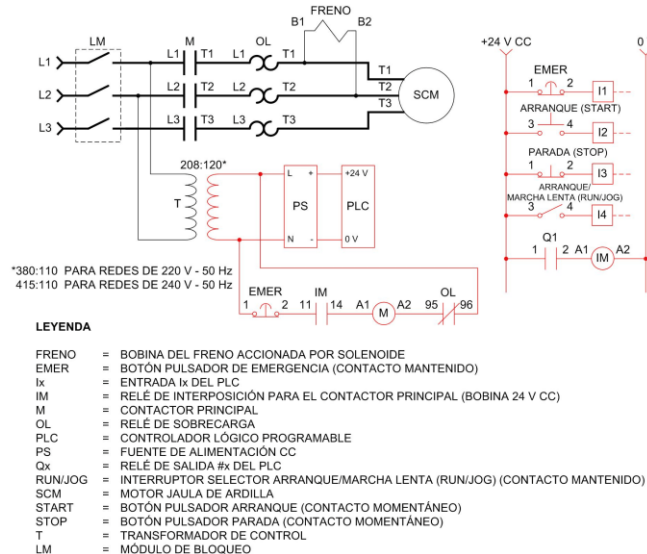


Figura 9.13 Diagrama de conexión de control de un motor con marcha lenta/normal.⁸

12. Repita los pasos 1., 2., y 3., para preparar el PLC en inicio de programación. Introduzca el nuevo programa y complemente esta parte del ensayo atendiendo la instrucción del paso 5.
13. Conecte los dispositivos externos al PLC.
14. Con el interruptor de “Arranque/Marcha lenta” (RUN/JOG) en posición “0” (Marcha lenta) condición abierta, energice el sistema.
15. Pulse el botón de “START”; ¿Cuáles entradas o salidas del PLC se muestran energizadas al tiempo de mantener pulsado el botón de arranque?

16. ¿Cuáles entradas o salidas del PLC están energizadas después de que se deja de pulsar el botón de arranque?
17. Con el interruptor de “Arranque/Marcha lenta” (RUN/JOG) en posición “L” (Arranque) condición cerrada, ¿Cuáles entradas o salidas del PLC se muestran energizadas? _____

18. Pulse el botón de arranque “START”, ¿Qué sucede mientras se presiona sostenidamente el botón de “START”? _____
_____. ¿Cuáles entradas o salidas se muestran energizadas _____
19. ¿Cuáles entradas o salidas del PLC están energizadas después de que se deja de pulsar el botón de arranque?
20. ¿El motor se mantiene rodando después de que se deja de presionar el botón de Arranque “START” ?, explique porque: _____

21. Pulse el botón de paro “STOP”, desenergice su sistema.

- **Cuestionario.**

1. ¿Cuáles son los dispositivos convencionales que pueden ser reemplazados por un PLC?
2. ¿Qué ventajas se observan entre un circuito de control electromecánico convencional y un circuito de control con PLC?

3. ¿Qué diferencias se observan entre un circuito de control electromecánico de escalera convencional y un circuito de control de lógica en escalera?
4. Cuándo se emplea un PLC en un circuito de control, ¿Cuáles son las limitaciones operacionales?
5. Mediante el empleo de un PLC; ¿Se puede controlar la operación coordinada del motor bajo diferentes accionamientos cíclicos?, Explique.

APÉNDICE “A”

Simbología NEMA

I N T E R R U P T O R E S								
DESCONECTADOR DE NAVAJAS	DESCONECTADOR MOLDEADO	MOLDEADO CIELEM. TERMICO	MOLDEADO CIELEM. MAGNETICO	MOLDEADO TERMOMAGNETICO	DE LIMITE		DE PIE	
					NORMAL- MENTE ABIERTO	NORMAL- MENTE CERRADO		
					RETENIDO CERRADO	RETENIDO ABIERTO		
					DE PRESION Y VACIO			
N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	
S E L E C T O R E S								
ACELERANTE	ACELERANTE	ACELERANTE	3 POSICIONES		2 PULSACIONES BOTON DE OPRIMIR			
1.- CONTACTO CERRADO								
1.- CONTACTO CERRADO			1.- CONTACTO CERRADO		1.- CONTACTO CERRADO			

B O T O N E S								LAMPARAS PROTO				
CONTACTO MOMENTANEO				CONTACTO MANTENIDO				ILUMINADO		LA LETRA INDICA EL COLOR		
UN CIRCUITO		DOBLE CIRCUITO		CABEZA TIPO HONGO	BOS DE UN CIRCUITO		UN DOBLE CIRCUITO					
N.O.	N.C.	N.O. Y N.C.										
C O N T A C T O S												
OPERACION INSTANTANEA				DE TIEMPO: LA ACCION DEL CONTACTO ES RETARDADA DESPUES QUE LA BOBINA ES				BOBINAS		RELEVADORES DE SOBRECARGA		INDUCTOR
CON SUPRESOR		SIN SUPRESOR		ENERGIZADA		DESENERGIZADA		DERIVADO	SERIE	TERMICO	MAGNETICO	PUSE DE FLECHO
N.O.	N.C.	N.O.	N.C.	N.O.T.C.	N.C.T.C.	N.O.T.C.	N.C.T.C.					
TRANSFORMADORES				MOTORES C.A.				MOTORES C.D.				
AUTO	N. PIERRO	N. AIRE	ODOR	DOBLE VOLTAGE	UNA FASE	3 FASES	3 FASES 4 HILOS	ROTOR DEV	ARMA BUNA	CAMPO DERIVADO	CAMPO SERIE	CAMPO MIXTO
	</											

SIMBOLOS ESTANDAR PARA DIAGRAMAS LINEALES

ALAMBRADO					CONEXIONES	RESISTENCIAS			CAPACITORES	
NO CONECTADO	CONECTADO	FUERZA	CONTROL	TERMINAL	MECANICA	FIJA	AJUSTABLE CON DERIVACIONES	REOSTATO. POT. O DER. AJUSTABLE	FIJO	VARIABLE
				0 TIERRA	----- BLOQUEO MECANICO ---X--- ELEMENTO CALENTADOR	RES H ELEMENTO CALENTADOR	RES	RH		
ANUNCIADOR	CAMPANA	ZUMBADOR	CORNETA, SIRENA, ETC.	INST. MEDICION	DERIVADOR PARA MEDICION	RECTIFICA- DOR DE ME- DIA ONDA	RECTIFICA- DOR DE ONDA COMPLETA	BATERIA	FUSIBLE	TERMOPAR
				TIPO INDICADO POR LETRAS VM AM					DE POTENCIA O CONTROL	
TUBO IGNITRON	SEMICONDUCTORES									
	DIOODO	DIOODO TUNEL	DIOODO ZENER UNIDIRECCIONAL	DIOODO ZENER BIDIRECCIONAL	FOTOCELDA	TRIAC TRIODO BIDIRECCIONAL	SCR CONTROLADO DE SILICIO	TRANSISTOR UNIJUNTURA PROGRAMABLE	TRANSISTOR	
	TIPO PNP	TIPO NPN	BASE P	BASE N						

SIMBOLOS DE CONTACTOS

SPST N.O.		SPST N.C.		SPDT		TERMINOLOGIA	
APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	APERTURA SENCILLA	APERTURA DOBLE	SPST - UN POLO TIRO SENCILLO	
						SPST - UN POLO TIRO DOBLE	
						DPST - POLO DOBLE TIRO SENCILLO	
						DPDT - POLO DOBLE TIRO DOBLE	
						N.O. - NORMALMENTE ABIERTO	
						N.C. - NORMALMENTE CERRADO	

SIMBOLOS PARA DISPOSITIVOS DE CONTROL CON APERTURA ESTATICA

EL CONTROL DE APERTURA ESTATICA ES UN METODO PARA LA APERTURA DE CIRCUITOS ELECTRICOS SIN USAR CONTACTOS. EN ESPECIAL PARA LOS DISPOSITIVOS DE ESTADO SOLIDO. UTILICE LOS SIMBOLOS ARRIBA MOSTRADOS, EXCEPTO EL INDICADO CON FIGURA DE DIAMANTE.

EJEMPLOS "BOBINA" (ENTRADA)

N.O. INTERRUPTOR DE LIMITE

CONEXIONES DE LOS CIRCUITOS DE POTENCIA Y CONTROL, A TRAVES DE LOS ARRANCADORES.-
600V 6 MENOS.

	1 FASE	2 FASES 4 HILOS	3 FASES
NOMENCLATURA DE LINEAS	L1, L2	L1, L3 - FASE 1 L2, L4 - FASE 2	L1, L2, L3
A TIERRA, CUANDO SE USE	L1 SIEMPRE AISLADA DE TIERRA	---	L3
RELEVADORES DE SOBRECARGA EN ARRANCADORES	1 ELEMENTO 2 ELEMENTOS 3 ELEMENTOS	L1 ---	---
CIRCUITO DE CONTROL CONECTADO A:	L1, L2	L1, L3	L1, L2
PARA REVERSIBLES LINEAS INTERCAMBIABLES	---	L1, L3	L1, L3

APÉNDICE “B”

Parámetros básicos.

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
F001 F201	Frecuencia de consigna por teclado opcional DEX-KEY-...	✓	✓	Frecuencia de 0.0 a 400Hz (0,1Hz)	0.0
F002 F202	Tiempo de aceleración [1]	✓	✓	0.01 – 99.99 (0.01s) 100.0 – 999.9 (0.1s) 1000 – 3000 (1s)	10.00
F003 F203	Tiempo de deceleración [1]				
F004	Sentido de rotación por teclado opcional DEX-KEY-...	✓	✓	00 – Rotación en sentido horario. 01 – Rotación en sentido antihorario.	00

Grupo de parámetros extendidos "A".

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
A001 A201	Selección del tipo de consigna.	-	-	00 – Potenciómetro del teclado opc. DEX-KEY-... 01 – Entrada analógica O/OI (Potenciómetro ext.) 02 – Teclado opcional DEX-KEY (PNU F001 o A020) 03 – Interface serie (Modbus). 10 – Valor calculado.	01
A002 A202	Selección del modo de arranque	-	-	01 – Entradas digitales FWD / REV. 02 – Por teclado opcional DEX-KEY-... (Tecla ON). 03 – Interface serie (Modbus).	01
A003 A203	Frecuencia base	-	-	30 – 400Hz. Frecuencia en la que la tensión de salida alcanza su máximo valor.	50
A004 A204	Frecuencia final	-	-	30 – 400Hz.	50
A005	Selección (AT) de la entrada analógica.	-	-	Al activar la señal AT (PNU C001=16) se cambia entre: 00 – Entrada analógica O y OI. 01 – Rango configurado (PNU A011 hasta PNU A015) y entradas analógicas O y OI. 02 – Entrada analógica O y pot. Teclado opcional DEX-KEY-... 03 – Entrada analógica OI y pot. Teclado opcional DEX-KEY-...	00
A011	Frecuencia con mínimo valor de consigna (Entrada O – L).	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A012	Frecuencia con máximo valor de consigna (Entrada O – L).	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A013	Mínimo valor de referencia entrada analógica (Entrada O – L).	-	✓	0 – 100% del máximo valor 10V o 20mA.	0
A014	Máximo valor de referencia entrada analógica (Entrada O – L).	-	✓	0 – 100% del máximo valor 10V o 20mA.	100
A015	Frecuencia inicial a aplicar con mínimo valor de referencia en entrada analógica (O – L).	-	✓	00 – Se aplica el valor de PNU A011 al motor. 01 – Se aplican 0 Hz al motor.	01
A016	Constante de tiempo para filtro de entrada analógica.	-	✓	1 – 8. 1 es el mínimo filtrado, respuesta rápida a los cambios. 8 es el máximo filtrado lo que provoca una respuesta lenta a los cambios.	8
A020 A220	Frecuencia de consigna por teclado. (PNU A001=2)	✓	✓	0 – 400Hz.	0.0
A021 ... A035	Frecuencias fijas 1 – 15. Codificación binaria.	✓	✓	0 – 400Hz. Selección de frecuencias fijas. *Detalle al final del grupo de parámetros "A".	0.0
A038	Frecuencia en modo JOG	✓	✓	0 – 9.99Hz	1.0

A039 A242	Tipo de paro del motor en modo JOG	-	✓	00 – Paro libre. 01 – Con rampa de deceleración. 02 – Con freno por inyección de corriente continua.	00
A042 A242	Tensión de Boost manual	✓	✓	0 – 20%	5.0
A043 A243	Frecuencia transición para máxima tensión de Boost.	✓	✓	0 – 50%	0.0
A044 A244	Características V/f	-	-	00 – Característica lineal (par constante). 01 – Característica cuadrática (par reducido). 02 – SLV (SensorLess Vector Control) Activo.	00
A045 A245	Tensión de salida	-	-	20 – 100% de la tensión de entrada.	100
A046 A246	Ganancia de la compensación automática de tensión.	✓	✓	0 – 255	100
A047 A247	Ganancia de la compensación automática slip.	✓	✓	0 – 255	100
A051	Freno por inyección de corriente continua (DCB)	-	✓	00 – Inactivo. 01 – Activo.	00
A052	Frecuencia inicial para freno por inyección de corriente continua.	-	✓	0 – 60Hz.	0.5
A053	Tiempo de espera para freno de inyección por corriente continua.	-	✓	0 – 5s.	0.0
A054	Par de frenado por inyección de corriente continua.	-	✓	0 – 100%.	0
A055	Duración del frenado por inyección de corriente continua.	-	✓	0 – 60s.	0.0
A056	Comportamiento al activarse la entrada digital DB. DB (Freno inyección C. Continua).	-	✓	00 – Aplica el tiempo de frenado según PNIU A055. 01 – Continúa la operación.	01
A061 A261	Frecuencia máxima operativa.	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A062 A262	Frecuencia mínima operativa.	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A063	Frecuencia prohibida 1.	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A064	Amplitud del salto 1.	-	✓	0 – 10Hz.	0.5
A065	Frecuencia prohibida 2.	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A066	Amplitud del salto 2.	-	✓	0 – 10Hz.	0.5
A067	Frecuencia prohibida 3.	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A068	Amplitud del salto 3.	-	✓	0 – 10Hz.	0.5
A071	PID en lazo cerrado.	-	✓	00 – Inactivo. 01 – Activo.	00
A072	Componente Proporcional.	✓	✓	0.2 – 5.0	1.0

A073	Componente Integral.	✓	✓	0.0 – 150s.	1.0
A074	Componente Derivada.	✓	✓	0.0 – 100s.	0.0
A075	Factor de realimentación para PID.	-	✓	0.01 – 99.99 (El resultado se visualiza en PNU D004)	1.00
A076	Señal de entrada de la variable de proceso para PID.	-	✓	00 – Por entrada analógica Oi (4 – 20mA). 01 – Por entrada analógica O (0 – 10V). 02 – Por interface serie (MODBUS). 10 – Por valor calculado (PNU A143).	00
A077	Inversión de las señales de entrada de la variable de proceso PID.	-	✓	00 – Desactivado. 01 – Activado.	00
A078	Límite de la señal de salida del regulador PID.	-	✓	0 – 100%	0.0
A081	Función de regulación automática de tensión (AVR).	-	-	00 – Activa. 01 – Inactiva. 02 – Inactiva durante deceleración (DOFF).	00
A082	Salida de tensión motor para función AVR.	-	-	DV51-32...: 200, 215, 220, 230, 240V/ DV51-34...: 380, 400, 415, 440, 460, 480V.	230 / 400
A092 A292	Tiempo de aceleración 2.	✓	✓	0.1 – 3000s.	15.00
A093 A293	Tiempo de deceleración 2.	-	-	0.1 – 3000s.	15.00
A094 A294	Cambio de tiempos de aceleración / deceleración 1 a 2.	-	-	00 – Por entrada digital configurada como 2CH. 01 – Por frecuencia (PNU A095(PNU A295) o PNU A096(PNU A296)).	00
A095 A295	Frecuencia de cambio de aceleración 1 a aceleración 2.	-	-	0.0 – 400Hz.	0.0
A096 A296	Frecuencia de cambio de deceleración 1 a deceleración 2.	-	-	0.0 – 400Hz.	0.0
A097	Curva de aceleración.	-	-	00 – Lineal. 01 – Cuadrática.	00
A098	Curva de deceleración.	-	-	00 – Lineal. 01 – Cuadrática.	00
A101	Frecuencia con mínimo valor de consigna entre Oi – L.	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A102	Frecuencia con máximo valor de consigna entre Oi – L.	-	-	0 – 400Hz.	0.0
A103	Mínimo valor de referencia entrada analógica Oi – L.	-	✓	0 – 100% del máximo valor 10V o 20mA.	0
A104	Máximo valor de referencia entrada analógica Oi – L.	-	-	0 – 100% del máximo valor 10V o 20mA.	100
A105	Frecuencia inicial a aplicar con mínimo valor de consigna en entrada analógica O – L.	-	✓	00 – Se aplica el valor de PNU A101 al motor. 01 – Se aplican 0Hz al motor.	01
A141	Selección entrada de valor A del calculador.	-	✓	00 – Por teclado opcional DEX-KEY-... 01 – Potenciómetro del teclado DEX-KEY-... 02 – Entrada analógica O. 03 – Entrada analógica Oi. 04 – Interface serie (MODBUS).	02

A142	Selección entrada de valor B del calculador.	-	✓	00 – Por teclado opcional DEX-KEY-... 01 – Potenciómetro del teclado DEX-KEY-... 02 – Entrada analógica O. 03 – Entrada analógica Oi. 04 – Interface serie (MODBUS).	02
A143	Operación a realizar por el calculador.	-	✓	00 – Suma (A + B). 01 – Resta (A - B). 02 – Multiplicación (A x B).	00
A145	Offset de frecuencia del calculador.	✓	✓	0 – 400Hz.	0.0
A146	Signo del Offset de frecuencia del calculador.	-	✓	Signo a aplicar al PNU A145. 00 – Signo positivo (+). 01 – Signo negativo (-).	00
A151	Frecuencia con máximo valor de consigna por potenciómetro. (Teclado opcional).	-	✓	0 – 400Hz.	0.0
A152	Frecuencia con mínimo valor de consigna por potenciómetro. (Teclado opcional).				
A153	Mínimo valor de referencia (offset) potenciómetro. (Teclado opcional).	-	✓	0 – 100%.	0
A154	Máximo valor de referencia (offset) potenciómetro. (Teclado opcional).				100
A155	Frecuencia inicial a aplicar con mínimo valor de referencia potenciómetro. (Teclado opcional).	-	✓	00 – Se aplica el valor de PNU A151 al motor. 01 – Se aplican 0Hz al motor.	01

Frecuencias fijas.

Con las entradas digitales configuradas como FF1 a FF4 se pueden seleccionar hasta 15 frecuencias fijas, definibles por el usuario, como consignas de frecuencia, según las entradas activadas (ver tabla). No es obligatorio usar todas las entradas. Utilizando 3 entradas se puede escoger entre 7 frecuencias fijas, mientras que con 2 entradas podremos disponer de 3 frecuencias fijas, en ambos casos, si no hay ninguna entrada activada la frecuencia de consigna le viene dada por la entrada analógica o por el teclado.

Las frecuencias fijas tienen prioridad sobre cualquier otra consigna y se pueden activar en cualquier momento a través de las entradas configuradas como FF1 a FF4.

Tabla de frecuencias fijas (0 = entrada desactivada, 1 = entrada activada).

FREC. Fija	PNU	FF4	FF3	FF2	FF1
F1 A021	0	0	0	0	1
F2 A022	0	0	0	1	0
F3 A023	0	0	0	1	1
F4 A024	0	1	0	0	0
F5 A025	0	1	0	0	1
F6 A026	0	1	1	0	0
F7 A027	0	1	1	1	1
F8 A028	1	0	0	0	0
F9 A029	1	0	0	0	1
F10 A030	1	0	0	1	0
F11 A031	1	0	0	1	1
F12 A032	1	1	0	0	0
F13 A033	1	1	0	0	1
F14 A034	1	1	1	0	0
F15 A035	1	1	1	1	1

Grupo de parámetros extendidos "B".

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
B001	Modo de re-arranque después de un fallo de alimentación.	-	✓	00 – Re-arranque desactivado. 01 – Re-arranque desde frecuencia inicial, finalizado el tiempo de PNU B003. 02 – Re-arranque con sincronización a velocidad y aceleración motor, finalizado el tiempo programado en el PNU B003. 03 – Re-arranque con sincronización a velocidad y parada con rampa de deceleración. Muestra un mensaje de fallo.	00
B002	Tiempo permitido con subtensión.	-	✓	0.3 – 25s.	1.0
B003	Tiempo de espera antes del re-arranque automático, tras un fallo de alimentación	-	✓	0.3 – 100s. Durante el retraso aparece en pantalla: 	1.0
B004	Genera el mensaje de fallo al producirse un fallo de alimentación.	-	✓	00 – Desactivado. 01 – Activado.	00
B005	Nº de intentos de re-arranque después del fallo de alimentación.	-	✓	00 – 16 intentos. 01 – Sin límite de intentos.	00
B012 B212	Intensidad para protección térmica electrónica del motor.	-	✓	0.2 – 1.2 x In Siendo <i>In</i> la Intensidad nominal del convertidor.	XX (In)
B013 B213	Característica protección térmica electrónica del motor. (Curva de par).	-	✓	00 – Par reducido 1. 01 – Par constante. 02 – Par reducido 2.	01
B021 B221	Comportamiento de la limitación de intensidad máxima de salida.	-	✓	00 – Desactivada. 01 – Activada excepto en deceleración. 02 – Activada solo a velocidad constante.	01
B022 B222	Intensidad máxima de salida. Límite para mostrar el fallo.	-	✓	0.1 – 1.5 x In Siendo <i>In</i> la Intensidad nominal del convertidor.	In x 1.5
B023 B223	Tiempo con intensidad máx. en deceleración.	-	✓	0.1 – 3000s	1.0
B028 B228	Selección del límite de intensidad máxima de salida.	-	✓	00 – Valor definido en parámetro B022. 01 – Entrada analógica de tensión (0 - L).	01
B031	Protección de parámetros.	-	✓	00 – Si la entrada SFT está activa, parámetros bloqueados excepto B031. 01 – Si la entrada SFT está activa, parámetros bloqueados experto B031 & F001. 02 – Parámetros bloqueados excepto B031. 03 – Parámetros bloqueados excepto B031 & F001. 10 – Parámetros extendidos en modo RUN.	01
B080	Ganancia para salida analógica. AM.	✓	✓	0 - 255	1 %
B082	Incremento frecuencia de inicio.	-	✓	0.5 – 9.9Hz	0.5

B083	Frecuencia portadora.	-	-	2 – 14KHz	5.0
B084	Inicialización.	-	-	00 – Borrar histórico de fallos. 01 – Restablecer parámetros de fábrica. 02 – Borrar histórico de fallos y restablecer parámetros de fábrica.	-
B085	Configuración del sistema en función del país o zona.	-	-	00 – Japón. 01 – Europa. 02 – USA.	01
B086	Factor de multiplicación para la visualización de la frecuencia de salida.	✓	✓	0.1 – 99.9 La frecuencia visualizada en D001 multiplicada por este factor se muestra en el parámetro D007.	1.0
B087	Comportamiento de la tecla Off. (Teclado opcional).	-	✓	00 – Activada. 01 – Desactivada.	00
B088	Re-arranque motor al desactivar la entrada FRS (Free Run Stop).	-	✓	00 – Re-arranque desde 0Hz. 01 – Re-arranque con sincronización a velocidad y aceleración del motor.	00
B090	Transistor de frenado. % Utilización en intervalos de 100s.	-	✓	0 – 100% 0% <i>Transistor de frenado deshabilitado</i> > 0% <i>Transistor de frenado, habilitado</i>	00
B091	Paro del motor por tecla Off. (Teclado opcional).	-	-	00 – Paro hasta 0Hz con rampa de deceleración. 01 – Paro libre hasta 0Hz.	00
B092	Control del ventilador.	-	-	00 – Ventilador siempre conectado. 01 – Ventilador parado después de 5 min en Stop. 02 – Ventilador controlado por temperatura.	00
B095	Control transistor de frenado.	-	✓	00 – Transistor de frenado desactivado. 01 – Transistor de frenado activado en modo RUN. 02 – Transistor de frenado siempre activado.	00
B096	Tensión de activación del transistor de frenado.	-	✓	330 – 395V Alimentación 230VAC. 660 – 790V Alimentación 400VAC.	360 720
B130	Paro de rampa de deceleración por sobre tensión en circuito intermedio. (DC Link).	✓	✓	00 – Desactivado. 01 – Activado.	00
B131	Tensión en circuito intermedio para detener la rampa de deceleración.	✓	✓	330 – 395V Alimentación 230VAC. 660 – 790V Alimentación 400VAC.	380 760
B140	Anular el paro de motor por sobre intensidad.	-	✓	00 – Desactivado. 01 – Activado.	00
B150	Reducción automática de la frecuencia portadora por sobre temperatura.	-	✓	00 – Desactivado. 01 – Activado.	00
B151	Reducción del tiempo de respuesta del convertidor por señal de control.	✓	✓	00 – Desactivado. 01 – Activado.	00

Grupo de parámetros extendidos "C".

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
C001	Funciones entrada digital 1	-	-	00 – FWD - Rotación horaria.	00
C201				01 – REV - Rotación antihoraria.	
C002	Funciones entrada digital 2			02 – CF1 - Frecuencia fija, bit 0.	01
C202				03 – CF2 - Frecuencia fija, bit 1.	
				04 – CF3 - Frecuencia fija, bit 2.	
				05 – CF4 - Frecuencia fija, bit 3.	
C003	Funciones entrada digital 3			06 – JOG - Modo JOG.	02
C203				07 – DB - Freno por inyección corriente continua.	
				08 – SET - Selección del 2º juego de parámetros.	
C004	Funciones entrada digital 4			09 – ZCH - 2ª rampa aceleración, deceleración.	03
C204				11 – FRS - Free Run Stop. Convertidor inhibido.	
				12 – EXT - Mensaje de fallo externo.	
C005	Funciones entrada digital 5			13 – USP - Re arranque inhibido.	18
C205				15 – SFI - Protección de parámetros.	
				16 – AT - Selección entrada OI (4-20mA).	
				18 – RST - Reset del fallo.	09
C006	Funciones entrada digital 6			19 – PTC - Entrada termistor (sólo entrada digital 5).	
C206				20 – STA - Control de marcha mediante 3 hilos.	
				21 – STP - Control de paro mediante 3 hilos.	
				22 – FR - Sentido de giro mediante 3 hilos.	
				23 – PID - Activación del regulador PID.	
				24 – PIDC - Reset componente integral del PID.	
				27 – UP - Moto potenciómetro, aumenta velocidad.	
				28 – DWMN - Moto potenciómetro, disminuye vel.	
				29 – UDC - Reset al valor del Moto potenciómetro.	
				31 – OPE - Operación por teclado opcional.	
				50 – ADD - Suma el valor de A145 a la frecuencia.	
				51 – F-TM - Entrada digital de respuesta rápida.	
				52 – RDY - Incrementa el tiempo de respuesta.	
				53 – SP-SET - 2º juego parámetros, func. especiales.	
C011	Lógica de la entrada digital 1.	-	-	00 – Función activa al recibir la señal.	00
C012	Lógica de la entrada digital 2.			01 – Función activa al NO recibir la señal.	
C013	Lógica de la entrada digital 3.				
C014	Lógica de la entrada digital 4.				
C015	Lógica de la entrada digital 5.				
C016	Lógica de la entrada digital 6.				
C021	Indicación salida digital 1.	-	-	00 – RUN Operación activa, motor funcionando.	01
C022	Indicación salida digital 2.	-	-	01 – FA1 Frecuencia de consigna alcanzada.	00
				02 – FA2 Frecuencia de salida sobrepasa el valor del parámetro C042 o C043.	
C026	Indicación relé K1.	-	-	03 – OL Aviso de sobrecarga. I. máx. Salida C041.	05
				04 – OD Desviación PID. Diferencia superior al C044.	
				05 – AL Mensaje de fallo o alarma.	
				06 – DC Aviso, valor de entrada analógica O menor que el valor de B082 o señal en OI menor que 4mA.	
				07 – FBV Aviso, diferencia entre valor actual y consigna superior a lo programado en C044.	
				08 – NDC Aviso, Watchdog timer. C076.	
				09 – LOG Resultado operación lógica de C143.	
				10 – Odc Aviso, valor de entrada analógica O > 10V o señal en OI > 20mA.	

C028	Indicación S. analógica AM.	-	-	00 – (F-out) Indicación frecuencia actual de salida. 01 – (F-out) Indicación corriente actual de salida.	00
C031	Lógica Salida digital 1.	-	-	00 – Contacto normalmente abierto (NO). 01 – Contacto normalmente cerrado (NC).	00
C032	Lógica Salida digital 2.	-	-		00
C036	Lógica Salida relé K1.	-	-		01
C041	Función de las salidas.	-	✓	0 – 2 x In. Siendo In la Intensidad nominal del convertidor.	In
C241	Umbral de sobrecarga (OL).	-	✓		
C042	Función de las salidas. Nivel por el que se activa la salida FA2 en la aceleración.	-	✓	0 – 400Hz	0.0
C043	Función de las salidas. Nivel por el que se activa la salida FA2 en la deceleración.	-	✓	0 – 400Hz	0.0
C044	Función de las salidas. Nivel máximo de desviación PID permitido por el que se activa la salida OD, FBV.	-	✓	0 – 100%	3.0
C052	Regulador PID. Desactivación 2º nivel.	-	✓	0 – 100%	100
C053	Regulador PID. Activación 2º nivel.	-	✓	0 – 100%	0.0
C071	Velocidad de comunicación.	-	✓	04 – 4.800 baudios. 05 – 9.600 baudios. 06 – 19.200 baudios.	06
C072	Dirección de comunicación.	-	✓	1 – 32	1
C074	Paridad de comunicación.	-	✓	00 – Sin paridad. 01 – Paridad par. 02 – Paridad impar.	00
C075	Stop bits de comunicación.	-	✓	1 – 1 bit de paro. 2 – 2 bits de paro.	1
C076	Respuesta del convertidor ante errores de comunicación.	-	✓	00 – Detiene el motor y muestra error E60. 01 – Decelera con rampa hasta 0Hz y muestra E60. 02 – Desactiva el / los convertidores. 03 – FRS Free Run Stop. Convertidor inhibido. 04 – DEC. Paro hasta 0Hz con rampa deceleración.	02
C077	Watchdog de comunicación.	-	✓	0 – 99.99s	0.00
C078	Tiempo de espera para mostrar fallo de comunicación.	-	✓	0 – 1000ms.	0
C081	Ajuste entrada analógica O.	-	✓	0 – 200%	100
C082	Ajuste entrada analógica OL.	-	✓	0 – 200%	100
C085	Ajuste termistor.	✓	✓	0 – 200%	100
C086	Ajuste offset salida analog. AM.	✓	✓	0 – 10V	0.0

C.091	Modo debug, parámetro de error.	✓	✓	00 – No muestra el parámetro. 01 – Muestra el parámetro.	00
C.101	Moto potenciómetro. Valor de consigna después de fallo de alimentación.	-	✓	00 – Borra último valor y usa el valor de F001. 01 – Usa el valor introducido con las teclas $\uparrow$ $\downarrow$.	00
C.102	Respuesta con señal de RESET.	-	✓	00 – Con flanco de subida, reset del fallo y para el motor si este se encuentra en Run. 01 – Con flanco de bajada, reset del fallo y para el motor si este se encuentra en Run. 02 – Con flanco de subida, solo reset de fallo.	00
C.141	Función lógica de la entrada A.	-	-	00 – RUN Operación activa, motor funcionando. 01 – FA1 Frecuencia de consigna alcanzada.	00
C.142	Función lógica de la entrada B.	-	-	02 – FA2 Frecuencia de salida sobrepasa el valor del parámetro C.042 o C.043. 03 – OL Aviso de sobrecarga. I. máx. Salida C.041. 04 – OD Desviación PID. Diferencia superior al C.044 05 – AL Mensaje de fallo o alarma. 06 – DC Aviso, valor de entrada analógica O menor que el valor de B082 o señal en OI menor que 4mA. 07 – FBV Aviso, diferencia entre valor actual y consigna superior a lo programado en C.044. 08 – NDC Aviso, Watchdog timer. C.076. 10 – Odc Aviso, valor de entrada analógica O > 10V o señal en OI > 20mA.	01
C.143	Selección de la función lógica. LOG	-	-	00 – LOG = A AND B, lógica A y B. 01 – LOG = A OR B, lógica A o B. 02 – LOG = A XOR B, lógica A o exclusiva B.	00
C.144	Salida 11. Tiempo retardo ON.	-	✓	0 – 100s.	0.0
C.145	Salida 11. Tiempo retardo OFF.				
C.146	Salida 12. Tiempo retardo ON.				
C.147	Salida 12. Tiempo retardo OFF.				
C.148	Relé K1. Tiempo retardo ON.				
C.149	Relé K1. Tiempo retardo OFF.				

Resumen de parámetros agrupados por temas.

1.0 Parámetros de Datos del Motor.

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
H003 H203	Potencia de motor (KW) Asociada a la tensión nominal.	-	-	0.2, 0.4, 0.55, 0.75, 1.1, 1.5, 2.2, 3.0, 4.0, 5.5, 7.5, 11.0 El valor por defecto depende del modelo elegido.	-
H004 H204	Número de polos del motor.	-	-	2, 4, 6, 8. Valores Estándar aproximados: 2polos – 3.000rpm. 4polos – 1.500rpm. 6polos – 750rpm. 8polos – 375rpm.	4
H006 H206	Constante de estabilización del motor.	✓	✓	00 – 255.	100
H007 H207	Tensión asignada al motor.	-	-	00 – 200V (230VAC) 01 – 400V El valor por defecto depende del modelo elegido.	-

2.0 Parámetros del Motor – Control.

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
A044 A244	Características V/f	-	-	00 – Característica lineal (par constante). 01 – Característica cuadrática (par reducido). 02 – SLV (SensorLess Vector Control) Activo.	00

2.1 Parámetros del Motor – Control Automático de Tensión AVR.

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
A081	Función de regulación automática de tensión (AVR).	-	-	00 – Activa. 01 – Inactiva. 02 – Inactiva durante deceleración (DOFF).	00
A082	Salida de tensión motor para función AVR.	-	-	DV51-32..... 200, 215, 220, 230, 240V. DV51-34..... 380, 400, 415, 440, 460, 480V.	230 / 400

2.2 Parámetros del Motor – Límites.

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
A003 A203	Frecuencia base	-	-	30 – 400Hz. Frecuencia en la que la tensión de salida alcanza su máximo valor.	50
A004 A204	Frecuencia final	-	-	30 – 400Hz.	50
B082	Incremento frecuencia de inicio.	-	✓	0.5 – 9.9Hz	0.5

12.0 Parámetros de Visualización – Valores y Estados Principales.

PNU	Nombre	RUN	b031=10	Función	V.P.D.
D001	Frecuencia de salida [Hz]	✓	✓	Muestra la frecuencia de salida del variador 0.0 a 400Hz (0,1Hz).	-
D002	Intensidad de salida [A]	✓	✓	Muestra la intensidad de salida del variador 0.0 a 999.9 (0,1Hz).	-
D003	Sentido de rotación	✓	✓	F = Sentido horario (FW – Forward) R = Sentido antihorario (REV – Reverse) 0 = Paro	-
D004	Valor señal de realimentación PID. Valor actual x factor (PNU A075)	✓	✓	8.0 - 99.99 (0,01%) 100.00 - 999.9 (0,1%) 1000 - 9999 (1%)	-
D005	Estado de entradas digitales	✓	✓	Ejemplo: Entradas 1, 3, 5 = On & 2, 4, 6 = Off. 	-
D006	Estado de las salidas digitales	✓	✓	Ejemplo: Salidas 11 y K14 = On & 12 = Off 	-
D007	Frecuencia de salida x Factor (PNU b086)	✓	✓	Visualiza el producto de la frecuencia de salida por el factor previamente programado en el PNU b086. Ejemplo: Visualización del nº de revoluciones de un motor de 1500 r.p.m. Poner PNU b086 a 30 obteniendo así d07= 0 a 1500 r.p.m.	-
D013	Tensión de salida [V]	✓	✓	Tensión de salida. Rango de 0 a 600 V (1V).	-
D016	Tiempo de funcionamiento de la operación actual.	✓	✓	Tiempo de marcha de la operación actual: 0 a 9999 (1h) 10000 a 99990 (10h) 1000000 a 999000 (1000h)	-
D017	Tiempo de funcionamiento total.	✓	✓	Tiempo de marcha total: 0 a 9999 (1h) 10000 a 99990 (10h) 1000000 a 999000 (1000h)	-
D080	Número de fallos ocurridos	✓	✓	Número de fallos totales de 0 a 65530	-
D081	Indicación de fallo [1] Datos de la última alarma	✓	✓	Último fallo (Ex0). Pulsando la tecla PRG aparecen los datos almacenados al producirse el fallo.	-
D082	Indicación de fallo [2]			- Frecuencia (Hz)	
D083	Indicación de fallo [3]			- Corriente (A)	
				- Tensión del circuito intermedio (VDC)	
				- Horas de funcionamiento de la operación.	
				- Total de horas con alimentación.	

BIBLIOGRAFÍA.

Nacional Electrical Manufacturers Association. *NEMA and IEC Devices for Motor Services – A guide For Understanding the Differences ICS 2.4-2003.*

Nacional Electrical Manufacturers Association. *Industrial Control and Systems Diagrams, Device Designations, and Symbols. ICS 19-2002.*

Sistema didáctico en controles Industriales. *Manuales. Control de Base, Variadores de velocidad, Controles Lógicos Programables Lav-Volt. 2008.*

Control de Motores Eléctricos. *Manuales del Mar de Electricidad y Electrónica. Walter N. Alerich. Ed. LIMUSA.*

Manual de Equipo de Control Eléctrico de Motores SQUARE D.

Control de Motores Eléctricos. *Gilberto Henríquez Harper. Ed. LIMUSA, 1998.*

Manual del usuario, Micro Controlador Programable marca WEG.

Manual de equipo, Inversor de Frecuencia DF51 marca Moeller.

Manual del usuario. PLC EASY 512-DC-R marca EATON MOELLER.