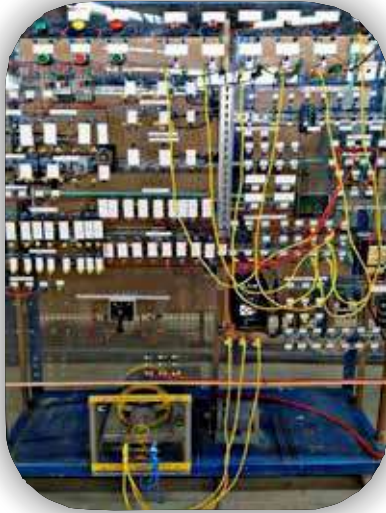


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN



Control electromecánico (Manual de prácticas)

Ing. Esp. Angel Isaías Lima Gómez



Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Comité Editorial
Secretaría General
Coordinación de Comunicación y Extensión Universitaria
Departamento de Publicaciones Académicas

Trabajo realizado con el apoyo de los programas:

PAPIIT IA102323
PAPIME PE104224

Primera edición, 10 de enero de 2025
D. R. © 2025 Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México.
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Comité Editorial
Secretaría General
Coordinación de Comunicación y Extensión Universitaria
Departamento de Publicaciones Académicas
Km 2.5 carretera Cuautitlán-Teoloyucan,
San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 54714.
www.cuautitlan.unam.mx

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Reproducido y hecho en México.

Índice de tablas

Tabla 1.	Tabla de verdad de las combinaciones de los interruptores	90
Tabla 2.	Tabla de velocidades del variador de frecuencia <i>EATON MVX 9000</i>	103

Índice de figuras

Figura 1.	Paro y arranque a dos hilos en CADe-simu	16
Figura 2.	Bornes de alimentación trifásica	17
Figura 3.	Configuración doble estrella para 440V/220V	17
Figura 4.	Circuito de control y fuerza a tres hilos en CADe-simu	18
Figura 5.	Circuito de control y mando a tres hilos con señalización en CADe-simu	19
Figura 6.	Conexión de un motor monofásico con capacitor de arranque con un interruptor de tambor	24
Figura 7.	Posiciones de un interruptor de tambor: a) marcha adelante, b) motor en paro	25
Figura 8.	Conexión de un motor trifásico de inducción a un interruptor de tambor	26
Figura 9.	Circuito de inversión de giro de un motor trifásico de inducción mediante contactores en CADe-simu	27
Figura 10.	Diagrama eléctrico de tres lámparas piloto en secuencia mediante temporizadores en CADe-simu	32
Figura 11.	Circuito de fuerza para inversión de giro cíclico de un motor en CADe-simu	33
Figura 12.	Circuito de control para inversión de giro cíclico de un motor en CADe-simu	34
Figura 13.	Diagrama eléctrico de un arranque directo a tres hilos en CADe-simu	39

Figura 14.	Arrancador suave Cutler Hammer	40
Figura 15.	Diagrama eléctrico de un arranque suave en CADe-simu (circuito a realizar)	41
Figura 16.	Relevador inteligente LOGO 230RC	46
Figura 17.	Diagrama de conexiones del relevador inteligente LOGO 230RC	46
Figura 18.	Circuito de control para arranque y paro de un motor a tres hilos en CADe-simu	48
Figura 19.	Circuito de control para arranque y paro de un motor a tres hilos en software LOGO	49
Figura 20.	Circuito para la inversión de giro manual de un motor trifásico de inducción en CADe-simu	50
Figura 21.	Circuito de control para la inversión de giro manual de un motor trifásico de inducción	51
Figura 22.	Relevador inteligente LOGO Siemens	55
Figura 23.	Diagrama de conexión para luminarias	55
Figura 24.	Relevador inteligente Zelio SR3B101	60
Figura 25.	Pantalla de selección del modelo de Zelio	60
Figura 26.	Selección de lenguaje de programación en Zelio	61
Figura 27.	Diagrama escalera para encender una lámpara	61
Figura 28.	Menú para declarar variables	61
Figura 29.	Instrucciones para cambio de estado de un interruptor	61
Figura 30.	Diagrama de conexión de Zelio	62
Figura 31.	Diagrama en CADe-simu y alambrado de dispositivo Zelio	63
Figura 32.	Diagrama Ladder para cambio de giro de un motor trifásico	64
Figura 33.	Alambrado de Zelio y diagrama de conexión en CADe-simu	64
Figura 34.	Variador de frecuencia <i>Yaskawa J7</i>	69
Figura 35.	Diagrama de conexión del <i>Yaskawa J7</i> al motor trifásico	70
Figura 36.	Comando de instrucciones para la programación del dispositivo	72

Figura 37.	Esquema de instrucciones para un cambio de giro	72
Figura 38.	Serie de comandos para el frenado del motor	74
Figura 39.	Circuito de control para arranque y cambio de giro	75
Figura 40.	Lista de comando para monitorear la frecuencia	76
Figura 41.	Identificación de componentes del variador de frecuencia <i>Yaskawa J7</i>	81
Figura 42.	Diagrama de conexión del <i>Yaskawa J7</i> al motor trifásico	82
Figura 43.	Circuito de Control a tres hilos en el <i>Yaskawa J7</i>	83
Figura 44.	Comandos para detener el motor mediante desaceleración	84
Figura 45.	Diagrama de bloques para arranque y paro de terminales	85
Figura 46.	Programación requerida para la desaceleración en rampa con un tiempo determinado	86
Figura 47.	Circuito de control de multivelocidades	87
Figura 48.	Configuración para multivelocidades	89
Figura 49.	Variador de frecuencia <i>EATON MVX9000</i>	94
Figura 50.	Descripción de las partes del variador de frecuencia <i>EATON MVX9000</i>	94
Figura 51.	Diagrama de conexiones del circuito de fuerza del variador de frecuencia <i>EATON MVX9000</i>	95
Figura 52.	Diagrama de bloques para el arranque de un motor trifásico con el variador de velocidad <i>EATON MVX9000</i>	97
Figura 53.	Diagrama de conexiones del circuito de control de velocidades del variador de frecuencia	98
Figura 54.	Diagrama de bloques para múltiples velocidades con el variador de frecuencia <i>EATON MVX9000</i>	102
Figura 55.	Controlador lógico <i>ELC Eaton</i>	107
Figura 56.	Programación mediante el submenú	107

Figura 57.	Orientación vertical u horizontal de los elementos programables	108
Figura 58.	Diagrama escalera para los timers (TMR)	108
Figura 59.	Comando de finalización en Ladder	108
Figura 60.	Diagrama general de programación en Ladder	108
Figura 61.	Botón para iniciar simulación	109
Figura 62.	Botón para comenzar la depuración	109
Figura 63.	Ejemplo de simulación	110
Figura 64.	Conexión de entrada del ELC	110
Figura 65.	Conexión de salida del ELC	110
Figura 66.	Botón de enlace con el ELC	111

Índice

Agradecimientos	11
Introducción	12
Reglas de seguridad que se deben tomar en las prácticas	13
Práctica 1.	
Circuito a dos y tres hilos	14
Objetivos	15
Temas sugeridos	15
Equipo	15
Desarrollo	16
Cuestionario	21
Práctica 2.	
Inversión de giro	22
Objetivos	23
Temas sugeridos	23
Equipo	23
Desarrollo	24
Cuestionario	29
Práctica 3.	
Arranque en cascada e inversión de giro con temporizadores	30
Objetivos	31
Temas sugeridos	31
Equipo	31
Desarrollo	32
Cuestionario	36
Práctica 4.	
Arranque directo y arranque suave de un motor trifásico	37
Objetivos	38
Temas sugeridos	38
Equipo	38
Desarrollo	39
Cuestionario	43

Práctica 5.	
Relevador inteligente logo siemens parte 1	44
Objetivos	45
Temas sugeridos	45
Equipo	45
Desarrollo	46
Cuestionario	52
Práctica 6.	
Relevador inteligente logo siemens parte 2	53
Objetivos	54
Temas sugeridos	54
Equipo	54
Desarrollo	55
Cuestionario	57
Práctica 7.	
Relevador inteligente zelio	58
Objetivos	59
Temas sugeridos	59
Equipo	59
Desarrollo	60
Cuestionario	66
Práctica 8.	
Variador de velocidad <i>Yaskawa J7</i> parte 1	67
Objetivos	68
Temas sugeridos	68
Equipo	68
Desarrollo	69
Cuestionario	78
Práctica 9.	
Variador de velocidad <i>Yaskawa J7</i> parte 2	79
Objetivos	80
Temas sugeridos	80
Equipo	80
Desarrollo	81
Cuestionario	91

Práctica 10.	
Variador de velocidad <i>EATON MVX9000</i>	92
Objetivos	93
Temas sugeridos	93
Equipo	93
Desarrollo	94
Cuestionario	104
Práctica 11.	
Controlador lógico <i>EATON ELC</i>	105
Objetivos	106
Temas sugeridos	106
Equipo	106
Desarrollo	107
Cuestionario	112
Referencias	113

Agradecimientos

Trabajo realizado con el apoyo de los programas:

PAPIIT IA102323

PAPIME PE104224

A los prestadores de servicio Social

A mi familia

Lima Domínguez

Introducción

El control electromecánico es una asignatura teórica práctica obligatoria de sexto semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica del plan de estudios 2012 con clave 1622, la cual contempla impartir tres horas teóricas y un laboratorio de dos horas a la semana para complementar la formación de los estudiantes.

Es importante contar con un manual de prácticas que cumpla con los temas y objetivos de la asignatura de control electromecánico, por eso, el presente manual contiene una serie de prácticas para realizar una evolución del control electromecánico desde su principio más básico como el interruptor de tambor, los interruptores de límite, pulsadores (control manual), etcétera, hasta los elementos que son representativos del control electromecánico como son los contactores, relevadores, temporizadores *on*, *off delay* y más accesorios de señalización para realizar (control semiautomático).

Con todos estos elementos se tendrán los conocimientos necesarios para realizar prácticas con elementos de control inteligente más representativos, relevadores inteligentes, variadores de velocidad, arrancadores suaves y PLC para elaborar prácticas de control automático. Esta evolución, permite entender, realizar de la mejor manera la experimentación y cumplir con los objetivos de la asignatura.

Se desarrolló un manual de control electromecánico en los laboratorios de la sección eléctrica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán del Departamento de Ingeniería que cumple con los fundamentos experimentales necesarios para los alumnos de Ingeniería Mecánica Eléctrica y afines.

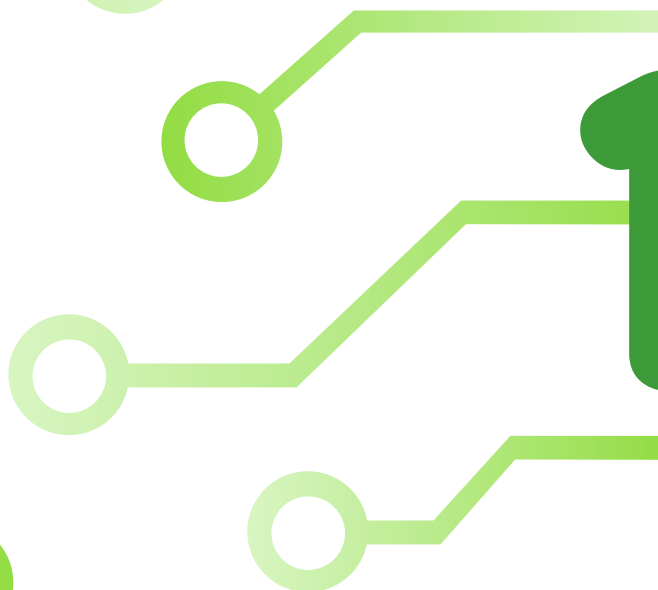
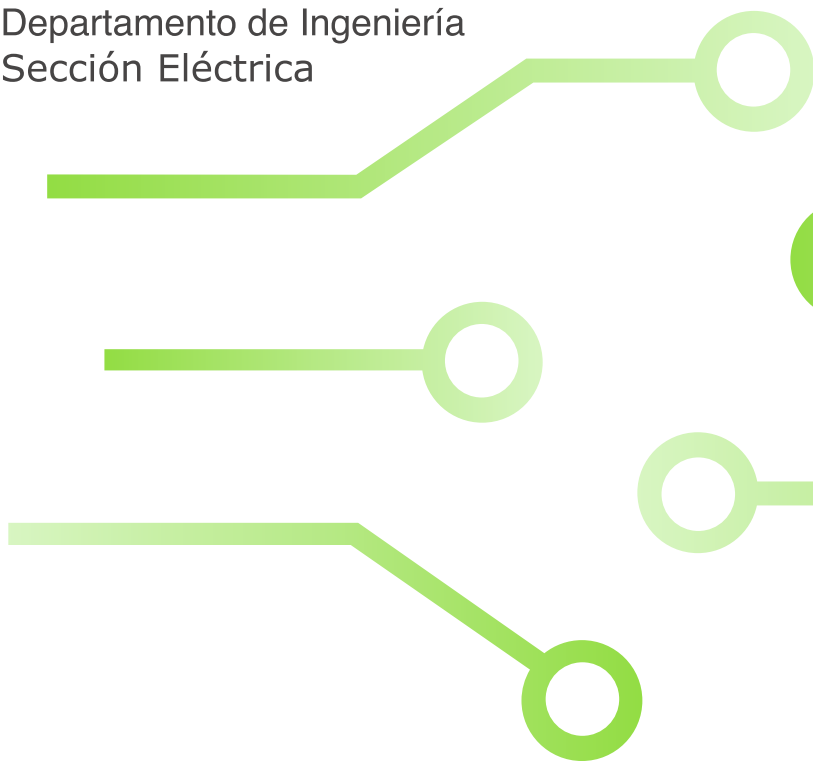
Cabe mencionar que este manual de laboratorio se apoyó para la realización de los diagramas y circuitos eléctricos con el uso del *software*, CADE-simu versión V4.2, y en la programación de los ejercicios en



escalera y bloques, se apoyó en *LOGO soft*, *Zelio soft* y, *ELC Eaton*. Con todo esto, el objetivo principal de este manual es ejemplificar las prácticas más representativas del control electromecánico.

Reglas de seguridad que se deben tomar en las prácticas

- Concentrarse en cada una de las actividades que se van a realizar.
- Analizar las condiciones en las que se encuentra la herramienta, el material y el espacio de trabajo.
- En caso de encontrar cables, equipos o material dañando, informar inmediatamente al encargado del laboratorio.
- Hay que recordar que todo el equipo está en constante uso, por lo cual, cerciorarse del estado y analizar cada detalle (fusibles, interruptores, conectores y módulo de trabajo).
- Tener orden en la mesa de trabajo.
- No trabajar en pisos mojados.
- No trabajar solo.
- Trabajar con guantes dieléctricos para eliminar el paso directo de la corriente.
- Evitar hacer movimientos bruscos.
- Evitar distraer a los compañeros.
- Siempre pedir la autorización del profesor antes de energizar el circuito.



Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Circuito a dos y tres hilos

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de *Contactor TeSysD de 12A, 440V, 3 Polos, 3 Fases, bobina de 110V* [Fotografía], por Schneider Electric, 2024, (<https://www.se.com/mx/es/product/LC1D12F7/contactor-tesysd-de-12a-440v-3-polos-3-fases-bobina-de-110v/>).

Objetivos

El alumnado:

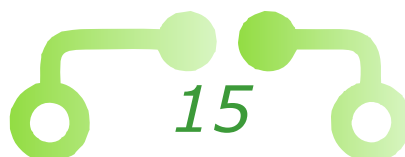
- Examinará un circuito de fuerza y control con el paro y arranque de un motor a dos y tres hilos.
- Practicará las conexiones para controlar un motor a dos y tres hilos mediante un contactor.
- Aplicará los conocimientos al conectar un motor con la señalización del paro y arranque de un motor mediante contactores auxiliares.

Temas sugeridos

- Estudio de simbología utilizada para los diagramas de control y fuerza.
- Circuito de fuerza y circuito de control eléctrico.
- Contactor (funcionamiento, características, partes que lo conforman).
- Normativa de control americana, europea y nacional.

Equipo

- Cables de conexión banana-banana.
- Motor trifásico de inducción.
- Módulo de control.
- Módulo de interruptores.

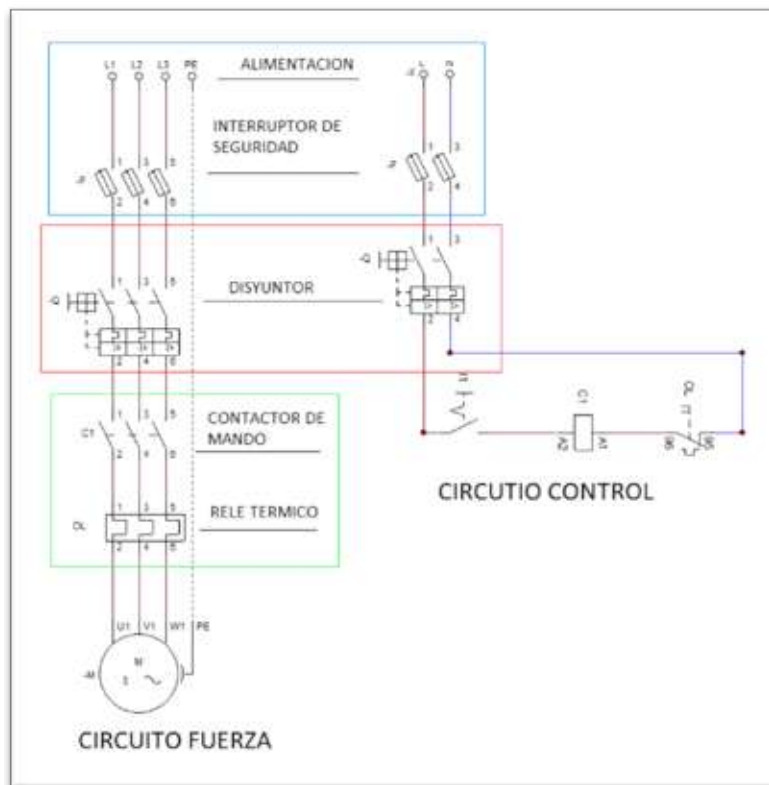


Desarrollo

1. Circuito de control y fuerza para el paro y arranque de un motor trifásico a dos hilos

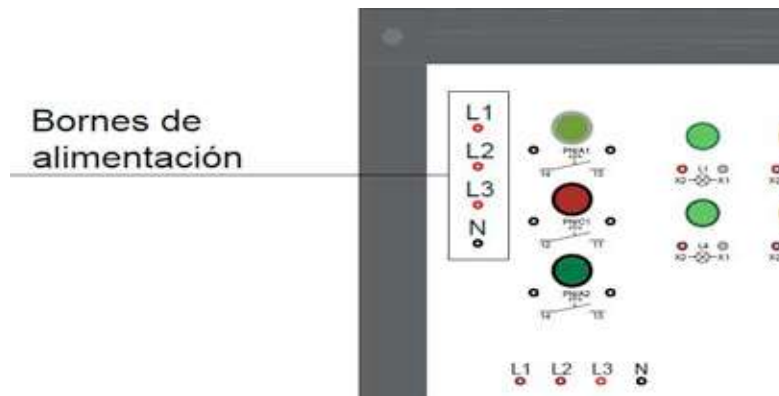
- 1.1. Armar el diagrama eléctrico que se muestra en la Figura 1 en el módulo de control electromecánico. Utilizar los cables banana-banana.
- 1.2. No conectar la alimentación hasta el punto 1.6.
- 1.3. No acoplar el motor hasta que llegue al punto 1.10.
- 1.4. Utilizar los bornes de las líneas L1, L2, L3 y N que se encuentran horizontalmente en la parte superior de los bornes de los contactores para conectar el circuito de fuerza y control.

Figura 1
Paro y arranque a dos hilos en CAde-simu



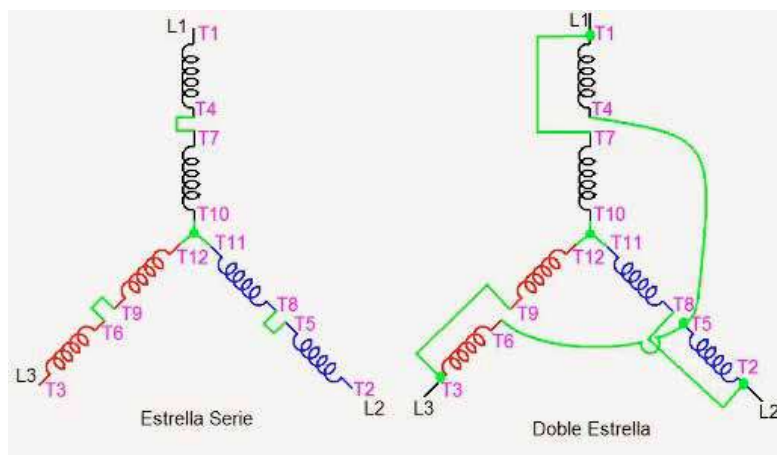
- 1.5. Verificar que el interruptor de seguridad esté abierto, de no ser así, abrirlo.
- 1.6. Conectar las líneas de suministro eléctrico en los respectivos bornes de alimentación del módulo que se encuentran en la parte superior izquierda, observar la Figura 2.

Figura 2
Bornes de alimentación trifásica



- 1.7. Cerrar el interruptor de seguridad y accionar el interruptor del circuito de control.
- 1.8. Verificar que todo funcione correctamente y el contactor se haya enclavado como corresponde.
- 1.9. Abrir el interruptor del circuito de control y accionar el interruptor de seguridad del módulo de control.
- 1.10. Conectar el motor trifásico con la configuración en estrella que se muestra en la Figura 3. Las conexiones se pueden verificar en la placa de datos del motor utilizado.

Figura 3
Configuración doble estrella para 440V/220V

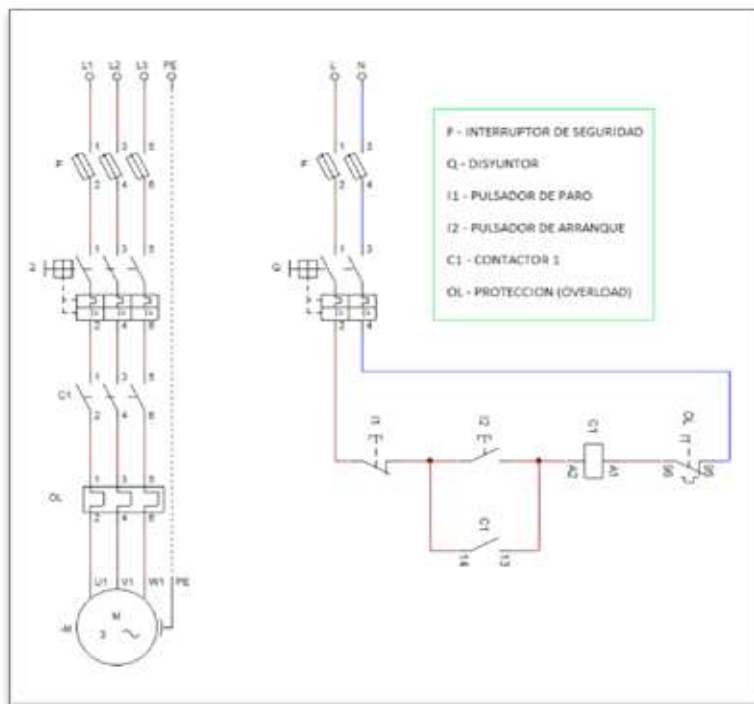


Nota. Adaptado de *Conexiones de motor eléctrico en Estrella* [Ilustración], por Paco, 2014, Blogspot (<https://coparoman.blogspot.com/2014/09/motores-electricos-trifasicos-de-9-y-12.html>).

2. Circuito de control y fuerza a tres hilos para el paro y arranque de un motor trifásico mediante pulsadores

- 2.1. Realizar el circuito a tres hilos que se muestra en la Figura 4.
- 2.2. Observar que el circuito de fuerza es igual y no requiere modificaciones.
- 2.3. Por seguridad, desconecta el motor.
- 2.4. En este circuito, utilizar los pulsadores NO y NC que vienen en el módulo de control para controlar el paro y arranque.
- 2.5. Utilizar un contacto auxiliar normalmente abierto en paralelo al pulsador de arranque NO para realizar el enclavamiento de la bobina.

Figura 4
Circuito de control y fuerza a tres hilos en CAde-simu



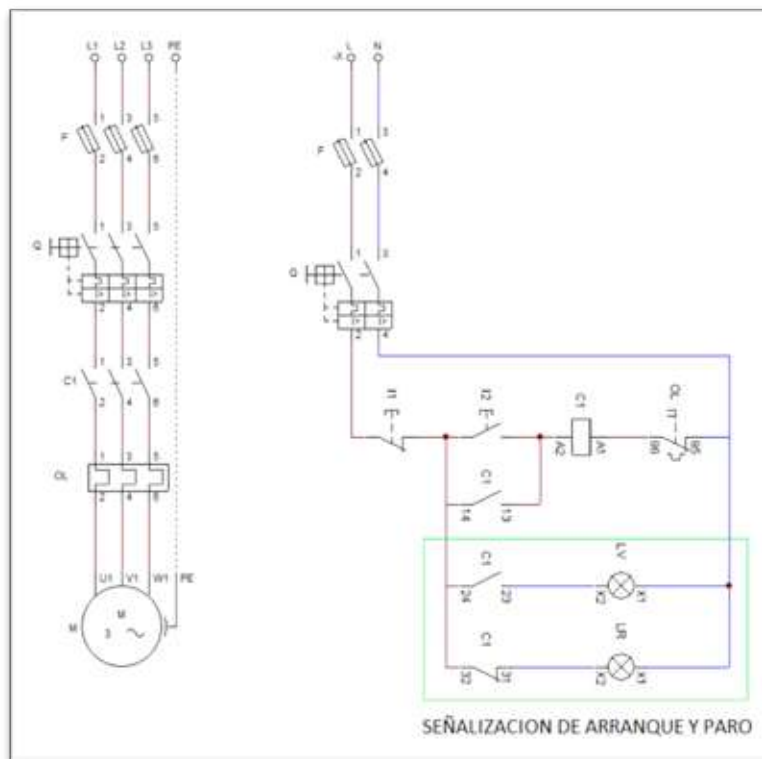
Nota. NA (Normalmente Abierto), NC (Normalmente Cerrado).

- 2.6. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 2.7. Presionar el pulsador de arranque y verifica que el contactor haya enclavado correctamente.
- 2.8. Si el circuito funciona correctamente, presionar el pulsador de paro y abrir el interruptor de seguridad.
- 2.9. Volver a conectar el motor y cerrar el interruptor de seguridad.

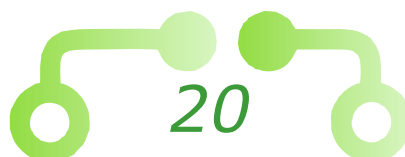
- 2.10. Energizar el motor presionando el pulsador de arranque del circuito de control.
 - 2.11. Desenergizar el motor presionando el pulsador de paro y abriendo el interruptor de seguridad.
- 3. Señalización para el paro y arranque de un motor trifásico mediante lámparas piloto**
- 3.1. En esta parte se implementarán lámparas para indicar cuando el motor está en marcha (lámpara verde - LV) y cuando está en paro (lámpara roja - LR).
 - 3.2. Para conectar la lámpara de marcha, enviar un cable banana-banana de línea a un contacto auxiliar de la bobina normalmente abierto, a su vez, este va en serie con la lámpara verde y posteriormente a neutro. Observar la Figura 5.
 - 3.3. En el caso de lámpara roja, el procedimiento es el mismo, solamente que ahora se utiliza un contacto auxiliar normalmente cerrado, como se ve en la Figura 5.

Figura 5

Circuito de control y mando a tres hilos con señalización en CA De-simu



- 3.4. Ambos contactos auxiliares son controlados por la bobina de mando.
- 3.5. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 3.6. Observar que la lámpara de paro está encendida, ahora dar marcha al motor.
- 3.7. Desenergizar el circuito y cerrar el interruptor de seguridad.



Cuestionario



1. Mencionar cinco partes de un contactor.

2. Del circuito a tres hilos, mencionar cuáles son los tipos de elementos que contiene el circuito.

3. Dibujar la simbología americana de los diagramas que se utilizaron en la práctica.

4. Definir qué es un circuito a dos hilos.

5. Definir qué es un circuito a tres hilos.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica

2



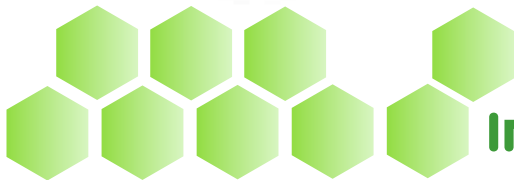
Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Inversión de giro

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de 2601aw2 Interruptor Reversible De Tambor Nema 4 [Fotografía], por CEITSA Electromecatrónica, 2000, (https://ceitsaelectromecatronica.mercadoshops.com.mx/MLM-1883921065-2601aw2-interruptor-reversible-de-tambor-nema-4-_JM#&gid=1&pid=1).

Objetivos

El alumnado:

- Comprenderá la inversión de giro de un motor monofásico con capacitor de arranque y un motor trifásico de inducción.
- Aplicará la inversión de giro de un motor monofásico con capacitor de arranque y un motor trifásico de inducción, con la ayuda de un interruptor de tambor.
- Identificará las tres posiciones de un interruptor de tambor.
- Operará la inversión de giro de un motor trifásico por medio de contactores.

Temas sugeridos

- Interruptor de tambor tres posiciones.
- Inversión de giro en un motor monofásico.
- Inversión de giro de un motor trifásico de inducción.

Equipo

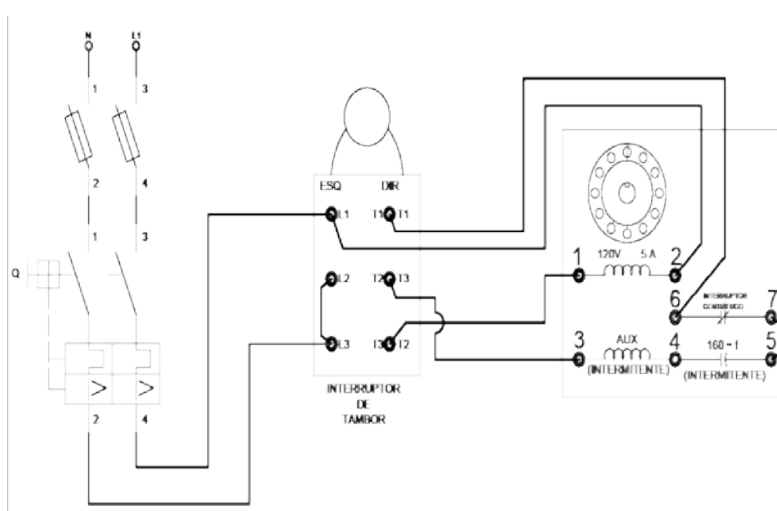
- Interruptor de tambor tres posiciones.
- Motor monofásico de inducción con capacitor de arranque.
- Motor trifásico de inducción.
- Módulo de control.
- Cables banana-banana.

Desarrollo

1. Inversión de giro de un motor monofásico con capacitor

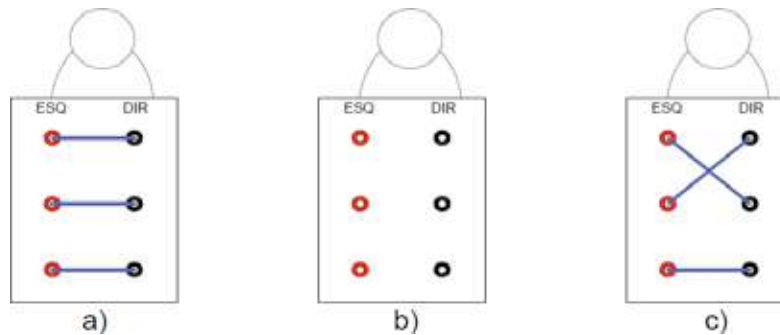
- 1.1. Conectar el circuito que se muestra en la Figura 6.
- 1.2. Antes de conectar la alimentación, verificar que el interruptor de seguridad esté abierto.
- 1.3. El interruptor de tambor cuenta con tres posiciones que son ESQ, 0 y DIR. Verificar que se encuentre en la posición 0.

Figura 6
Conexión de un motor monofásico con capacitor de arranque con un interruptor de tambor



- 1.4. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 1.5. Para arrancar el motor, cambiar la posición del interruptor de tambor a ESQ.
- 1.6. El motor deberá girar en sentido horario, observar la Figura 7, en esta posición los dos devanados del motor monofásico (el de marcha y auxiliar) están conectados en paralelo a la fase y neutro.

Figura 7
Posiciones de un interruptor de tambor:
a) marcha adelante, b) motor en paro



- 1.7. Posicionar nuevamente el interruptor en 0.
- 1.8. Esperar a que el motor disminuya la velocidad.
- 1.9. Para invertir el giro de dirección no se requiere cambiar las puntas de alguno de los devanados.
- 1.10. Observar la Figura 7, el interruptor en esta posición tiene la finalidad de intercambiar la corriente de circulación en el devanado auxiliar del motor, lo que invertirá la corriente y el giro también se invertirá.
- 1.11. Cambiar el interruptor a la posición DIR.
- 1.12. Como se puede ver, el motor cambia de dirección al invertir el sentido de la corriente del devanado auxiliar del motor.
- 1.13. Analizar el diagrama de la Figura 6 de las dos posiciones del interruptor de tambor que se pueden observar en la Figura 7 para entender mejor el funcionamiento.
- 1.14. Cambiar el interruptor a la posición 0.
- 1.15. Abrir el interruptor de seguridad.

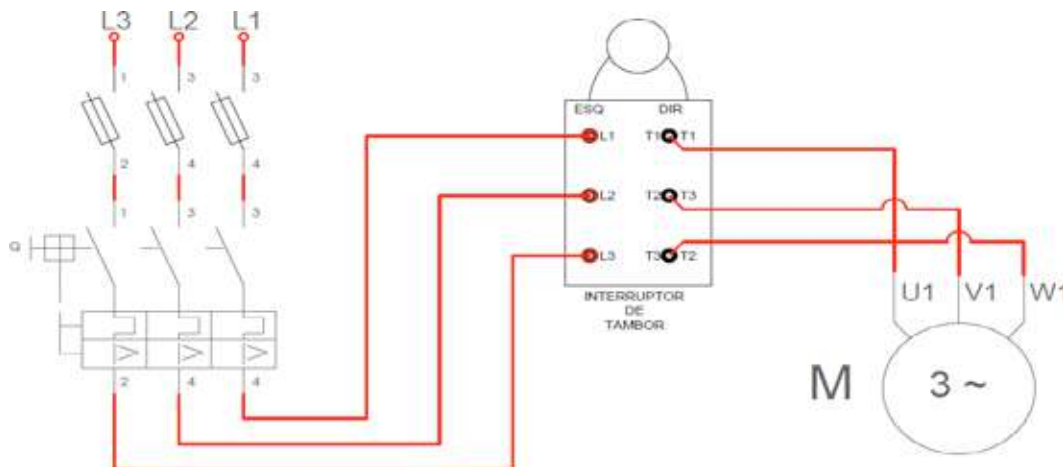
2. Inversión de giro de un motor trifásico de inducción mediante un interruptor de tambor

- 2.1. Ensamblar el circuito de la Figura 8 usando ahora un motor de corriente C.A. trifásica de inducción.
- 2.2. Para conectar el motor, seguir la configuración doble estrella que se vio en la práctica 1, o del motor trifásico a utilizar.
- 2.3. Cerrar en interruptor de seguridad.

- 2.4. Para dar marcha al motor, cambiar el interruptor de tambor en la posición ESQ. En esta posición, las líneas se conectan directamente de L1 a U1, L2 a V1 y de L3 a W1, por lo tanto, la dirección del motor va en sentido horario.
- 2.5. Cambiar el interruptor de tambor a la posición 0.
- 2.6. Esperar a que disminuya la velocidad.
- 2.7. Cambiar el interruptor de tambor a la posición DIR.
- 2.8. Observar que el motor gira en sentido antihorario.
- 2.9. En esta posición, el interruptor de tambor intercambia las líneas L1 y L2.
- 2.10. Analizar el circuito y observar cómo se intercambian de posición las líneas. Regresar a la Figura 7 si es necesario.
- 2.11. Cambiar de posición el interruptor de tambor a 0.
- 2.12. Abrir el interruptor de seguridad.

Figura 8

Conexión de un motor trifásico de inducción a un interruptor de tambor

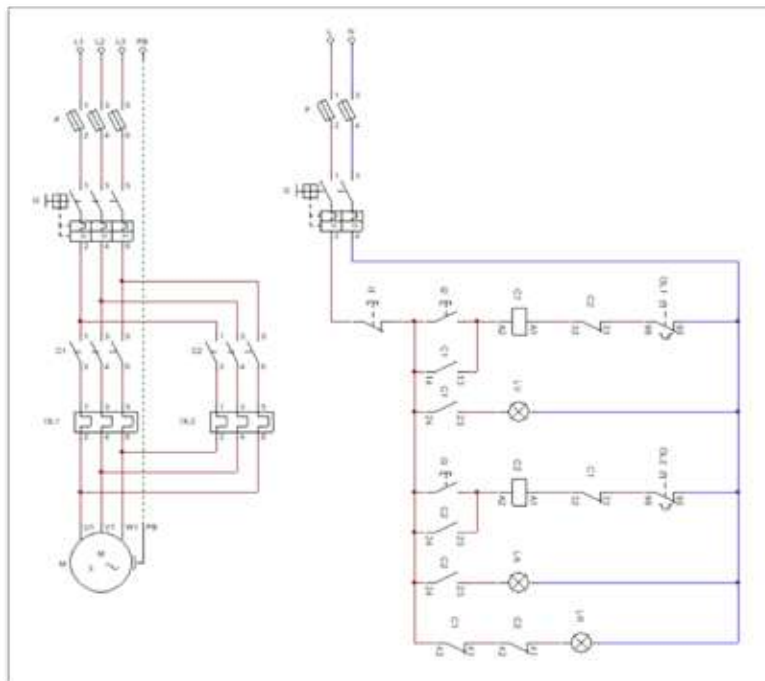


3. Inversión de giro de un motor trifásico de inducción mediante contactores

- 3.1. Acoplar el circuito de fuerza de la Figura 9.
- 3.2. No conectar el motor hasta el punto 3.11.
- 3.3. Para llevar a cabo la inversión de giro, cambiar las líneas L1 y L3 que van conectadas al motor que vienen del contactor C2.

- 3.4. Observar que para el circuito de control basta con implementar un solo pulsador de paro, a partir de ahí se pueden introducir dos lazos para la primera y segunda bobina.
- 3.5. Asegurarse de conectar los contactos auxiliares de seguridad, de forma que cuando se active C1, C2 no se pueda activar, y viceversa.
- 3.6. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 3.7. Presionar el pulsador de arranque I2 y verificar que el contactor C1 se haya enclavado correctamente.
- 3.8. Oprimir el pulsador I3 para verificar que el contactor auxiliar C1 de seguridad funciona.
- 3.9. Presionar el pulsador de paro, I1.
- 3.10. Realizar el mismo procedimiento con el contactor C2 y su contacto auxiliar de seguridad.
- 3.11. Abrir el interruptor de seguridad.
- 3.12. Una vez que todo funcione correctamente, conectar el motor trifásico de inducción.

Figura 9
Circuito de inversión de giro de un motor trifásico de inducción mediante contactores en CADe-simu



- 3.13. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 3.14. Presionar el pulsador I2.
- 3.15. El motor debe girar en sentido horario.
- 3.16. Oprimir el pulsador I1 para detener el motor.
- 3.17. Presionar el pulsador I3 para arrancar el motor en reversa.
- 3.18. Parar el motor con el pulsador I1.
- 3.19. Abrir el interruptor de seguridad.



Cuestionario



1. Mencionar tres elementos de un interruptor de tambor.

2. Describir brevemente el principio de funcionamiento de un motor monofásico.

3. Describir brevemente el principio de funcionamiento de un motor trifásico.

4. Realizar el circuito de control en simbología americana de la inversión de giro de un motor trifásico.

5. Realizar el circuito eléctrico para generar la inversión de giro de un motor monofásico con capacitor de arranque usando tres contactores y cambiando las puntas del devanado principal en lugar del auxiliar.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica

3

Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Arranque en cascada e inversión de giro con temporizadores

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de *Temporizador neumático* [Fotografía], por C. Riaño, 2011, Blogspot (<http://sensoresytemporizadores.blogspot.com/2011/03/un-sensor-o-captador-como-prefiera.html>).

Objetivos

El alumnado:

- Analizará el funcionamiento de los temporizadores con retardo a la conexión.
- Aprenderá las conexiones para un circuito en cascada con lámparas piloto.
- Aplicará la inversión de giro cíclico de un motor trifásico recurriendo al uso de contactores con retardo a la conexión.

Temas sugeridos

- Relés (tipos, principales características, funcionamiento).
- Temporizadores (tipos, principales características, funcionamiento).
- Arranque en cascada.
- Colores que identifican los conductores activos y neutro.

Equipo

- Cables de conexión banana-banana.
- Motor trifásico.
- Módulo de control.
- Módulos de temporizadores.

Desarrollo

1. Lámparas piloto en secuencia mediante temporizadores

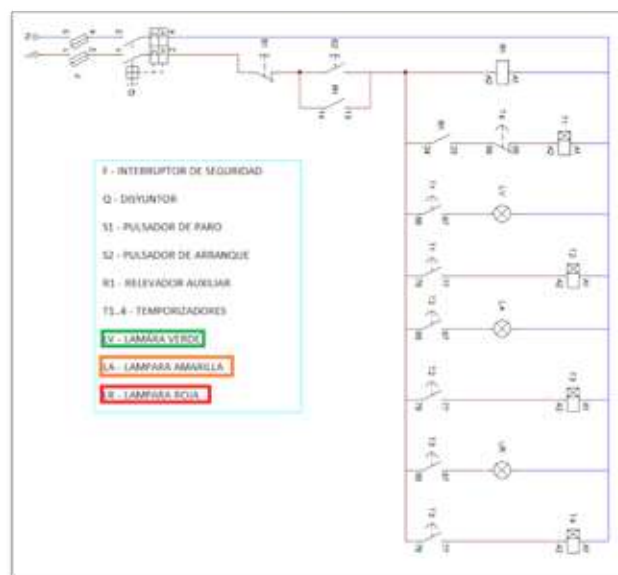
Un arranque en cascada o en secuencia se caracteriza por el uso de temporizadores, ya sea con retardo a la conexión o con retardo a la desconexión, estos manejan el mismo principio de funcionamiento que los contactores, pero tienen la característica de retrasar la conexión de sus contactos de fuerza y auxiliares un determinado tiempo.

Realizar el circuito de la Figura 10, utilizar los cables banana-banana y los módulos de temporizadores.

Analizar y entender el diagrama antes de conectarlo para comprender mejor.

- 1.1. Iniciar con un paro y arranque a tres hilos, como se vio en la práctica 1.
- 1.2. El relé auxiliar activará el primer temporizador que será el tiempo de espera antes de que encienda la primera lámpara.
- 1.3. Este primer temporizador activará la primera lámpara y el segundo temporizador.
- 1.4. El segundo temporizador activará la segunda lámpara y el tercer temporizador a la tercera lámpara.
- 1.5. Como se puede ver, un temporizador activa otro en secuencia.
- 1.6. El último temporizador tiene la finalidad de reiniciar el ciclo de encendido de las lámparas piloto.

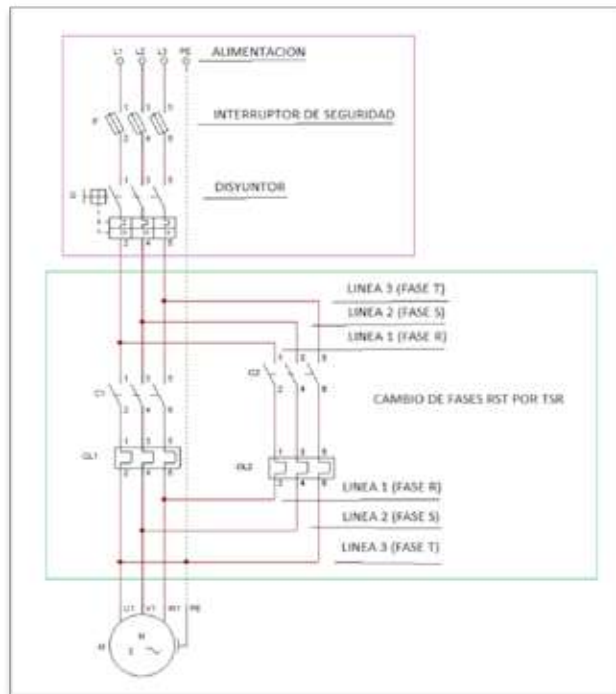
Figura 10
Diagrama eléctrico de tres lámparas piloto en secuencia mediante temporizadores en CADe-simu



- 1.7. Una vez terminadas las conexiones, verificar que el interruptor de seguridad esté abierto, si es así, conectar las líneas de suministro eléctrico en los respectivos bornes de alimentación del módulo.
 - 1.8. Cerrar el interruptor de seguridad.
 - 1.9. Presionar el pulsador de arranque y observar la secuencia de encendido de las lámparas piloto.
 - 1.10. Oprimir el pulsador de paro.
 - 1.11. Abrir el interruptor de seguridad.
- 2. Inversión de giro de un motor trifásico mediante contactores y temporizadores**
- 2.1. En esta parte de la práctica se realizará una inversión de giro cíclico mediante contactores.
 - 2.2. Realizar el circuito de fuerza que se observa en la Figura 11.
 - 2.3. No conectar el motor hasta el punto 2.14.

Figura 11

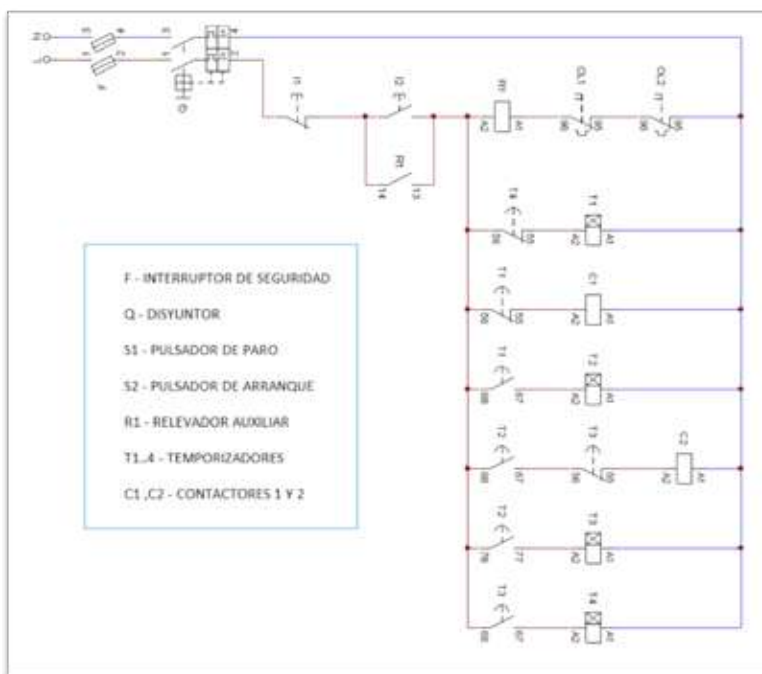
Circuito de fuerza para inversión de giro cíclico de un motor en CADe-simu



- 2.4. En el diagrama se indica el orden de las fases en la entrada del contactor CL1 como R (L1), S (L2), T (L3).

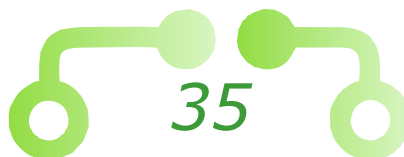
- 2.5. La inversión de giro se presenta en el intercambio de posición de dos de las tres líneas que van conectadas al motor de las líneas que salen del segundo contactor CL2, en el diagrama se hace el cambio de posición de la fase R y T.
- 2.6. La conexión para obtener la inversión de giro sería de R, S, T a T, S, R.
- 2.7. L1, L2, L3 a L3, L2, L1.
- 2.8. Ahora, conectar el circuito de control que se muestra en la Figura 12.
- 2.9. Iniciar con un arranque a tres hilos.
- 2.10. La secuencia es similar al circuito de la Figura 10, analizar el circuito antes de conectarlo para comprender bien su funcionamiento.

Figura 12
Circuito de control para inversión de giro cíclico de un motor en CAdE-simu



- 2.11. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 2.12. Presionar el pulsador de arranque.
- 2.13. Verificar que el circuito funcione correctamente comprobando que los contactores enclaven conforme a la secuencia.
- 2.14. Si todo funciona correctamente, presionar el botón de paro.
- 2.15. Abrir el interruptor de seguridad.

- 2.16. Una vez comprobado que el circuito funciona correctamente, conectar el motor.
- 2.17. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 2.18. Presionar el pulsador de arranque, el motor cambiará de dirección conforme a la secuencia.
- 2.19. Oprimir el pulsador de paro.
- 2.20. Abrir el interruptor de seguridad.



Cuestionario



1. Definir qué es un temporizador.

2. Poner la gráfica de tiempo de un temporizador a la conexión y a la desconexión.

3. Hacer los circuitos en sistema americano.

4. Realizar el diagrama un arranque en cascada de dos motores trifásicos de inducción usando temporizadores a la desconexión.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica

4

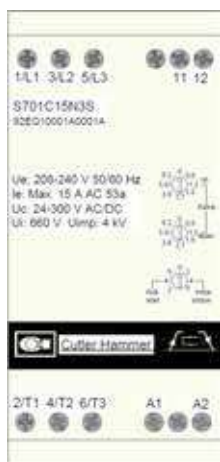
Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Arranque directo y arranque suave de un motor trifásico

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de S701C15N3S [Fotografía], por Radwell, s.f., (<https://www.radwell.com/es-ES/Buy/EATON%20CORPORATION/CUTLER%20HAMMER/S701C15N3S>).

Objetivos

El alumnado:

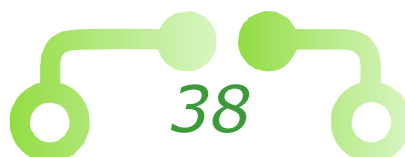
- Comprenderá las diferencias de un arranque directo y un arranque suave de un motor trifásico de inducción.
- Practicará un arranque directo con un motor trifásico de inducción y observará la corriente y voltaje.
- Mostrará un arranque suave con un motor trifásico de inducción y se examinará el comportamiento de la corriente y voltaje.

Temas sugeridos

- Arranque directo.
- Arrancador suave (funcionamiento, partes que lo conforman, aplicaciones).
- Arranque con autotransformador.
- Manual de operación de arrancador suave.
- Curvas de comportamiento en un arranque suave de la corriente, voltaje y par.

Equipo

- Módulo de control.
- Motor trifásico.
- Arrancador suave.
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Cables de conexión.



Desarrollo

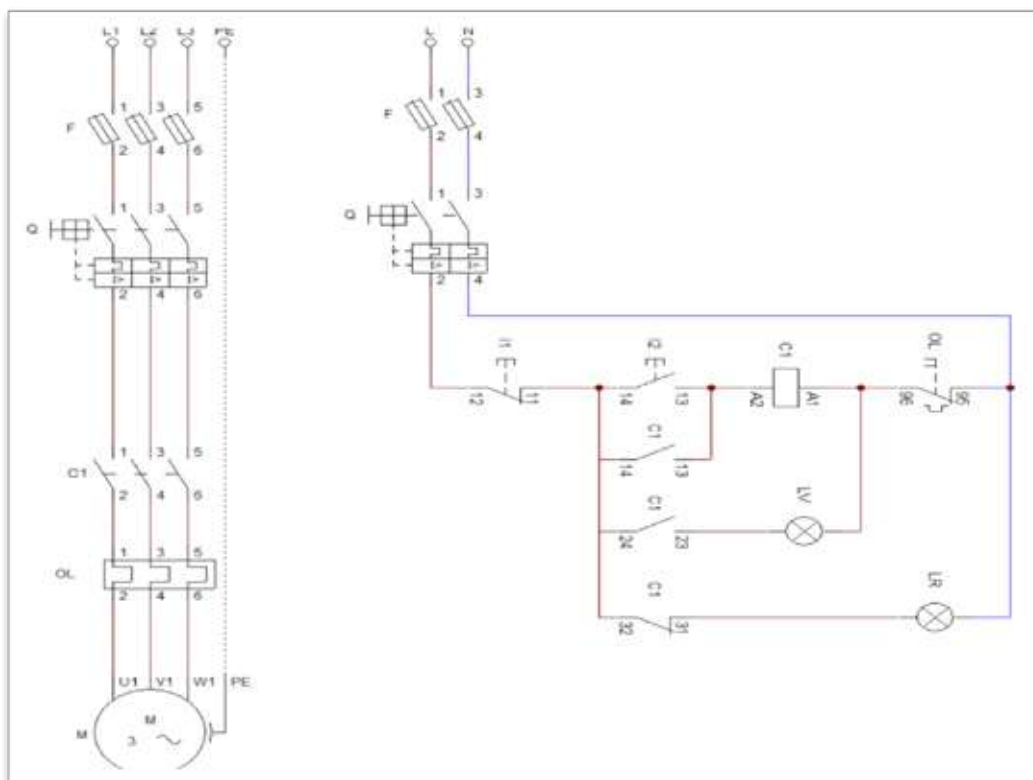
1. Arranque directo de un motor trifásico de inducción

En la práctica se colocarán medidores de corriente y voltaje para observar el comportamiento de cada uno de ellos.

1.1. Realizar el circuito de la Figura 13.

Figura 13

Diagrama eléctrico de un arranque directo a tres hilos en CAdE-simu



1.2. Cerrar el interruptor de seguridad.

1.3. Presionar el pulsador de arranque I2.

1.4. Observar en el amperímetro y en el voltímetro cómo se dispara la corriente y la tensión en el arranque.

1.5. Anotar el valor más alto que alcanzó la corriente de entrada.

$I_e =$

1.6. Observar cómo la corriente va disminuyendo progresivamente hasta alcanzar el valor nominal.

- 1.7. Comparar la corriente de arranque con el valor nominal que viene en la placa de datos, recordar que el motor está conectado en doble estrella a baja tensión.
- 1.8. ¿Cuántas veces se incrementó la corriente de arranque en comparación con el valor nominal?
- 1.9. Anotar el valor que tomó la corriente después del arranque directo.
- 1.10. ¿Coincide con el valor nominal?
- 1.11. Presionar el pulsador de paro I1.
- 1.12. Observar la velocidad a la que disminuye la corriente y el voltaje.
- 1.13. Abrir el interruptor de seguridad.

2. Arranque suave de un motor trifásico de inducción

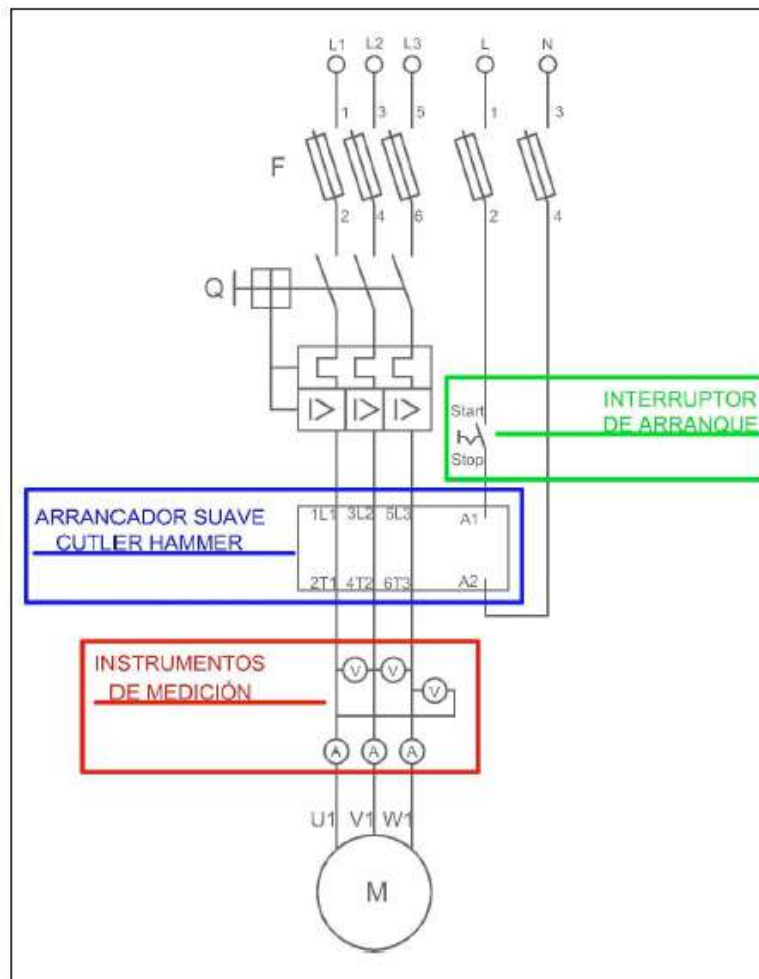
- 2.1. Realizar el circuito de la Figura 15.
- 2.2. Utilizar el arrancador suave *Cutler Hammer*.
- 2.3. En la Figura 14 se muestran las características del dispositivo.

Figura 14
Arrancador suave Cutler Hammer



- 2.4. Configurar una rampa de arranque con un tiempo de 10 segundos.
- 2.5. Cerrar el interruptor de seguridad.

Figura 15
Diagrama eléctrico de un arranque suave en CADe-simu (circuito a realizar)



- 2.6. Presionar el interruptor de arranque.
- 2.7. Observar que la corriente aumenta progresivamente en un espacio de tiempo más grande, y que la tensión inicia con un 30% aproximadamente hasta alcanzar el valor nominal.
- 2.8. Anotar el valor más alto que midió el amperímetro.

$I_e =$

- 2.9. ¿Cuántas veces se incrementó la corriente de arranque en comparación con el valor nominal?
- 2.10. Anotar el voltaje mínimo y máximo que midió el voltímetro.

V mínimo:

V máximo:

- 2.11. Al iniciar el arranque con una tensión mínima, el par de arranque disminuye permitiendo prevenir problemas por inercia, comparado con un arranque directo donde es más agresivo.
- 2.12. Presionar el interruptor para detener el motor.
- 2.13. Configurar una rampa de aceleración a 0.8 segundos y una rampa de desaceleración a 10 segundos.
- 2.14. Presionar el interruptor de arranque.
- 2.15. Observar la corriente y voltaje, comparar el comportamiento con el arranque a 10 segundos.
- 2.16. Presionar el interruptor para detener el motor.
- 2.17. Observar que la corriente y el voltaje disminuyen en un rango más amplio de tiempo, comparado con el comportamiento de un paro en un arranque directo.
- 2.18. Abrir el interruptor de seguridad.

Cuestionario



1. Definir el funcionamiento de los tiristores.

2. Realizar los diagramas en simbología europea de arranque directo con sus medidores.

3. Realizar el arranque suave en simbología americana con sus medidores.

4. Colocar el símbolo del arrancador suave en simbología americana y simbología europea.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica

5

Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

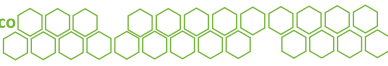
Grupo:



Relevador inteligente logo siemens parte 1

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de *logo-v6-230v* [Fotografía], por Plcchile, 2015, (<https://www.plcchile.com/products/logo-v6-230v/>).



Objetivos

El alumnado:

- Comprenderá el funcionamiento del relevador inteligente *LOGO Siemens* y su *software* de programación.
- Programará el relevador inteligente.

Temas sugeridos

- Controladores lógicos (Siemens, 2009).
- Aplicaciones (Mengual, 2009).
- Compuertas lógicas.

Equipo

- Módulo de control.
- Controlador lógico *LOGO Siemens*.
- PC – *software* de programación Siemens *LOGO Soft*.
- Motor trifásico de inducción.
- Cables banana-banana.

Desarrollo

1. Encendido de una lámpara piloto

Para esta práctica se utilizará el *software* de programación del relevador inteligente *LOGO Soft Comfort*. Este *software* se puede descargar de internet.

En la Figura 16 se muestran las partes del relevador inteligente *LOGO Siemens 230RC*, y en la Figura 17 se muestra la forma de conectar el relevador inteligente *LOGO Siemens 230RC*.

Figura 16
Relvador inteligente LOGO 230RC

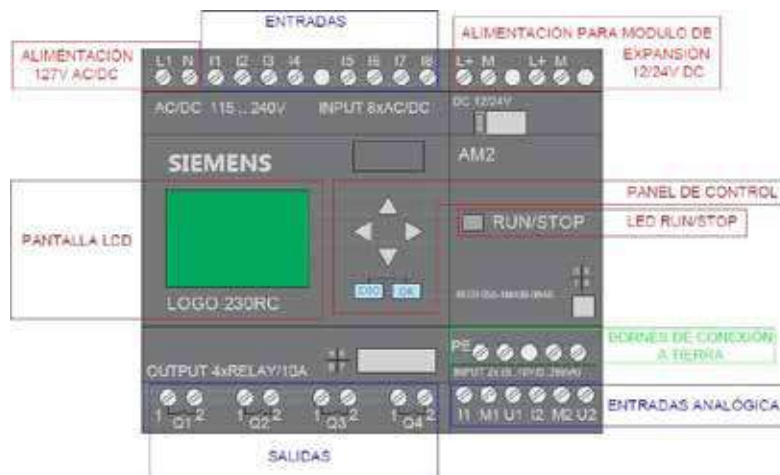
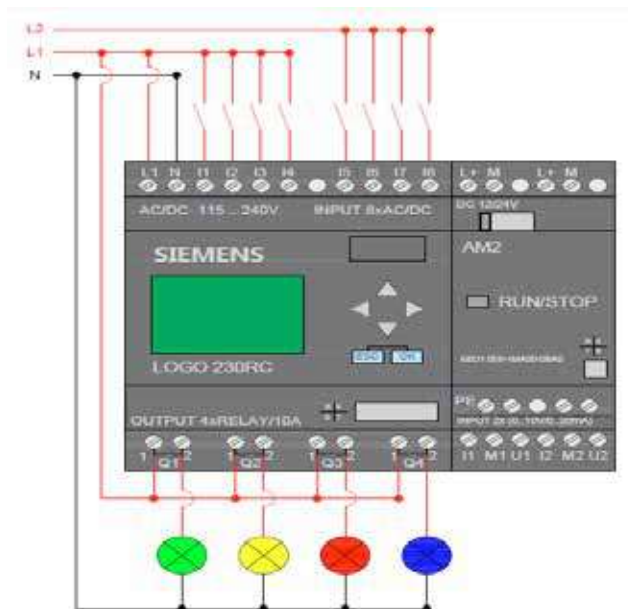





Figura 17
Diagrama de conexiones del relevador inteligente LOGO 230RC

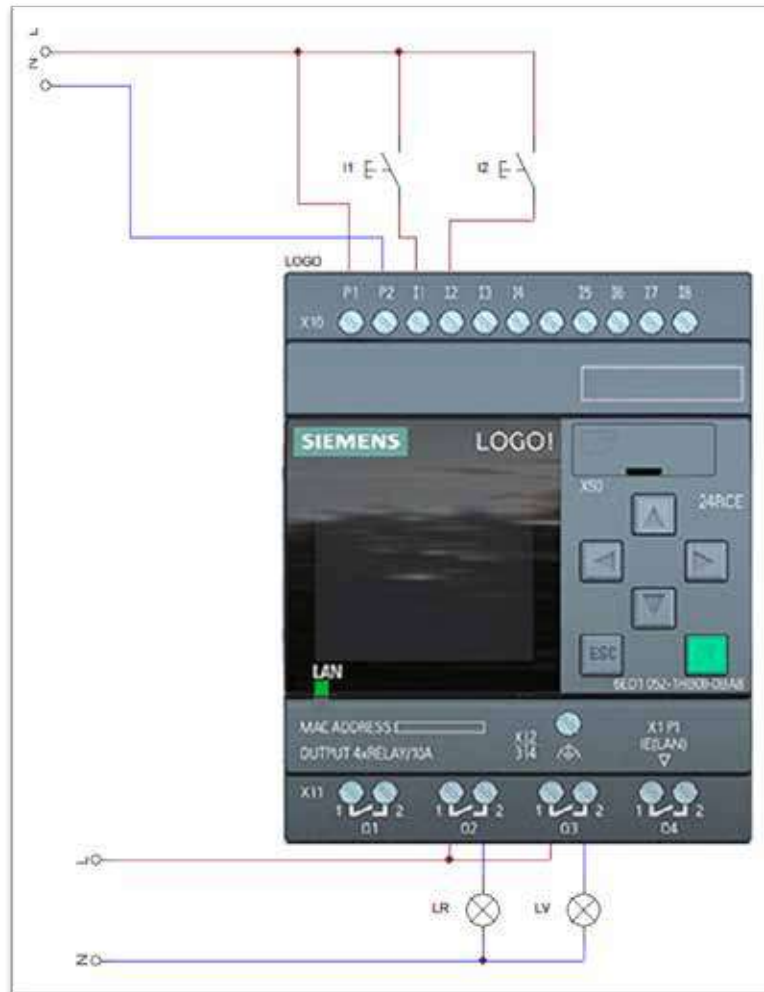


- 1.1. Realizar un circuito para encender y apagar una lámpara piloto mediante un interruptor en el *software* de programación.
- 1.2. En la parte lateral izquierda del programa se encuentra el siguiente botón  que tiene la función de simular el circuito. Se requiere simular todo circuito que se realice para corroborar que funcione correctamente antes de probarlo físicamente.
- 1.3. Conectar el relevador inteligente, para esta práctica solo conectar las entradas I1 e I2. De momento, conectar una lámpara piloto en la salida que se haya establecido en el programa.
- 1.4. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 1.5. El relevador inteligente se iniciará automáticamente.
- 1.6. Conectar el cable de comunicación PC-LOGO.
- 1.7. En la parte superior del programa existen dos botones   que tienen la función de escribir el circuito en el relevador o viceversa, copiar el diagrama del LOGO en la PC.
- 1.8. Presionar el primer botón para enviar el circuito al relevador inteligente.
- 1.9. En el menú de parametrización, seleccionar la opción de *RUN* para correr el programa.
- 1.10. Oprimir el interruptor I1 para encender la lámpara piloto.
- 1.11. Apagar la lámpara piloto y en el menú de parametrización, seleccionar la opción *STOP* para detener el programa.
- 1.12. Abrir el interruptor de seguridad.

2. Arranque de un motor a tres hilos mediante un relevador inteligente

- 2.1. Realizar un diagrama de control para el paro y arranque de un motor trifásico de inducción a tres hilos con señalización.
- 2.2. Elaborar el circuito de fuerza como se ha hecho en prácticas anteriores.
- 2.3. En la Figura 18 se muestra un ejemplo de la conexión del circuito, recurrir a la imagen solo en caso de ser necesario.

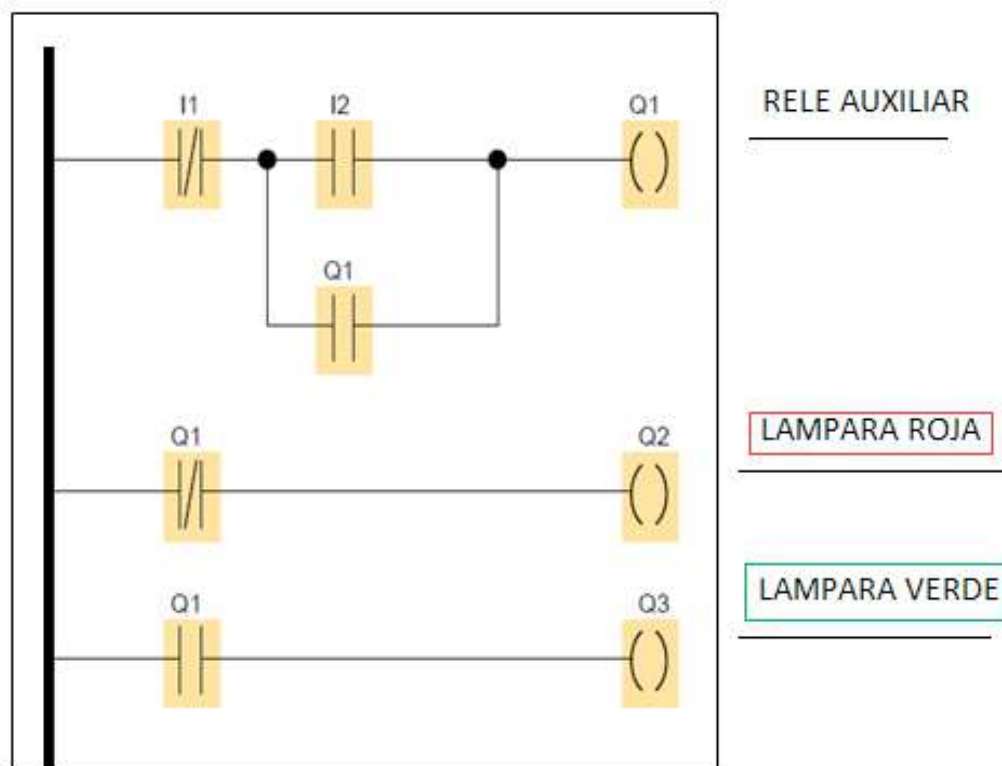
Figura 18
Circuito de control para arranque y paro de un motor a tres hilos en CADe-simu



- 2.4. Conectar la bobina a la salida del relevador inteligente que se haya seleccionado para arrancar el motor.
- 2.5. De la misma forma, conectar las lámparas de paro y marcha en las salidas que se hayan establecido en el programa.
- 2.6. Hay que recordar que se usan pulsadores normalmente abiertos, por lo que se deben configurar las entradas como tal.
- 2.7. En la Figura 19 se muestra un ejemplo del circuito, recurrir a la imagen solo en caso de ser necesario.
- 2.8. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 2.9. Enviar el programa al relevador inteligente y configurarlo en la opción *RUN*.

- 2.10. Presionar el pulsador de arranque.
- 2.11. Para el motor, configurar el LOGO en *STOP* para detener el programa.
- 2.12. Abrir el interruptor de seguridad.

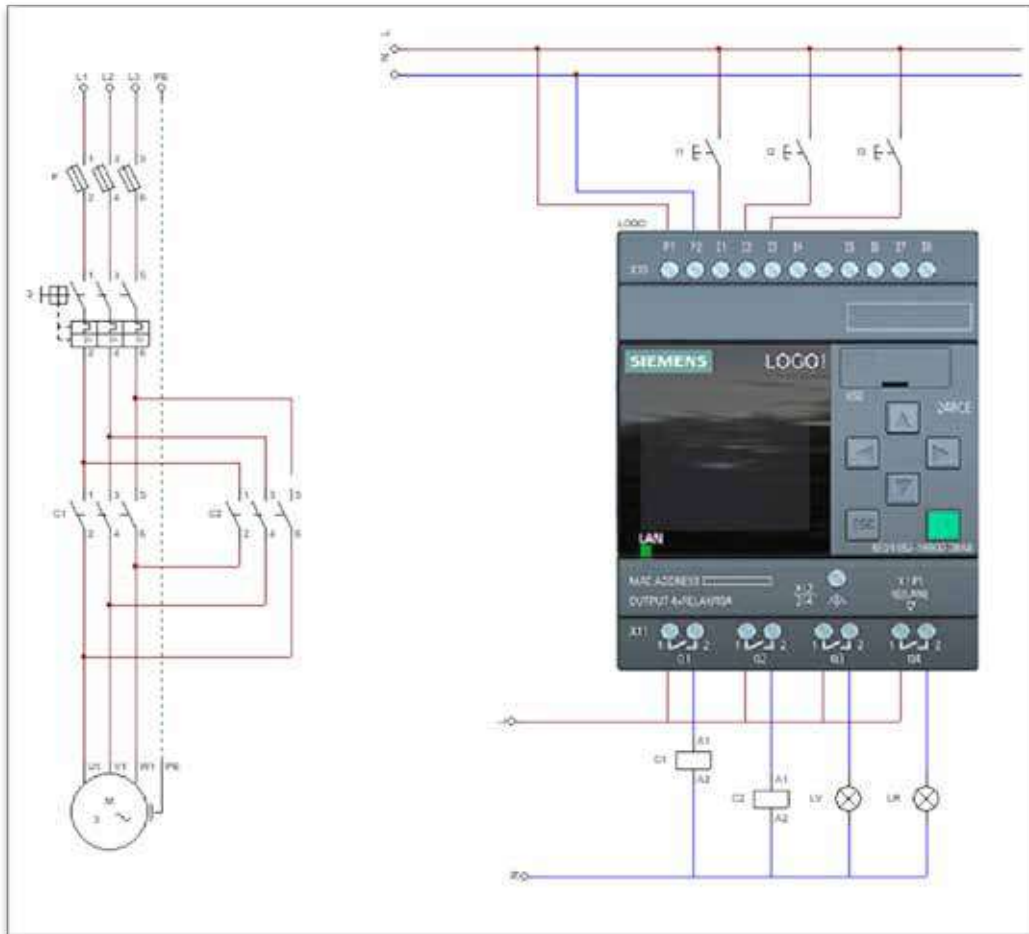
Figura 19
Circuito de control para arranque y paro de un motor a tres hilos en software LOGO



3. Inversión de giro manual de un motor trifásico de inducción mediante un relevador inteligente con señalización

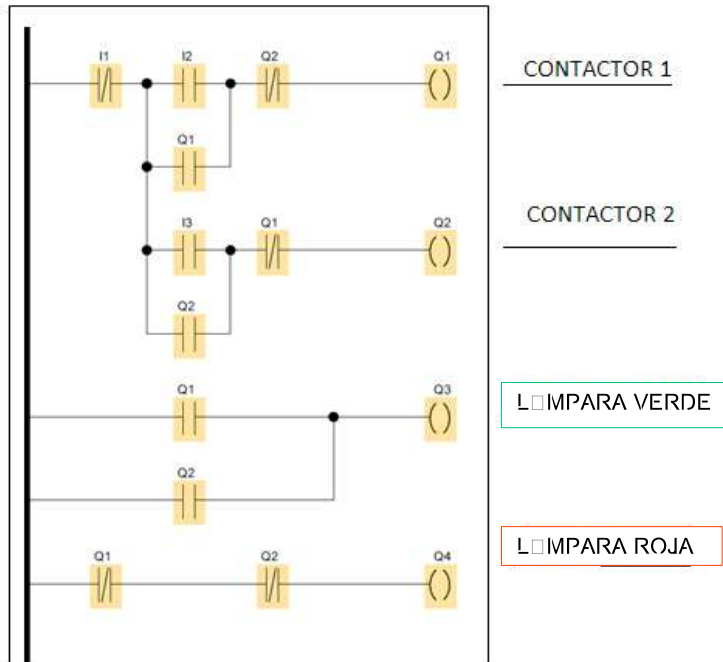
- 3.1. Realizar un circuito para ejecutar la inversión de giro de un motor trifásico de inducción manualmente mediante dos contactores con su respectiva señalización de paro y arranque.
- 3.2. Recordar anexar los contactos auxiliares de seguridad en el programa.
- 3.3. En la Figura 20 se muestra un ejemplo del circuito, recurrir a la imagen solo en caso de ser necesario.

Figura 20
Circuito para la inversión de giro manual de un motor trifásico de inducción en CAdE-simu



- 3.4. Simular el programa y verificar que funcione correctamente.
- 3.5. Realizar el circuito de fuerza para la inversión de giro del motor trifásico como se vio en la práctica 2 en el programa de LOGO. En la Figura 21 se muestra el circuito de control utilizado en la programación de LOGO.
- 3.6. Conectar las salidas del relevador inteligente a sus respectivos contactores y lámparas de señalización.
- 3.7. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 3.8. Enviar el programa al relevador y configurarlo en *RUN* para correr el programa.
- 3.9. Arrancar el motor en sentido horario y posteriormente en sentido antihorario.
- 3.10. Para el motor y el programa, el logo en *STOP* para detener el programa.
- 3.11. Abrir el interruptor de seguridad.

Figura 21
Circuito de control para la inversión de giro manual de un motor trifásico de inducción



Cuestionario



1. Definir qué es un relevador inteligente.

2. Mencionar cuántos lenguajes se utilizan en *Logo* y definir qué es KOP y FUP.

3. Realizar los circuitos hechos en el laboratorio en los dos lenguajes.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica



6

Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Relevador inteligente logo siemens parte 2

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de *logo-v6-230v* [Fotografía], por Plcchile, 2015, (<https://www.plcchile.com/products/logo-v6-230v/>).

Objetivos

El alumnado:

- Comprenderá la programación del *software Siemens LOGO* y de las múltiples aplicaciones de un relevador inteligente.
- Construirá un circuito en el *software Siemens LOGO*.

Temas sugeridos

- Ejemplos prácticos del uso de relevadores inteligentes (Siemens, 2009).
- Cómo simular tu programación en el *software LOGO*.
- Realizar un programa que se pueda implementar con los recursos presentes en el laboratorio.

Equipo

- Módulo de control.
- Controlador lógico *LOGO Siemens*.
- Cable de conexión PC Controlador, Controlador PC.
- PC – *software* de programación *Siemens LOGO Soft*.
- Cables banana-banana.
- Material propuesto por el alumno.

Desarrollo

1. Encendido de una lámpara piloto

Para esta práctica se utilizará el *software* de programación del relevador inteligente *LOGO Soft*. Este *software* se puede descargar de internet. En la Figura 22 se muestran las partes del relevador inteligente *LOGO Siemens 230RC*, y en la Figura 23 se muestra la forma de conectar el relevador inteligente *LOGO Siemens 230RC*.

Figura 22
Relevador inteligente LOGO Siemens

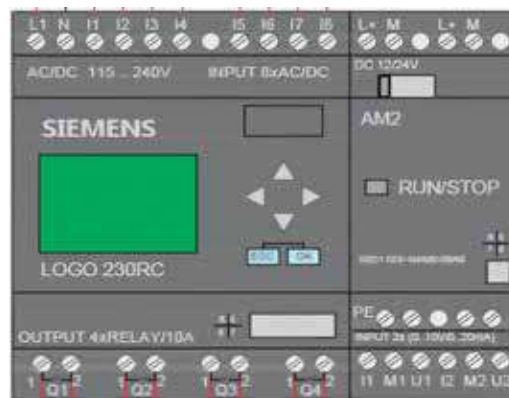
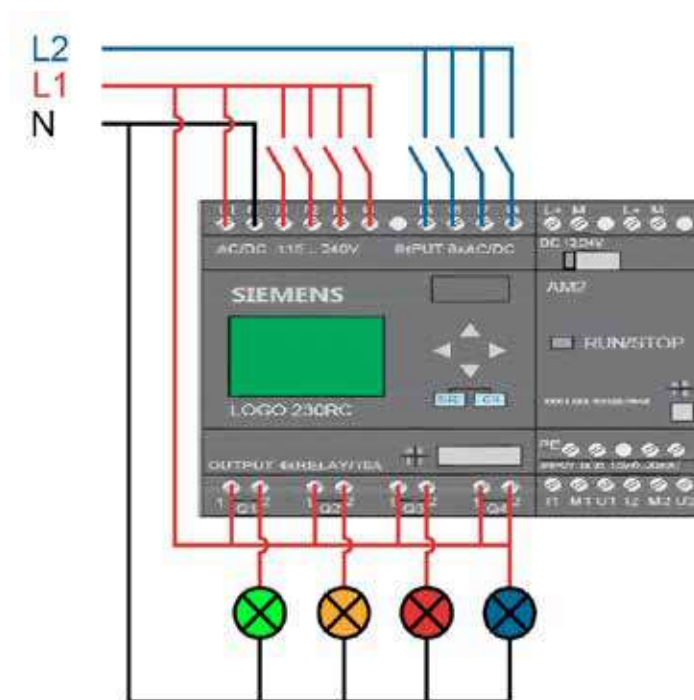






Figura 23
Diagrama de conexión para luminarias



- 1.1. Cargar el circuito previamente requerido en la PC del laboratorio, o en su defecto, realizar el circuito a conectar.
- 1.2. En la parte lateral izquierda del programa se encuentra el siguiente botón  que tiene la función de simular el circuito. Todo circuito que se realice, es necesario simularlo antes de probarlo físicamente para corroborar que funcione correctamente.
- 1.3. Verificar que los interruptores de seguridad estén abiertos.
- 1.4. Conectar en el módulo el circuito a realizar con base en el programa, así como la fuente de alimentación del relevador inteligente (este debe ser revisado por el profesor).
- 1.5. Cerrar los interruptores de seguridad (energizar el circuito).
- 1.6. El relevador inteligente se iniciará automáticamente.
- 1.7. Conectar el cable de comunicación PC-LOGO.
- 1.8. En la parte superior del programa existen dos botones   que tienen la función de escribir el circuito en el relevador o viceversa, copiar el diagrama del LOGO en la PC.
- 1.9. Verificar que el relevador inteligente se encuentre en modo STOP.
- 1.10. Presionar el botón  para enviar el circuito al relevador inteligente.
- 1.11. Con el relevador en modo *START* se procede a comprobar el funcionamiento del programa realizado por el alumno.
- 1.12. Desenergizar el circuito.
- 1.13. Desconectar los cables de la conexión del circuito y dejar los cables de alimentación al relevador para que el siguiente alumno realice su conexión.

Cuestionario



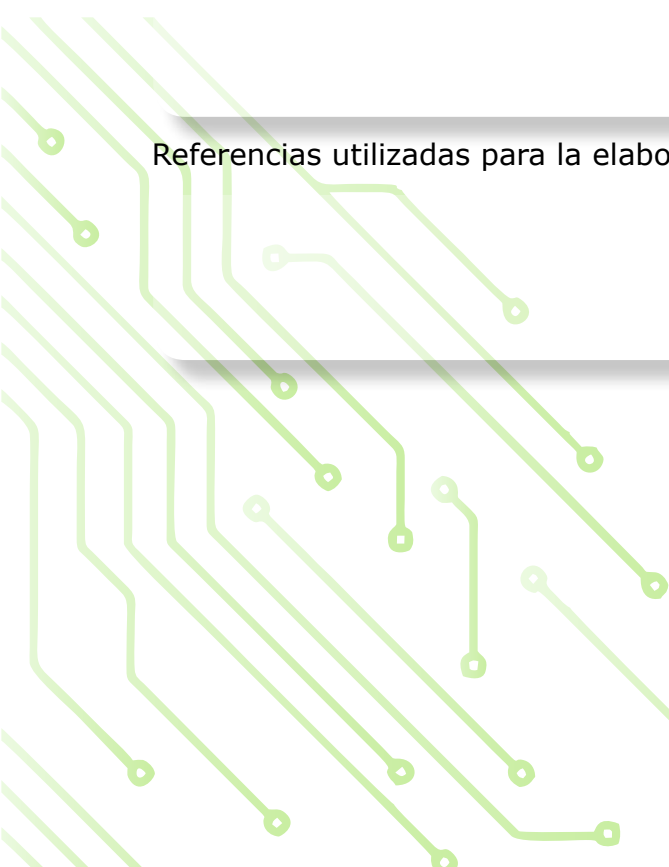
1. ¿Qué ventajas tiene un relevador inteligente con respecto a un relevador normal?

2. Describir cuál es el funcionamiento del programa y qué se esperaba obtener del mismo.

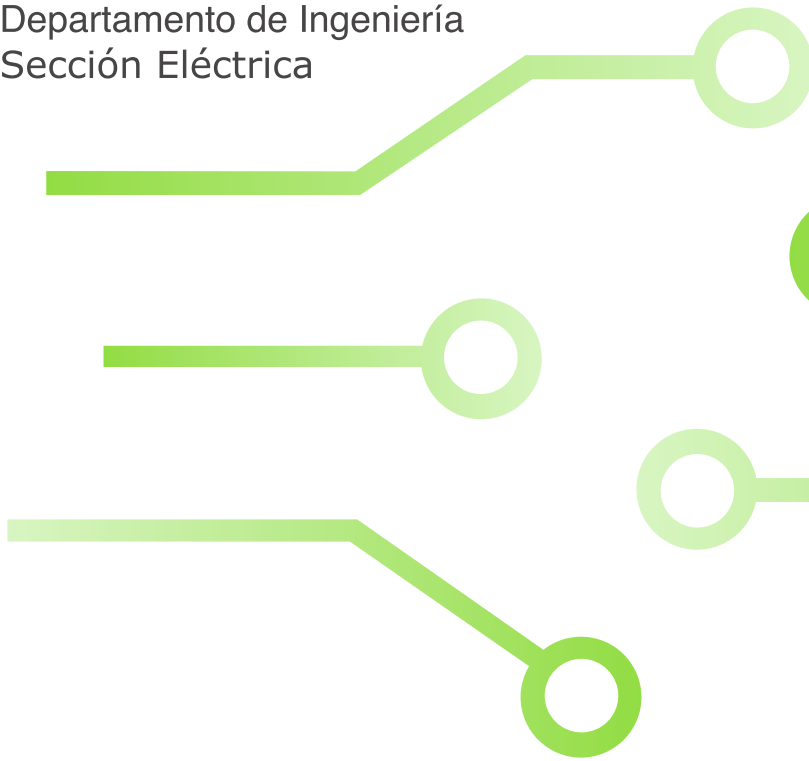
3. Realizar un circuito probado en el laboratorio en los dos lenguajes y explicarlo.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica



7



Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Relevador inteligente *Zelio*

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de *zelio-logic* [Fotografía], por Schneider Electric, 2000,
(<https://www.se.com/mx/es/product-range/531-zelio-logic/>).

Objetivos

El alumnado:

- Conocerá el funcionamiento de un relevador inteligente de *Schneider-Electric Zelio Logic*.
- Comprenderá los lenguajes que maneja el relevador *Zelio Logic*.
- Pondrá en marcha un circuito de inversión trifásica de un motor con el relevador *Zelio Logic*.

Temas sugeridos

- ¿Qué es un relevador *Zelio Logic*?
- Programación de un relevador *Zelio Logic*.
- Manual de operación de *Zelio Logic* (Schneider, 2006).

Equipo

- Módulo de control.
- Controlador lógico *Zelio Logic*.
- Cable de conexión PC Controlador-Controlador PC.
- PC – *software* de programación *Zelio Soft2*.
- Cables de conexión banana-banana.
- Motor trifásico.

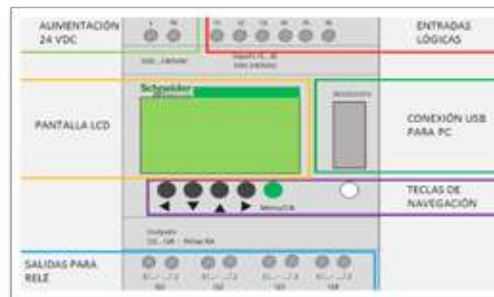
Desarrollo

1. Encendido de una lámpara piloto

Para esta práctica se utilizará el *software* de programación del relevador inteligente *Zelio Soft 2*. Este *software* se puede descargar de internet desde el portal de *Schneider-Electric*.

En la Figura 24 se muestran las partes del relevador inteligente *Schneider- Electric Zelio Logic SR3B101FU*.

Figura 24
Relevador inteligente Zelio SR3B101

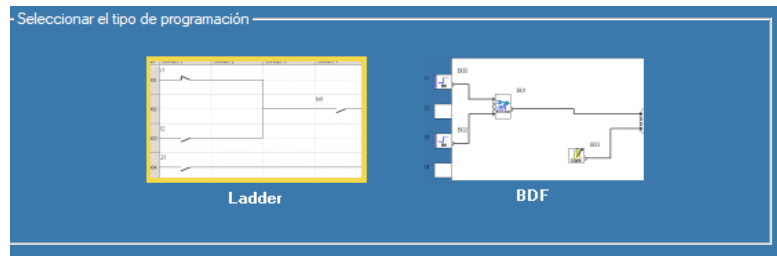


- 1.1. Abrir en la PC el programa *ZelioSoft2*.
- 1.2. En categoría del módulo, escoger seis ENTRADAS/SALIDAS CON EXTENSIONES y elegir el módulo *Zelio SR3B101*, como es mostrado en la Figura 25, dar en siguiente.
- 1.3. En la parte de extensiones no se escoge ninguna y se da en siguiente.
- 1.4. Seleccionar el lenguaje a utilizar y confirmar dando siguiente, como se puede ver en la Figura 26.

Figura 25
Pantalla de selección del modelo de Zelio

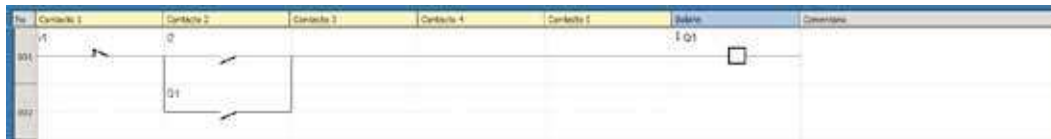


Figura 26
Selección de lenguaje de programación en Zelio



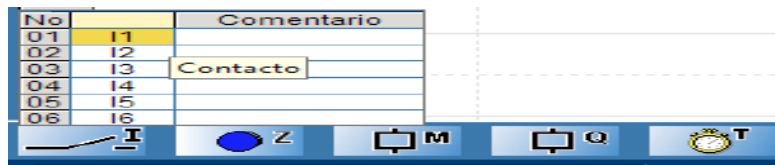
- 1.5. Realizar un circuito básico, como se muestra en las siguientes imágenes. Mediante un botón de paro y uno de arranque, hacer encender una señal luminosa.

Figura 27
Diagrama escalera para encender una lámpara



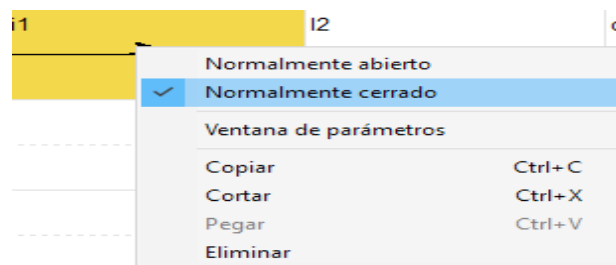
- 1.6. Para colocar los elementos es necesario seleccionarlos y arrastrarlos desde el menú inferior.

Figura 28
Menú para declarar variables



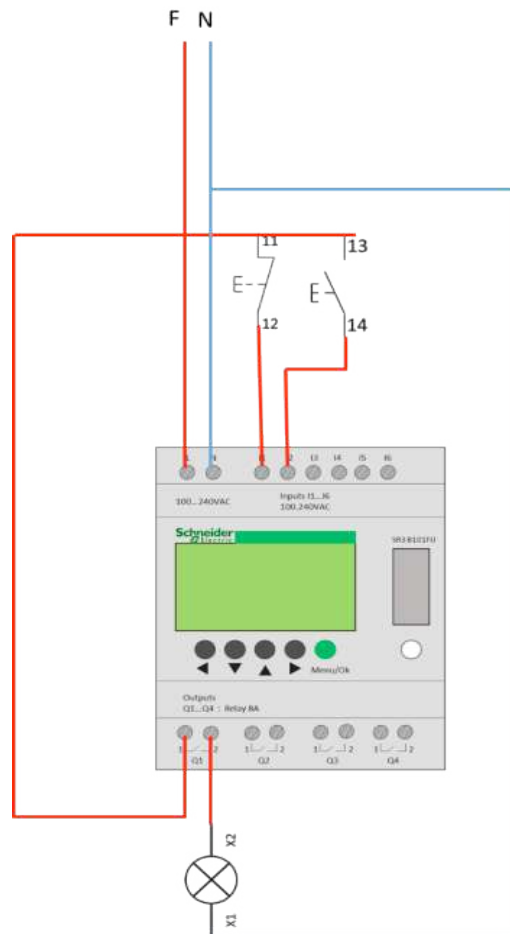
- 1.7. Para poder cambiar de un contacto normalmente abierto a uno cerrado, dar clic derecho en el contacto que se desee modificar.

Figura 29
Instrucciones para cambio de estado de un interruptor




- 1.8. Se puede simular el circuito para saber que funciona correctamente, esto se hace presionando el botón **S** que se encuentra en la parte superior derecha.
- 1.9. Una vez simulado el circuito, verificar que se encuentren abiertos los interruptores de alimentación del laboratorio y los del módulo.
- 1.10. Conectar en el módulo el circuito a realizar con base en el programa, así como la fuente de alimentación del relevador inteligente como se puede ver en la Figura 30 (estos deben ser aprobados por el profesor).

Figura 30
Diagrama de conexión de Zelio



- 1.11. Cerrar los interruptores de seguridad (energizar el circuito). El relevador inteligente se iniciará automáticamente.
- 1.12. Conectar el cable de comunicación PC-Zelio.
- 1.13. Verificar que el relevador inteligente se encuentre en modo detenido.
- 1.14. En la parte superior del programa se encuentra el menú llamado Transferencia, dar clic, seleccionar transferir programa y ahí a PC>Módulo.

- 1.15. Con el relevador en modo de arranque, comprobar el funcionamiento del circuito.
- 1.16. Si salió correctamente, proceder a desenergizar el circuito.

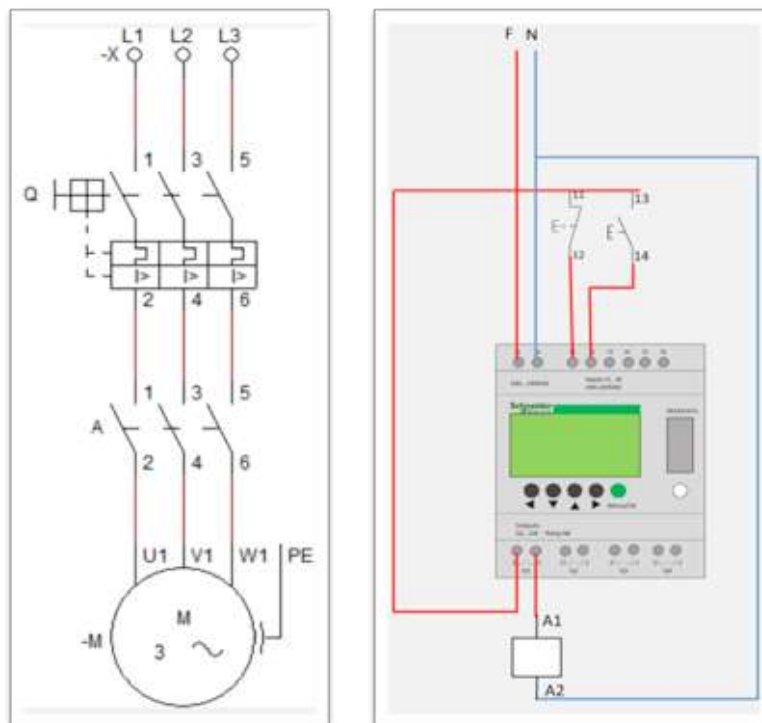
Importante: este relevador tiene una función de mando a distancia con la  que se puede controlar el circuito remotamente con la PC.

2. Arranque y paro de un motor trifásico

- 2.1. Seguir los pasos del 1.3 al 1.8.
- 2.2. La única variación será en el circuito, pues en lugar de una lámpara, se conectará la bobina de un contactor que hará funcionar el motor, como lo muestra la Figura 31.

3. Inversión de giro de un motor trifásico

Figura 31
Diagrama en CADe-simu y alambrado de dispositivo Zelio



- 3.1. Verificar que los interruptores de seguridad se encuentren abiertos.
- 3.2. Cablear el circuito propuesto.
- 3.3. En la imagen se muestra el circuito propuesto, utilizar si es necesario.

Figura 32
Diagrama Ladder para cambio de giro de un motor trifásico

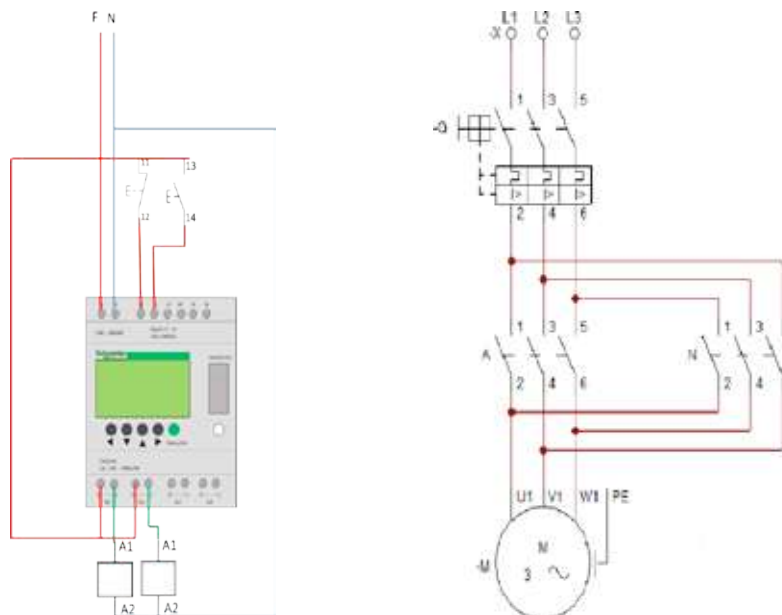


- 3.4. Cerrar los interruptores de seguridad.
- 3.5. Bajar el programa al relevador inteligente y probar el circuito.
- 3.6. Si el circuito se probó y funcionó, abrir los interruptores de seguridad y desarmar el circuito.

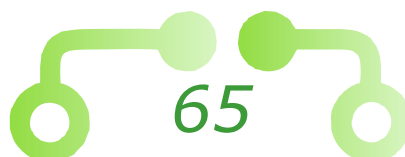
4. Inversión de giro de un motor trifásico

- 4.1. Con base en la Figura 33, crear un programa que realice la inversión de giro de un motor trifásico, pueden incorporar *timers*, más entradas, lámparas de señalización, entre otros. El alumnado puede modificar el diseño y complejidad según lo requiera.

Figura 33
Alambrado de Zelio y diagrama de conexión en CA De-simu



- 4.2. Recordar utilizar los interruptores de seguridad antes de realizar alguna conexión o desconexión del circuito.
- 4.3. Se sugiere utilizar el control mediante PC para observar su funcionamiento.
- 4.4. Una vez concluido los circuitos, desenergizar y desconectar todo.



Cuestionario



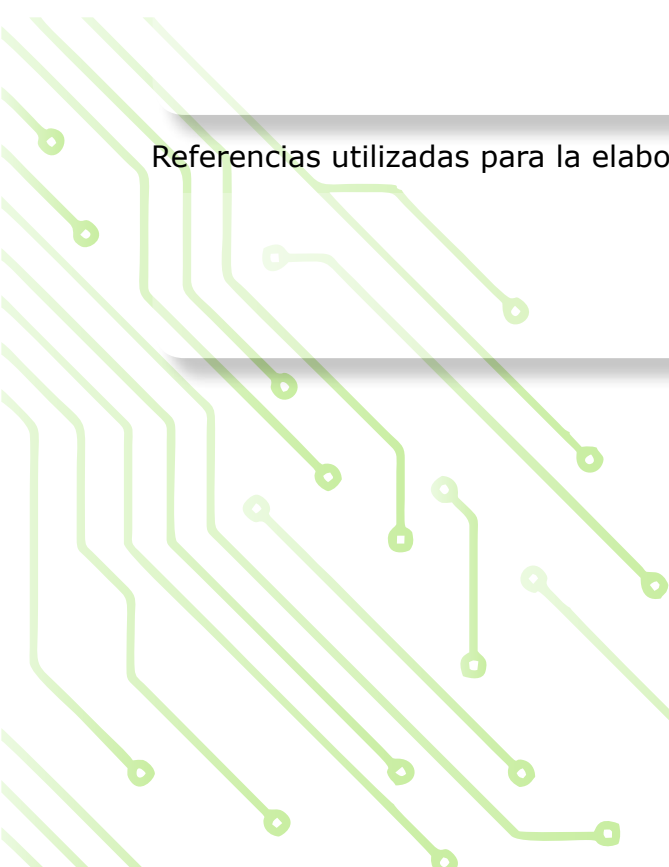
1. Enunciar por lo menos tres diferencias que existen entre un PLC y un relevador inteligente.

2. ¿Qué tipo de lenguaje se puede utilizar en Zelio? (mencionar sus características).

3. Investigar algunos tipos o marcas de relevadores inteligentes y mencionar sus características.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica



8

Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

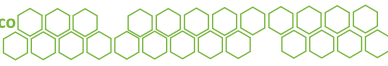
Grupo:



Variador de velocidad Yaskawa J7 parte 1

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de *Inversor Yaskawa J7* [Fotografía], por Hung Long, 2010, Banbientan
(<https://banbientan.com/bien-tan-yaskawa-inverter/bien-tan-yaskawa-j7/>).



Objetivos

El alumnado:

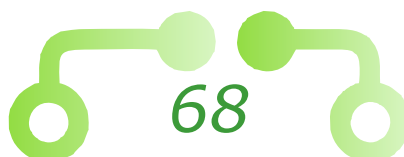
- Comprenderá el método de operación del variador de frecuencia *Yaskawa J7*.
- Usará un variador de frecuencia desde mando local y remoto.
- Aprenderá a programar utilizando diagramas secuenciales.

Temas sugeridos

- Definir qué es un variador de velocidad.
- Manual del variador de frecuencia *Yaskawa J7*.
- Métodos de control de velocidad de motores de inducción (Buitrón, 1984).

Equipo

- Módulo de control que cuente con el variador de frecuencia *Yaskawa J7*.
- Motor trifásico de inducción.
- Cables de conexión.



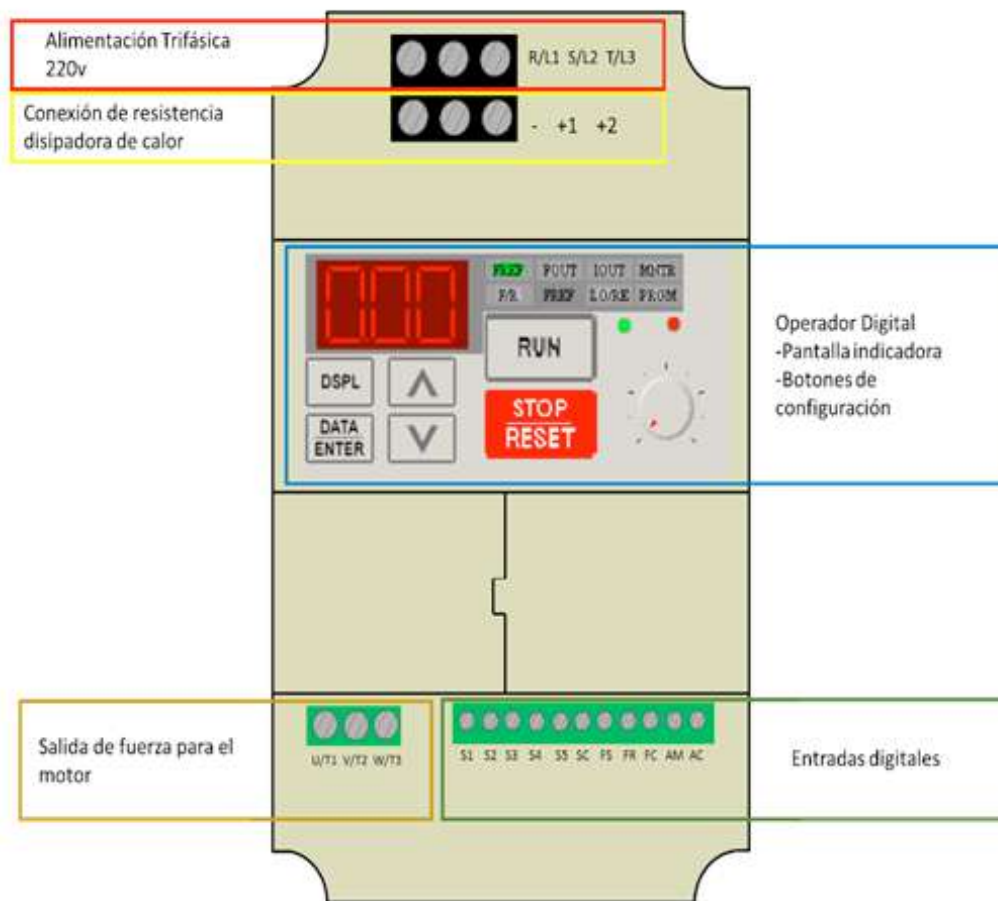
Desarrollo

1. Arranque de un motor trifásico en modo LOCAL

En esta práctica se usará un variador de frecuencia Yaskawa J7.

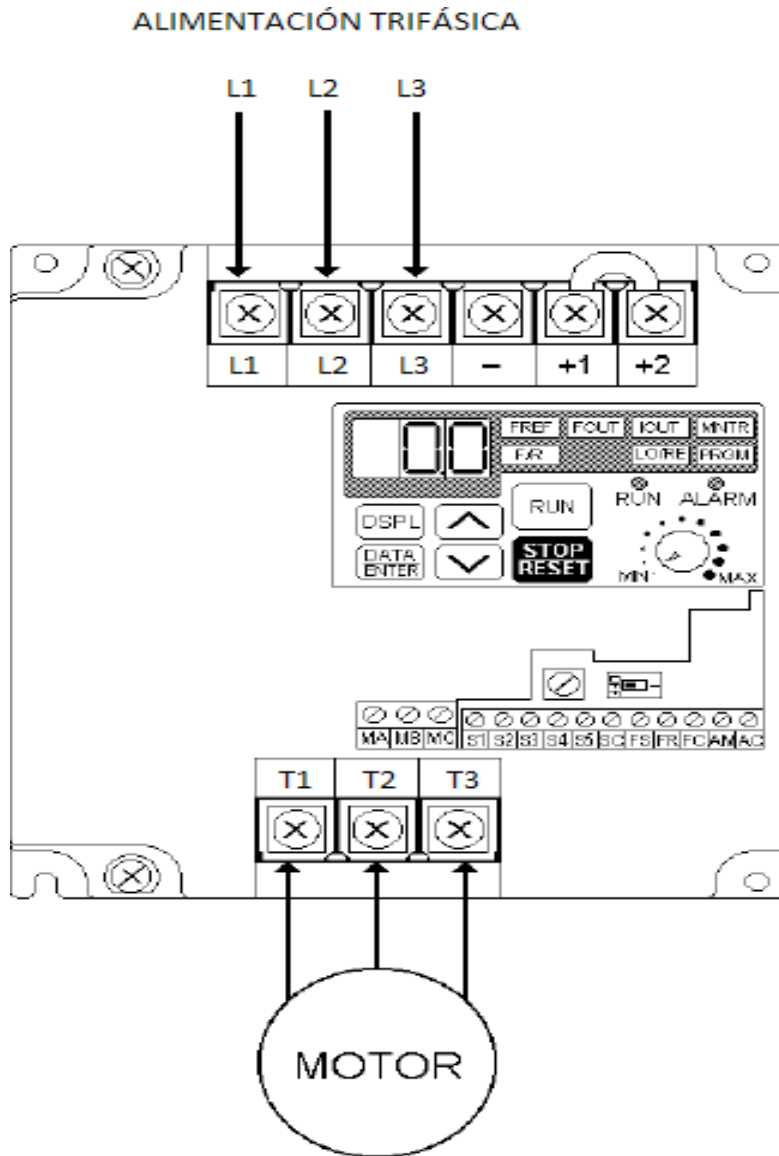
Las partes del variador de frecuencia Yaskawa J7 se muestran en la Figura 34.

Figura 34
Variador de Frecuencia Yaskawa J7



En la Figura 35 se muestra la forma de conectar el variador de frecuencia.

Figura 35
Diagrama de conexión del Yaskawa J7 al motor trifásico



Nota. Adaptado de *J7 Simplified Startup Procedure* [Ilustración], por Yaskawa, 2004, (<https://www.yaskawa.com/downloads/search-index/details?showType=details&docnum=TM.J7.01>).

- 1.1. Para poder activar el variador de frecuencia es necesario puentear las terminales +1, +2.
- 1.2. Antes de realizar cualquier conexión, verificar que los interruptores de seguridad se encuentren abiertos.

- 1.3. Una vez realizado el circuito, pedir al profesor encargado que lo verifique.
- 1.4. Verificar que el indicador RUN esté parpadeando.

A continuación, se muestra cómo realizar la programación del dispositivo, o bien, se pueden revisar las figuras correspondientes donde se muestra un diagrama de instrucciones de programación.

Importante: no olvidar desenergizar el circuito antes de realizar cualquier modificación.

Programación del dispositivo

- ≡ Presionar el botón **DSPL** las veces necesarias para llegar hasta el indicador **LO/RE** que se iluminará, verificar que en la pantalla esté el modo **LO**, en caso contrario, seleccionar con las flechas el modo **LO** (Modo local).
- ≡ Con el botón **DSPL**, presionar hasta llegar al modo **PRGM** que se iluminará en el operador digital.
- ≡ Con las flechas, localizar el parámetro **n04** e ingresar a la configuración presionando **DATA/ENTER**, a continuación, seleccionar **1** (Paro mediante Giro Libre), confirmar la orden con **DATA/ENTER**.
- ≡ Continuando en la opción **PRGM**, se busca con las flechas el parámetro **n16**, se reafirma la acción con **DATA/ENTER** y se coloca en **1.0**, confirmar la orden con **DATA/ENTER**.
- ≡ Llegar al modo **FOUT** presionando el botón **DSPL** las veces que sean necesarias.
- ≡ Comprobar que la conexión al motor sea la correcta.
- ≡ Poner en marcha el motor con la tecla **RUN** y observar.
- ≡ Se puede variar la frecuencia con el potenciómetro girando a la derecha con un valor positivo, y a la izquierda con uno negativo.
- ≡ Se puede observar la frecuencia en el display (modo **FOUT**).

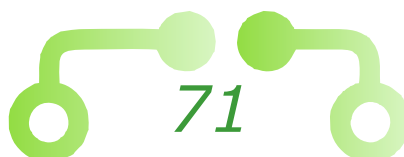
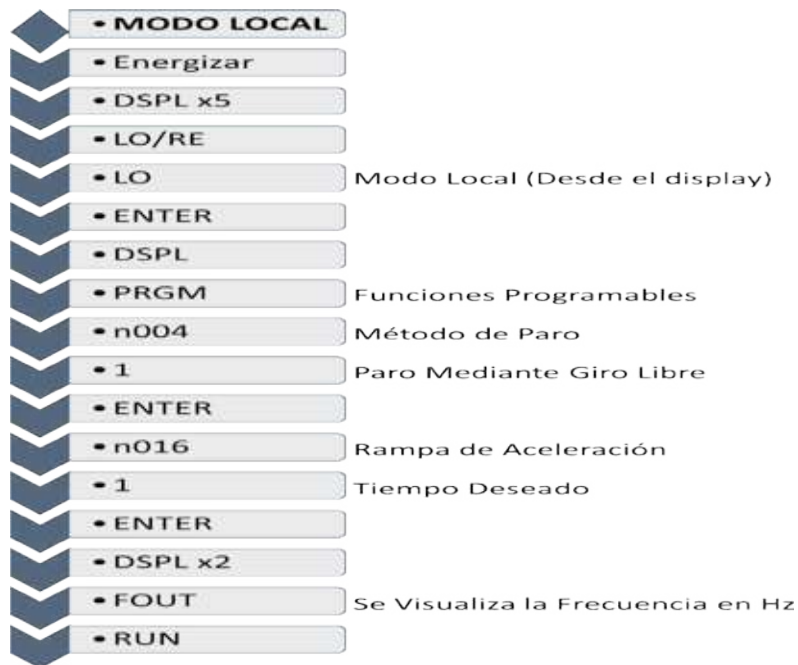


Figura 36
Comando de instrucciones para la programación del dispositivo



2. Activar Reversa

- 2.1. Con la tecla **DSPL** presionar hasta llegar al comando **F/R** y variar con las flechas (*for* para giro en sentido horario, *rev* para sentido antihorario), en ese modo también se puede variar la frecuencia con la perilla del potenciómetro.

Figura 37
Esquema de instrucciones para un cambio de giro



Importante: una vez visualizado el funcionamiento del variador de frecuencia, se pueden agregar rampas de aceleración y desaceleración.

3. Rampa de Aceleración

- 3.1. Verificar que el motor esté en **STOP** (apagado) y que el indicador de **RUN** esté parpadeando.
- 3.2. Con el botón **DSPL**, presionar hasta llegar al modo **PRGM** que se iluminará en el operador digital.
- 3.3. Con las flechas, localizar el parámetro **n16** e ingresar a la configuración presionando **DATA/ENTER**, a continuación, seleccionar el tiempo deseado o requerido para arrancar el motor desde un **punto cero** hasta su mayor frecuencia designada, confirmar la orden con **DATA/ENTER**.
- 3.4. Llegar al modo **FOUT** presionando el botón **DSPL** las veces que sean necesarias.
- 3.5. Comprobar que la conexión al motor sea la correcta.
- 3.6. Poner en marcha el motor con la tecla **RUN** y observar.

Importante: en **FOUT** se puede comprobar cómo incrementa la frecuencia con respecto al tiempo que se le haya indicado en la rampa. Con este modo también se puede aplicar reversa.

4. Rampa de desaceleración

- 4..1. Verificar que el motor esté en **STOP** (apagado) y que el indicador de **RUN** esté parpadeando.
- 4.2. Con el botón **DSPL**, presionar hasta llegar al modo **PRGM** que se iluminará en el operador digital.
- 4.3. Con las flechas, localizar el parámetro **n04** e ingresar a la configuración presionando **DATA/ENTER**, a continuación, seleccionar **0** (Rampa hasta el Paro), confirmar la orden con **DATA/ENTER**.
- 4.4. Continuando en la opción **PRGM**, se busca con las flechas el parámetro **n17**, se accede a la configuración con **DATA/ENTER** y se coloca con las flechas el tiempo deseado en el que el motor realizará el paro, se confirma la orden con **DATA/ENTER**.
- 4.5. Llegar al modo **FOUT** presionando el botón **DSPL** las veces que sean necesarias.
- 4.6. Comprobar que la conexión al motor sea la correcta.
- 4.7. Poner en marcha el motor con la tecla **RUN**.
- 4.8. Al presionar **STOP/RESET** para realizar el paro del motor, observar el tipo de frenado que se proporciona.

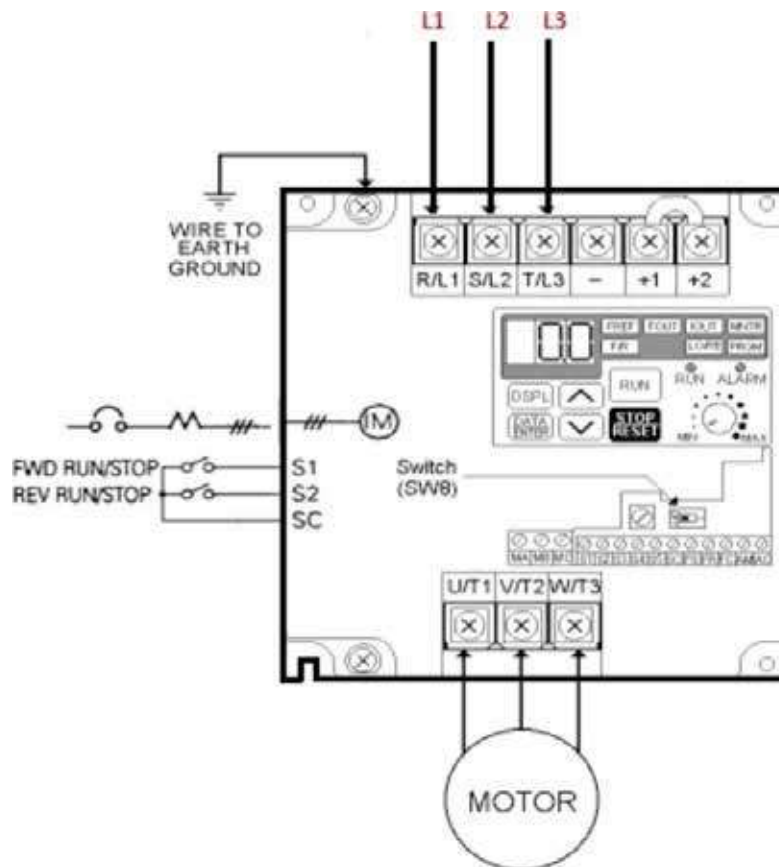
Figura 38
Serie de comandos para el frenado del motor



5. Arranque de un motor a dos hilos mediante un variador de frecuencia

- 5.1. Verificar que los interruptores de seguridad se encuentren abiertos.
- 5.2. Presionar el botón **DSPL** las veces necesarias para llegar hasta el indicador **LO/RE** que se iluminará, seleccionar con las flechas el modo **RE** (Modo remoto).
- 5.3. Con base en la Figura 39, armar un circuito de arranque a dos hilos para el variador de frecuencia.



Figura 39
Circuito de control para arranque y cambio de giro



Nota. Adaptado de *J7 Simplified Startup Procedure* [Ilustración], por Yaskawa, 2004, (<https://www.yaskawa.com/downloads/search-index/details?showType=details&docnum=TM.J7.01>).

A continuación, se muestra la programación, también se pueden seguir las instrucciones del diagrama de instrucciones y programar el arranque a dos hilos en el variador de frecuencia.

Programación del dispositivo

- ≡ Presionar la tecla **DSPL** para activar el modo **PRGM**.
- ≡ Utilizar las flechas   para seleccionar el parámetro **n36**. Ingresar con la tecla **DATA/ENTER** y seleccionar **2** (referencia de marcha en reversa – secuencia de 2 alambres) como configuración.
- ≡ Guardar los cambios con la tecla **DATA/ENTER**.



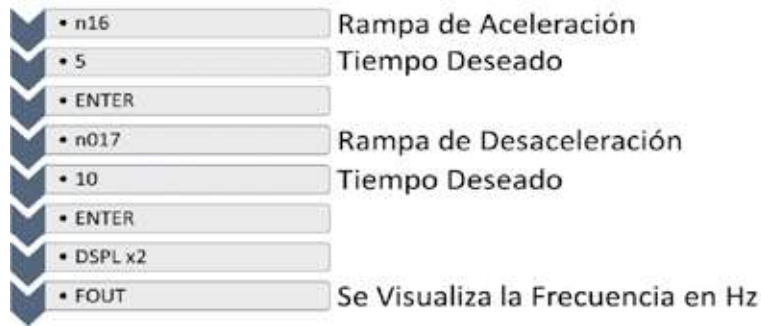
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro **n01** e ingresar con la tecla **DATA/ENTER**.
- ≡ Seleccionar **10** (Inicialización a dos hilos) como configuración.
- ≡ Presionar la tecla **DATA/ENTER** para guardar los cambios.
- ≡ Utilizar las flechas  para seleccionar el parámetro **n04** (selección de método de paro) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Configurar **0** (desaceleración hasta detenerse) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n16** (tiempo de aceleración) e ingresar con la tecla **DATA/ENTER**.
- ≡ Ajustar un tiempo de **cinco segundos** y presionar **DATA/ENTER** para guardar los cambios.
- ≡ Buscar el parámetro **n17** (tiempo de desaceleración) y configurar **10** segundos.
- ≡ Presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Utilizar la tecla **DSPL** para activar el modo **FOUT** (monitor de frecuencia de salida).

Figura 40
Lista de comando para monitorear la frecuencia





- 5.4. Buscar el parámetro **n21** (frecuencia de referencia) y revisar que se encuentre a **60 Hz**.
- 5.5. Localizar el parámetro **n03** (índice de frecuencia de referencia) y colocarlo a **1**.
- 5.6. Presionar el interruptor **S1** y observar el comportamiento del motor.
- 5.7. Oprimir nuevamente el interruptor **S1** para detener el motor.
- 5.8. Anotar el sentido de giro del motor.
- 5.9. Activar el interruptor **S2** y observar el comportamiento del motor.
- 5.10. Presionar nuevamente el interruptor del motor **S2** para detener el motor.
- 5.11. Anotar el sentido de giro del motor.
- 5.12. Accionar los interruptores **S1** y **S2** al mismo tiempo y anotar qué es lo que sucede y por qué sucede.
- 5.13. Desconectar todo el equipo que se utilizó y guardarlo en el lugar correspondiente.

Cuestionario



1. Definir qué es un variador de frecuencia.

2. Mencionar algunas aplicaciones de un variador de frecuencia.

3. Mencionar algunos tipos de variadores de velocidad.

4. Investigar la ficha técnica del dispositivo *Yaskawa J7*.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica

9

Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Variador de velocidad Yaskawa J7 parte 2

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de *Inversor Yaskawa J7* [Fotografía], por Hung Long, 2010, Banbientan
(<https://banbientan.com/bien-tan-yaskawa-inverter/bien-tan-yaskawa-j7/>).

Objetivos

El alumnado:

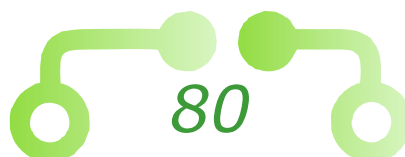
- Comprenderá el funcionamiento del variador de frecuencia *Yaskawa J7*.
- Aplicará un arranque de un motor trifásico a tres hilos.
- Programará multivelocidades para un motor trifásico.

Temas sugeridos

- Multivelocidades en un variador de frecuencia (Buitrón, 1984).
- Arranque a tres hilos.
- Tabla de verdad.

Equipo

- Módulo de control que cuente con el variador de frecuencia *Yaskawa J7*.
- Motor trifásico de inducción.
- Cables de conexión.



Desarrollo

1. Arranque a tres hilos de un motor trifásico

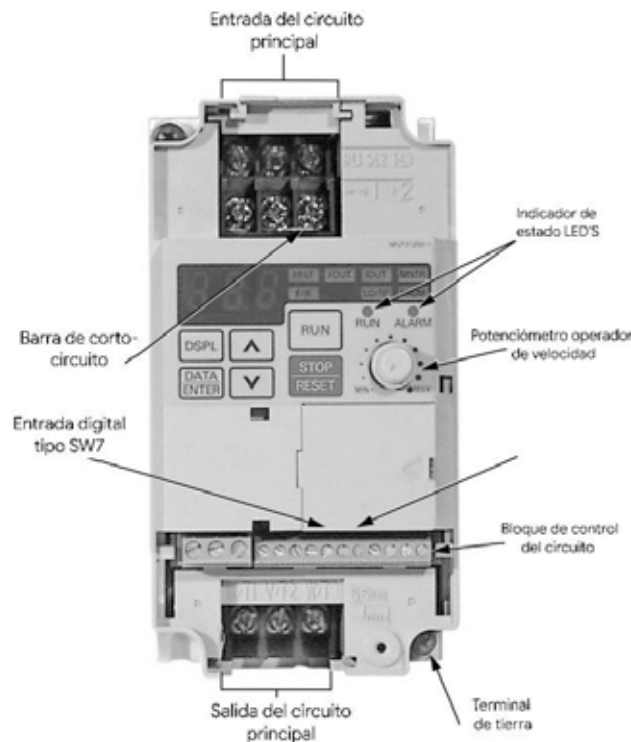
Para realizar esta práctica es necesario un variador de frecuencia *Yaskawa J7*. En la Figura 41 se muestran las partes del variador de frecuencia *Yaskawa J7*, y en la Figura 42 se presenta la forma de conectar el variador de frecuencia.

Hay que recordar que las terminales +1, +2 deben estar puenteadas para que el dispositivo encienda.

- 1.1. Presionar la tecla **DSPL** hasta activar el modo **LO/RE**.
- 1.2. Utilizar las flechas **▲** **▼** para configurar **RE** (modo remoto) y presiona **DATA/ENTER** para guardar los cambios.
- 1.3. Antes de realizar cualquier conexión, verificar que los interruptores de seguridad se encuentren abiertos.
- 1.4. Una vez realizado el circuito, pedir al profesor encargado que lo verifique.

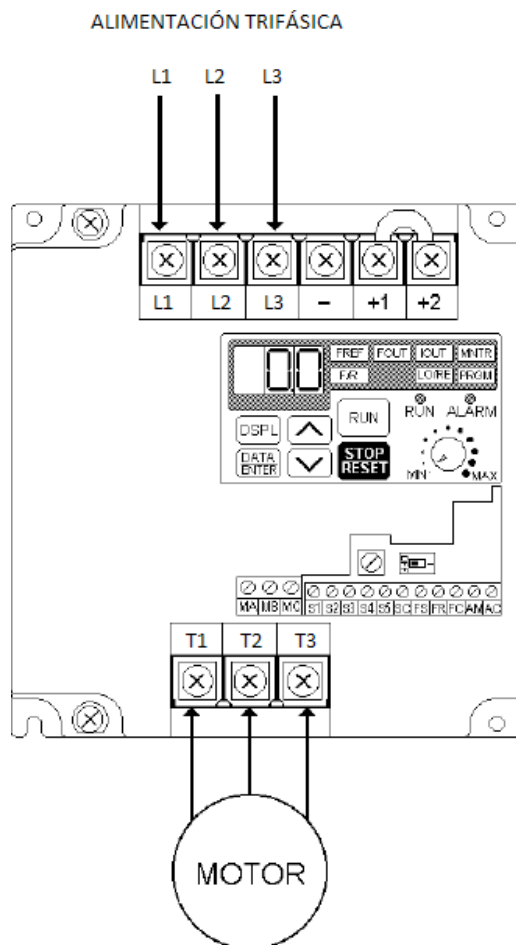
Figura 41

Identificación de componentes del variador de frecuencia Yaskawa J7



Nota. Adaptado de *J7 Simplified Startup Procedure* [Ilustración], por Yaskawa, 2004, (<https://www.yaskawa.com/downloads/search-index/details?showType=details&docnum=TM.J7.01>).

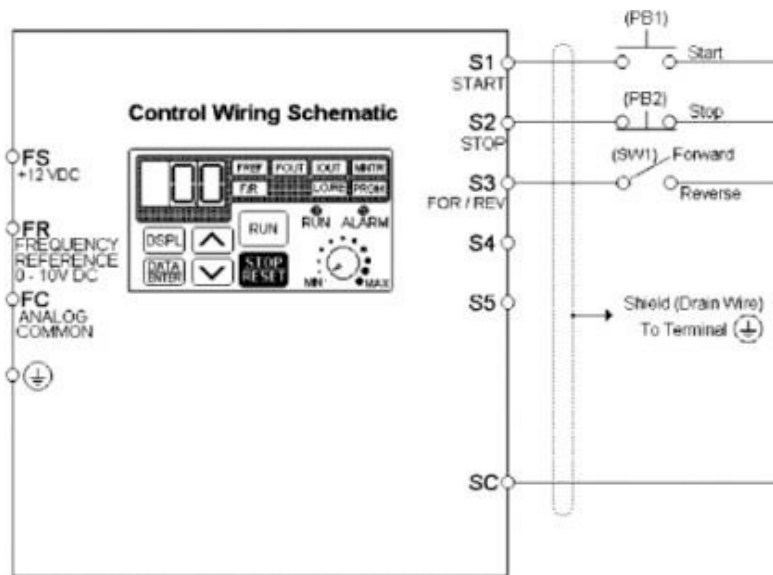
Figura 42
Diagrama de conexión del Yaskawa J7 al motor trifásico



Nota. Adaptado de *J7 Simplified Startup Procedure* [Ilustración], por Yaskawa, 2004, (<https://www.yaskawa.com/downloads/search-index/details?showType=details&docnum=TM.J7.01>).

- 1.5. Conectar las conexiones de entrada del *Yaskawa J7* como se muestra en la Figura 43.



Figura 43
Circuito de Control a tres hilos en el Yaskawa J7



Nota. Adaptado de *Remote Sequence (3-Wire) & Speed Potentiometer* [Ilustración], por Yaskawa, 2004, (<https://www.yaskawa.com/downloads/search-index/details?showType=details&docnum=TM.J7.01>).

- 1.6. Seguir las instrucciones o el diagrama de bloques para poder programar el dispositivo.

Programación del dispositivo

- ≡ Presionar la tecla **DSPL** hasta llegar al modo **PRGM** y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Utilizar las flechas   para buscar el parámetro **n01** y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Configurar **11** (inicialización a tres hilos) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n02** (selección de referencia de operación) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar a la configuración.
- ≡ Configurar **1** (terminal de circuito de control) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n03** (selección de la frecuencia de referencia) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.

- ≡ Configurar **1** (frecuencia de referencia **n21**) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n04** (selección de método de paro) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Configurar **1** (marcha sin motor hasta detenerse) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración. La rampa de desaceleración se desactiva.
- ≡ Buscar el parámetro **n05** (prohibición de la marcha **REV**) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Configurar **0** para activar la dirección en reversa y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n09** (frecuencia máxima de salida) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Configurar una frecuencia de **60** y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n21** (frecuencia de referencia **1**) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Configurar una frecuencia de **50** y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n37** (selección de entrada multifuncional **3**) y presionar **DATA/ENTER** para ingresar.
- ≡ Configurar **0** (comando **FWD/REV** secuencia en tres hilos) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.

Figura 44
Comandos para detener el motor mediante desaceleración

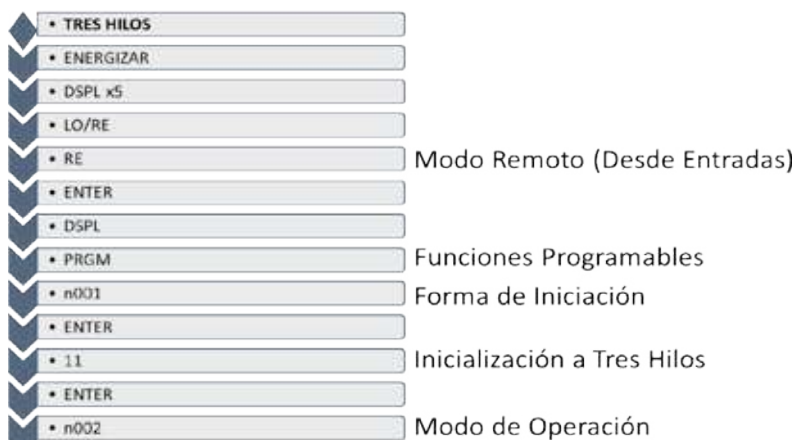
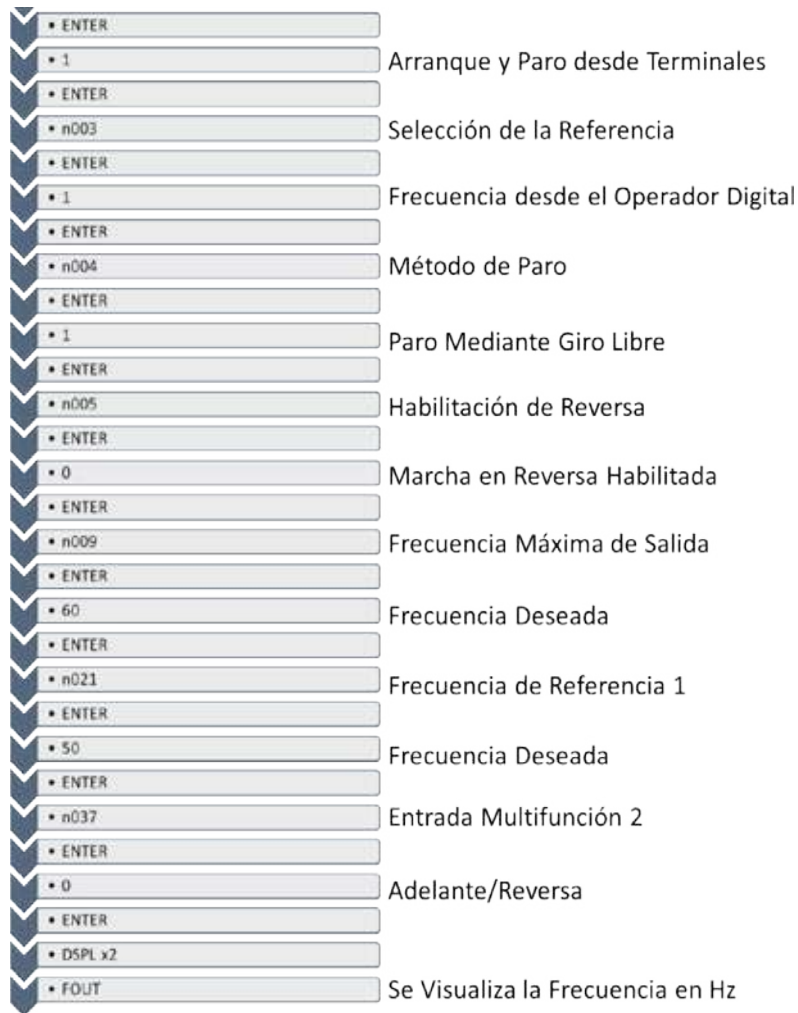


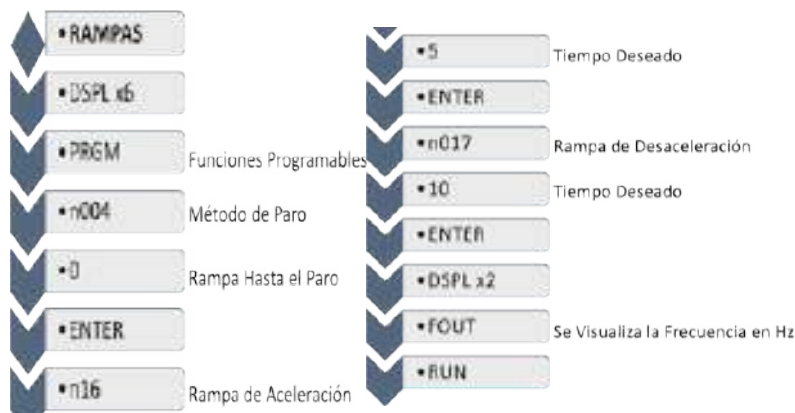
Figura 45
Diagrama de bloques para arranque y paro de terminales



- 1.7. Presionar la tecla **DSPL** para llegar al modo **FOUT** (monitor de salida de frecuencia).
- 1.8. Oprimir el pulsador de arranque **S1**.
- 1.9. Presionar el pulsador de paro **S2**.
- 1.10. Activar el interruptor **S3**.
- 1.11. Presionar nuevamente el pulsado de arranque **S1**.
- 1.12. El pulsador de paro **S2**.
- 1.13. Anotar las observaciones e indicar cuál es la función del interruptor **S3**.
- 1.14. Utilizar la tecla **DSPL** para activar el modo **PRGM** y buscar el parámetro **n04** (selección de método de paro).

- 1.15. Configurar **0** (desaceleración hasta detenerse) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- 1.16. Buscar el parámetro **n16** (tiempo de aceleración) y configurar un tiempo de **cinco segundos**.
- 1.17. Presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- 1.18. Localizar el parámetro **n17** (tiempo de desaceleración) y configurar un tiempo de **10 segundos**.
- 1.19. Oprimir **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- 1.20. Pulsar **DSPL** hasta llegar al modo **FOUT** (monitor de salida de frecuencia).
- 1.21. Realizar los pasos 1.2. a 1.23. nuevamente con las rampas de aceleración.
- 1.22. Abrir el interruptor de seguridad después de que se haya detenido el motor.

Figura 46
Programación requerida para la desaceleración en rampa con un tiempo determinado

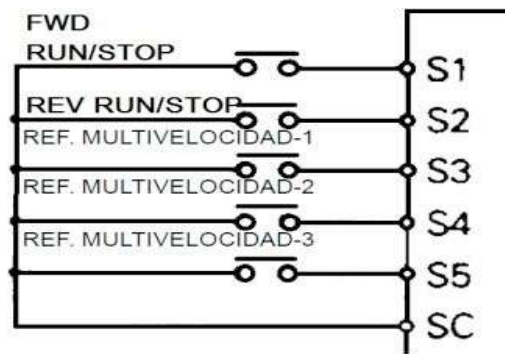


- 1.23. Ya habiendo visualizado el arranque a tres hilos con rampas de aceleración y desaceleración nulas, configurarlas con algunos valores predeterminados.

2. Multivelocidades

- 2.1. Verificar que los interruptores de seguridad se encuentren abiertos.
- 2.2. Con base en la Figura 42 como diagrama de fuerza y la Figura 47 como diagrama de control, conectar el circuito correspondiente.

Figura 47
Circuito de Control de multivelocidades



- 2.3. En este punto de la práctica, el profesor debe revisar las conexiones.
- 2.4. Cerrar el interruptor de seguridad.

A continuación, se pueden utilizar las instrucciones o el diagrama de instrucciones para poder realizar la programación del dispositivo.

Programación del dispositivo

- ≡ Utilizar la tecla **DSPL** para activar el modo **LO/RE**.
- ≡ Ajustar a **RE** (modo remoto) y presionar **DATA/ENTER** para guardar los cambios.
- ≡ Usar la tecla **DSPL** para activar el modo **PRGM**.
- ≡ Buscar el parámetro **n02** (selección de referencia de operación).
- ≡ Configurar **1** (terminal de circuito de control) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Localizar el parámetro **n03** (selección de referencia de frecuencia).
- ≡ Ajustar **1** (frecuencia de referencia a **n21**) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n04** (selección de método de detención).
- ≡ Configurar **1** (marcha sin motor hasta detenerse) y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Elegir el parámetro **n09** (frecuencia máxima de salida).
- ≡ Ajustar **100** y presionar **DATA/ENTER** para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro **n16** (tiempo de aceleración).

- ≡ Disponer 2 segundos y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Localizar el parámetro n21 (frecuencia de referencia 1).
- ≡ Configurar 10hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Seleccionar el parámetro n22 (frecuencia de referencia 2).
- ≡ Ajustar a 25hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro n23 (frecuencia de referencia 3).
- ≡ Acoplar a 3hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Localizar el parámetro n24 (frecuencia de referencia 4).
- ≡ Configurar 60hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Seleccionar el parámetro n25 (frecuencia de referencia 5).
- ≡ Ajustar a 70hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro n26 (frecuencia de referencia 6).
- ≡ Disponer 50hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Elegir el parámetro n27 (frecuencia de referencia 7).
- ≡ Configurar 40hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Seleccionar el parámetro n28 (frecuencia de referencia 8).
- ≡ Ajustar a 5hz y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro n36 y configurar 2 (referencia de marcha en reversa – secuencia dos hilos).
- ≡ Presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Localizar el parámetro n39 (selección de entrada multifuncional 5).
- ≡ Configurar 8 (referencia de multivelocidades 2) y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Buscar el parámetro n37 (selección de entrada multifuncional 3).
- ≡ Ajustar 6 (referencia de multivelocidades 1) y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.
- ≡ Seleccionar el parámetro n38 (selección de entrada multifuncional 4).
- ≡ Configurar 7 (referencia de multivelocidades 3) y presionar *DATA/ENTER* para guardar la configuración.



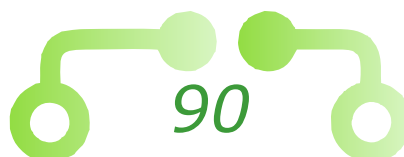
Figura 48
Configuración para multivelocidades

• MULTIVELOCIDADES	
• ENERGIZAR	
• DSPL x5	
• LO/RE	
• RE	Modo Remoto
• ENTER	
• DSPL	
• PRGM	Funciones Programables
• n002	Modo de Operación
• ENTER	
• 1	Desde Terminales
• ENTER	
• n003	Selección de la Referencia
• ENTER	
• 1	Frec. desde el Op. Digital
• ENTER	
• n004	Método de Paro
• ENTER	
• 1	Paro Mediante Giro Libre
• ENTER	
• n009	Frecuencia Máxima
• ENTER	
• 100	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n016	Rampa de Aceleración
• ENTER	
• 2	Tiempo Deseado
• ENTER	
• n021	Frecuencia de Referencia 1
• ENTER	
• 10	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n022	Frecuencia de Referencia 2
• ENTER	
• 25	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n023	Frecuencia de Referencia 3
• ENTER	
• 3	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n024	Frecuencia de Referencia 4
• ENTER	
• 60	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n025	Frecuencia de Referencia 5
• ENTER	
• 70	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n026	Frecuencia de Referencia 6
• ENTER	
• 50	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n027	Frecuencia de Referencia 7
• ENTER	
• 40	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n028	Frecuencia de Referencia 8
• ENTER	
• 5	Frecuencia Deseada
• ENTER	
• n036	Entrada Multifunción S2
• ENTER	
• 2	Reversa
• ENTER	
• n039	Entrada Multifunción S5
• ENTER	
• 8	Multivelocidad C
• ENTER	
• n037	Entrada Multifunción S3
• ENTER	
• 6	Multivelocidad A
• ENTER	
• n038	Entrada Multifunción S4
• ENTER	
• 7	Multivelocidad B
• ENTER	
• DSPL x2	
• FOUT	Frecuencia Hz

- 2.5. Utilizar la tecla **DSPL** para activar el modo **FOUT** (monitor de salida de frecuencia).
- 2.6. La Tabla 1 muestra las velocidades que se configuraron en el variador de velocidad a través de una serie de combinaciones de los interruptores **S3**, **S4** y **S5**. Presionar el interruptor **S1** para arrancar el motor, si los interruptores **S3**, **S4** y **S5** se encuentran abiertos, el motor deberá girar a una velocidad de **10Hz**.
- 2.7. Tomando como referencia la siguiente tabla, programar las consecutivas velocidades.

Tabla 1
Tabla de verdad de las combinaciones de los interruptores

Tabla de velocidades				
Velocidad	S5	S4	S3	Frecuencia
Frecuencia de referencia	0	0	0	10
1	0	0	1	25
2	0	1	0	3
3	0	1	1	60
4	1	0	0	70
5	1	0	1	50
6	1	1	0	40
7	1	1	1	5



Cuestionario



1. ¿Qué aplicaciones tiene un variador con multivelocidades?

2. Realizar una tabla de verdad con diferentes velocidades y el diagrama de instrucciones correspondiente.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica

10

Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Variador de velocidad **EATON MVX9000**

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de MVX005A0-2 [Fotografía], por Galco, s.f., (<https://www.galco.com/mvx005a0-2-91942.html>).



Objetivos

El alumnado:

- Demostrará un circuito para controlar el arranque de un motor trifásico a tres hilos con el variador de frecuencia *Eaton MVX9000*.
- Programará para controlar un motor trifásico a través de diferentes velocidades con el variador de frecuencia *Eaton MVX9000*.

Temas sugeridos

- Arranque a tres hilos.
- Múltiples velocidades en un variador de frecuencia (Buitrón, 1984).
- Manual de *Eaton MVX9000* (Eaton, 2006).

Equipo

- Módulo de control electromecánico.
- Variador de frecuencia *Eaton MVX9000*.
- Motor trifásico de inducción.
- Cables de conexión.

Desarrollo

1. Arranque de un motor trifásico con el variador de velocidad *Eaton MVX9000* en modo local

Para la realización de esta práctica se usará un variador de frecuencia *Eaton MVX9000*.

Tanto en la Figura 49 como en la Figura 50 se muestran las partes del variador de frecuencia *Eaton MVX9000*.

- 1.1. Revisar que el interruptor de seguridad esté abierto.
- 1.2. Conectar el variador de frecuencia *Eaton MVX9000*.

Figura 49
Variador de Frecuencia Eaton MVX9000



Figura 50
Descripción de las partes del variador de frecuencia Eaton MVX9000

ITEM	DESCRIPCIÓN	
1	ARRANQUE	
2	PARO	
3	FORWARD-ADELANTE	
4	REVERSE-REVERSA	
5	LEDS INDICADORES	
6		ENTRADA DE FRECUENCIA
7		SALIDA DE FRECUENCIA
8		AMPERES
9	UNIDADES DEFINIDAS POR EL USUARIO	
10	TECLAS DE DIRECCIÓN	
11		TECLAS PARA SELECCIONAR O CAMBIAR PARAMETROS
12		
13	PANTALLA	
14	POTENCIOMETRO	
15	MARCHA	
16	COMANDOS DE ACCESO LOCAL	
17		PARO O RESET DESPUES DE UNA FALLA
	COMANDO PARA ACEPTAR CAMBIOS	

- 1.3. Por ahora, solo conectar el circuito de fuerza, el motor se controlará de manera local.
- 1.4. En la Figura 51 se muestra la forma de conectar el variador de frecuencia.
- 1.5. En este punto de la práctica, el profesor debe revisar las conexiones.


Figura 51
Diagrama de conexiones del circuito de fuerza del variador de frecuencia Eaton MVX9000



- 1.6. Cerrar el interruptor de seguridad.
- 1.7. El variador de velocidad iniciará automáticamente.

A continuación, se pueden seguir las instrucciones o el diagrama de programación para programar el dispositivo.

Programación del dispositivo

- Utilizar la flecha  para buscar el parámetro 20 (grupo básico de parámetros de inicio rápido).



- Seleccionar la flecha  para ingresar.

















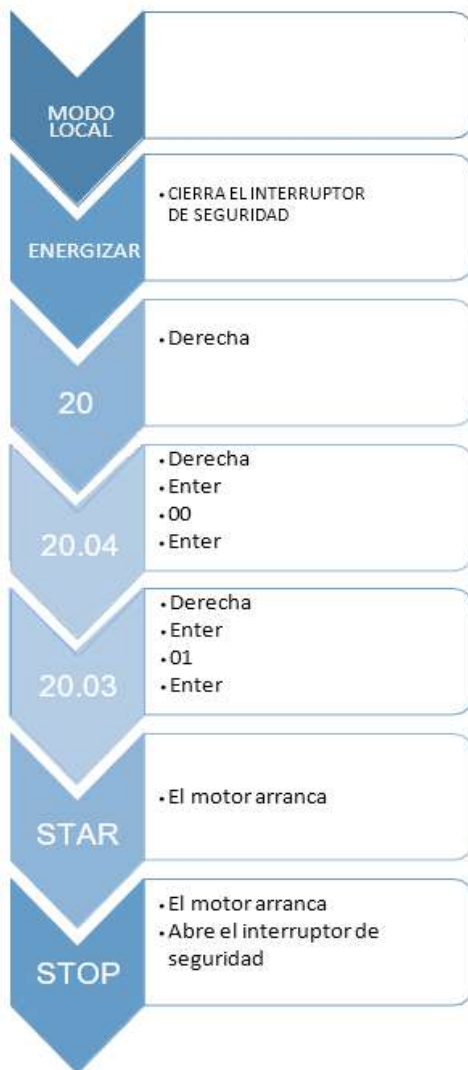
- Con las flechas  seleccionar el parámetro 20.04 (fuente de referencia para el control de comandos).
- Con ayuda de la flecha  para ingresar.
- Presionar la tecla  para modificar el parámetro.
- Con las flechas  seleccionar el parámetro 00 (operación de comandos por el control digital).
- Oprimir la tecla  para seleccionar el parámetro.
- Utilizar la tecla  para regresar al *display* y visualizar las unidades.
- Con las flechas  seleccionar el parámetro 20.03 (fuente de operación de frecuencia).
- Hacer uso de la flecha  para ingresar.
- Presionar la tecla  para modificar el parámetro.
- Con las flechas  seleccionar el parámetro 01 (operación de frecuencia determinada por el potenciómetro).
- Oprimir la tecla  para seleccionar el parámetro.
- Seleccionar la tecla  para regresar al *display* y visualizar las unidades de frecuencia.
- Usar la tecla  para arrancar el motor.
- Presionar la tecla  para detener el motor.
- Abrir el interruptor de seguridad.

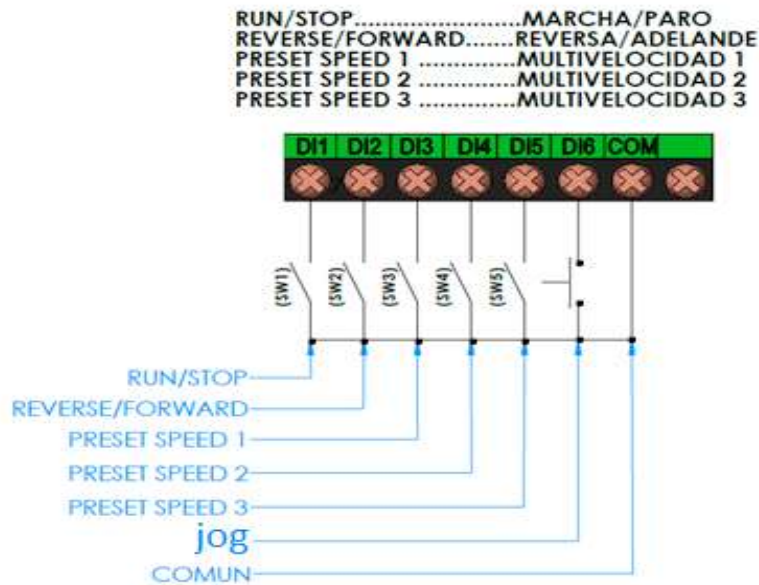
Figura 52
Diagrama de bloques para el arranque de un motor trifásico con el variador de velocidad Eaton MVX9000



2. Configuración de múltiples velocidades de trabajo con el variador de frecuencia Eaton MVX9000

- 2.1. Conectar el variador de velocidad para controlar siete velocidades como se muestra en la Figura 53.

Figura 53
Diagrama de conexiones del circuito de control de velocidades del variador de frecuencia



A continuación, se pueden seguir las instrucciones o el diagrama de la programación.

Programación del dispositivo


































- ≡ Utilizar la flecha para buscar el parámetro 20 (grupo básico de parámetros de inicio rápido).



- ≡ Seleccionar la flecha para ingresar.

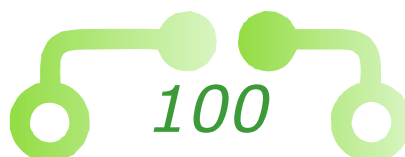






































- ≡ Con las flechas seleccionar el parámetro 20.04 (fuente de operación de comandos).
- ≡ Seleccionar la flecha para ingresar y presionar la tecla para modificar el parámetro.
- ≡ Con las flechas seleccionar el parámetro 01 (operación de comandos determinados por terminales de control externo, la tecla **STOP** está habilitada).
- ≡ Presionar la tecla para seleccionar el parámetro.

- ≡ Utilizar las flechas  para buscar el parámetro 20.07 (máxima frecuencia de salida).
- ≡ Usar la flecha  para ingresar y presionar la tecla  para modificar el parámetro.
- ≡ Con las flechas  colocarlo a una frecuencia de 100 Hz.
- ≡ Presionar la tecla  para seleccionar el parámetro.
- ≡ Oprimir la tecla  dos veces para regresar al parámetro 20.
- ≡ Utilizar las flechas  para buscar el parámetro 50 (control de la unidad de CA).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 50.02 (fuente de operación de comandos).
- ≡ Utilizar las flechas  para ingresar y .
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 02 (operación de comandos determinada por terminales de control externo).
- ≡ Presionar la tecla  para seleccionar el parámetro.
- ≡ Usar la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 50.22 (operación de reversa).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 00 (operación de reversa activada).
- ≡ Presionar la tecla  para seleccionar el parámetro.
- ≡ Utilizar la tecla  dos veces para regresar.
- ≡ Usar las flechas  para buscar el parámetro 30 (configuración de entradas).
- ≡ Oprimir la flecha  para ingresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 30.18 (programación de la velocidad 1).
- ≡ Utilizar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Con las flechas  configurar una frecuencia de 30Hz.
- ≡ Presionar la tecla  para seleccionar el parámetro.
- ≡ Usar la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 30.19 (programación de la velocidad 2).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Con las flechas  configurar una frecuencia de 5Hz.
- ≡ Presionar la tecla  para seleccionar el parámetro.



- ≡ Utilizar la tecla ◀ para regresar.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ seleccionar el parámetro 30.20 (programación de la velocidad 3).
- ≡ Hacer uso de la flecha ▶ para ingresar y ENTER.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ configurar una frecuencia de 80Hz.
- ≡ Presionar la tecla ENTER para seleccionar el parámetro.
- ≡ Seleccionar la tecla ◀ para regresar.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ seleccionar el parámetro 30.21 (programación de la velocidad 4).
- ≡ Oprimir la flecha ▶ para ingresar y ENTER.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ configurar una frecuencia de 20Hz.
- ≡ Presionar la tecla ENTER para seleccionar el parámetro.
- ≡ Utilizar la tecla ◀ para regresar.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ seleccionar el parámetro 30.22 (programación de la velocidad 5).
- ≡ Seleccionar la flecha ▶ para ingresar y ENTER.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ configurar una frecuencia de 90Hz.
- ≡ Oprimir la tecla ENTER para seleccionar el parámetro.
- ≡ Elegir la tecla ◀ para regresar.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ seleccionar el parámetro 30.23 (programación de la velocidad 6).
- ≡ Utilizar la flecha ▶ para ingresar y ENTER.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ configurar una frecuencia de 1Hz.
- ≡ Presionar la tecla ENTER para seleccionar el parámetro.
- ≡ Usar la tecla ◀ para regresar.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ seleccionar el parámetro 30.24 (programación de la velocidad 7).
- ≡ Hacer uso de la flecha ▶ para ingresar y ENTER.
- ≡ Con las flechas ▲ ▼ configurar una frecuencia de 70Hz.
- ≡ Presionar la tecla ENTER para seleccionar el parámetro.
- ≡ Oprime la tecla ◀ dos veces para regresar.
- ≡ Utilizar las flechas ▲ ▼ para buscar el parámetro 20 (grupo básico de parámetros de inicio rápido).
- ≡ Usar la flecha ▶ para ingresar.



- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 20.08 (tiempo de aceleración uno).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Con las flechas  configurar un tiempo de 10 segundos.
- ≡ Presionar la tecla  para aceptar el parámetro.
- ≡ Elegir la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 20.09 (tiempo de desaceleración uno).
- ≡ Utilizar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Con las flechas  configurar un tiempo de cinco segundos.
- ≡ Oprimir la tecla  para aceptar el parámetro.
- ≡ Usar la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 20.03 (fuente de control de la frecuencia).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 00 (frecuencia determinada por el teclado de control).
- ≡ Elegir la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 30.11 (Estado 02).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Elegir la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 30.12 (Estado 05).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Elegir la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 30.13 (Estado 06).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Elegir la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 30.14 (Estado 07).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .
- ≡ Elegir la tecla  para regresar.
- ≡ Con las flechas  seleccionar el parámetro 30.15 (Estado 08).
- ≡ Seleccionar la flecha  para ingresar y .

- ≡ Elegir la tecla ◀ para regresar.
- ≡ Presionar la tecla ENTER para aceptar el parámetro.
- ≡ Utilizar la tecla ◀ 3 veces para regresar al *display* y visualizar las unidades de la frecuencia.

Figura 54
Diagrama de bloques para múltiples velocidades con el variador de frecuencia Eaton MVX9000



- 2.2. Presionar el pulsador para ver la dirección de giro del motor y anotar lo que se observa.
- 2.3. Oprimir la tecla sw2.
- 2.4. Seleccionar nuevamente el pulsador y mirar la dirección de giro.

- 2.5. Anotar los resultados.
- 2.6. Presionar la tecla SW1 para arrancar el motor.
- 2.7. Utilizar la combinación de los interruptores tres, cuatro y cinco, tomando como referencia la Tabla 2. para controlar las siete velocidades que se configuraron.

Tabla 2
Tabla de velocidades del variador de frecuencia Eaton MVX 9000

Velocidad	Interruptor 5	Interruptor 4	Interruptor 3	Frecuencia
Frecuencia de referencia	0	0	0	60
1	0	0	1	30
2	0	1	0	5
3	0	1	1	80
4	1	0	0	20
5	1	0	1	90
6	1	1	0	1
7	1	1	1	70

Importante: puede que el dispositivo esté bloqueado a una frecuencia máxima de salida, en tal caso, buscar el parámetro [20.07](#) y modificarlo a lo que se necesite.

- 2.8. Presionar el interruptor SW1 para detener el motor.
- 2.9. Oprimir el interruptor SW2 para activar la dirección en sentido antihorario (reverse).
- 2.10. Seleccionar la tecla SW1 para arrancar el motor.
- 2.11. Hacer uso del interruptor SW1 para detener el motor.
- 2.12. Abrir el interruptor de seguridad.
- 2.13. Anotar las observaciones acerca del comportamiento del arranque y paro del motor.
- 2.14. Desconectar todo el equipo que se utilizó y guardarlo en el lugar correspondiente.

Cuestionario



1. ¿Para qué se utiliza el pulsador *JOG*?

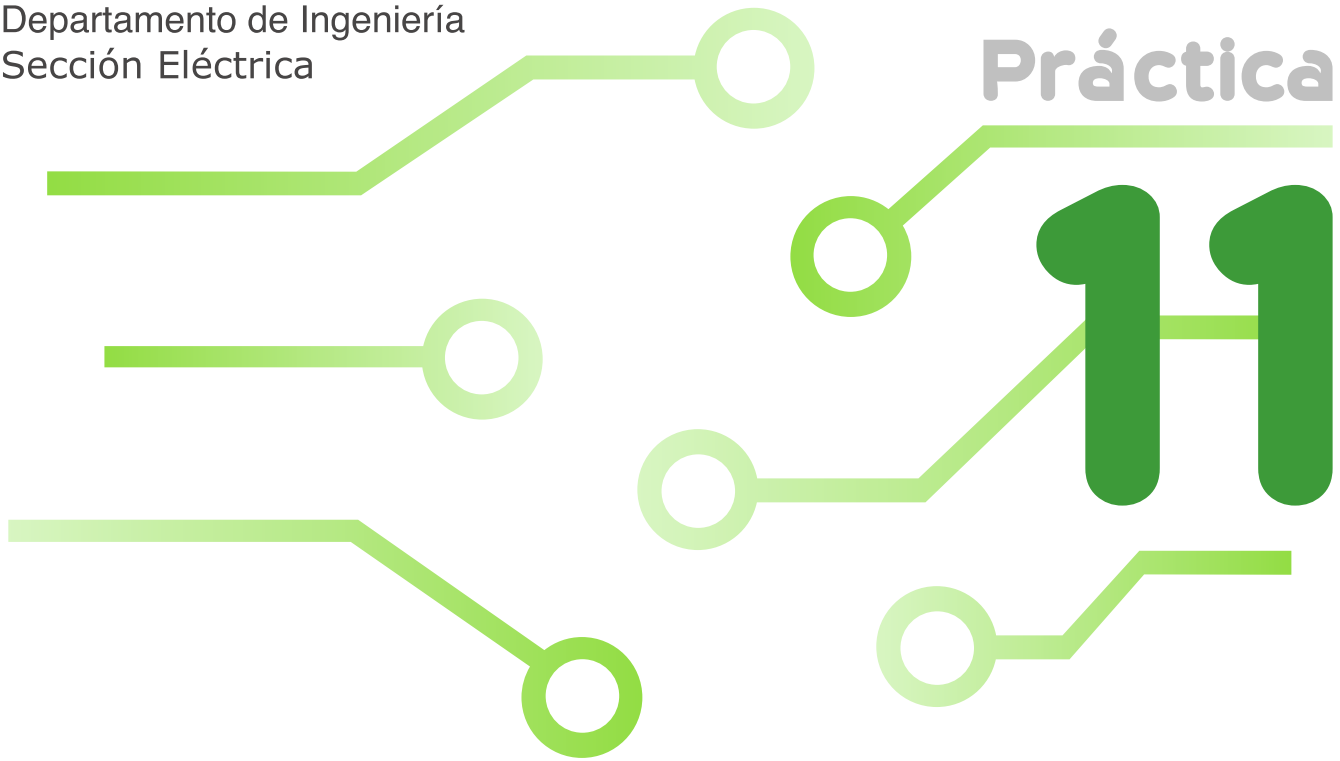
2. ¿Para qué sirve el *switch 2*?

3. Mencionar tres aplicaciones en que se utilizaría el variador de velocidad *Eaton MVX9000*.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica

11



Profesor:

Alumno:

Fecha de la práctica:

Fecha de entrega:

Grupo:



Controlador lógico *EATON ELC*

Laboratorio de control electromecánico

Nota. Adaptado de ELC-PA10AADR [Fotografía], por Eaton, s.f.,
(<https://www.eaton.com/mx/es-mx/skuPage.ELC-PA10AADR.html>).

Objetivos

El alumnado:

- Comprenderá el funcionamiento del controlador lógico *Eaton ELC*.
- Programará el controlador lógico ELC.
- Experimentará en el entorno de programación del controlador *lógico Eaton*.

Temas sugeridos

- Qué es un controlador ELC.
- Características de funcionamiento de un automatismo programable (Boquetillo et al., 1991).
- Instrucciones que maneja el ELC.
- Aplicaciones.

Equipo

- Módulo de control.
- Fuente de alimentación de 24V CD.
- Controlador lógico *Eaton ELC*.
- PC – *software* de programación *ELCSoft*.
- Motor trifásico de inducción.
- Cables banana-banana.
- Multímetro.

Desarrollo

1. Encendido de una lámpara piloto

Para esta práctica se utilizará el *software* de programación del relevador inteligente *ELCSoft*. Este *software* se puede descargar de internet. En la Figura 55 se muestran las partes del controlador lógico *Eaton ELC*.

Figura 55
Controlador lógico ELC Eaton



- 1.1. En el *software* de programación *ELCSoftm* realizar un circuito para encender tres lámparas secuencialmente simulando un arranque en cascada.
- 1.2. Intentar realizar el circuito para encender tres lámparas piloto secuencialmente. Si no se puede, en la imagen se muestra un ejemplo para usarlo solo de ser necesario.

Dado a que este PLC es un poco más antiguo, su interfaz no es tan intuitiva, por lo que se dan algunos consejos para poder programarlo con mayor facilidad.

- Al igual que otros dispositivos, se puede programar mediante un submenú donde se ven los contactores.

Figura 56
Programación mediante el submenú



- Para poder conectar ya sea en vertical u horizontal los elementos entre sí, es necesario seleccionar el tipo de unión del submenú y colocarlo como un elemento más.

Figura 57

Orientación vertical u horizontal de los elementos programables



- Para los *times*, es necesario ingresarlos como una función, para ello, presionar *Enter* y luego teclear "TMR" espacio "T" más el número de elemento que sea (0... n) seguido de otro espacio y "K" más el tiempo de duración en segundos con un 0 al final (en este caso 50 para cinco segundos).

Figura 58

Diagrama escalera para los timers (TMR)



- Al final del programa es necesario ingresar la función *END*, para ello, presionar la tecla *Enter* y escribir "END" más *Enter* y se debe colocar al final del programa.

Figura 59

Comando de finalización en Ladder

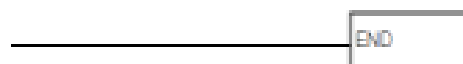


Figura 60

Diagrama general de programación en Ladder



- Todo circuito que se realice debe ser probado con el simulador del *software* antes de enviarlo al controlador ELC.
- Para iniciar el simulador, dar clic en el icono de la barra de herramientas.

Figura 61
Botón para iniciar simulación



- Cuando el simulador está activado, los usuarios pueden realizar funciones de comunicación, tales como monitorizar, descargar / cargar el programa sin establecer la interfaz de comunicación en primer lugar. El modo de funcionamiento es el mismo que la situación real de conexión del ELC.
- Para iniciar el modo de depuración, dar clic en el icono de la barra de herramientas.

Figura 62
Botón para comenzar la depuración



Importante: el simulador proporciona a los usuarios la función de prueba del programa sin conectarse con ELC. Sin embargo, el resultado real puede no ser completamente el mismo que conectar con ELC. El programa debe ser probado en ELC antes de ejecutarse en aplicaciones de campo.

- 1.3. Configurar **50** para el número de veces que se va a correr el programa, de clic en el botón **Run**, la primera salida (**y0**) se activa.
- 1.4. Volver a dar clic al botón de **Run** hasta que las tres salidas (**y0**, **y1**, **y2**) se hayan activado. En la siguiente imagen se muestra cómo se visualiza el diagrama simulado.

Figura 63
Ejemplo de simulación



- 1.5. En este punto el profesor debe revisar la simulación.
- 1.6. Verificar que el interruptor de seguridad esté abierto.
- 1.7. Conectar las entradas y salidas del ELC como se muestra en las imágenes.

Figura 64
Conexión de entrada del ELC

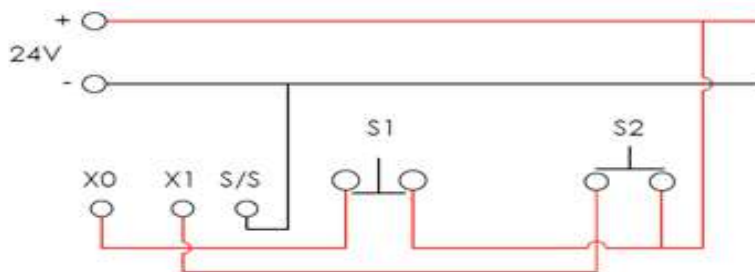
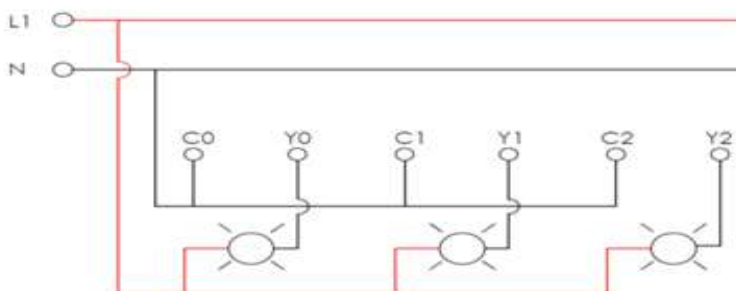


Figura 65
Conexión de salida del ELC



- 1.8. El profesor debe revisar la conexión.
- 1.9. Cerrar el interruptor de seguridad.

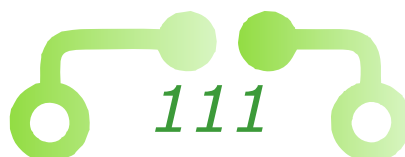


- 1.10. Conectar el cable de comunicación entre la computadora y el ELC.
- 1.11. Desactivar el simulador.

Figura 66
Botón de enlace con el ELC



- 1.12. Escribir el programa en el ELC utilizando el botón que se señala a continuación.
- 1.13. Presionar el pulsado S2 para iniciar la secuencia. Las lámparas deberán encender con una separación de tiempo de cinco segundos.
- 1.14. Presionar el pulsador de paro S1.
- 1.15. Abrir el interruptor de seguridad.



Cuestionario



1. ¿Qué tipo de lenguajes maneja el módulo controlador lógico Eaton ELC?

2. ¿Se puede controlar un motor directamente desde las salidas del PLC?, explicar el porqué.

Conclusiones

Referencias utilizadas para la elaboración de la práctica





REFERENCIAS

Bouteille, D., Bouteille, N., Chantreuil, S., Collot, R., Frachet J., Le Gras, H., Merlaud, C. Selosse, J. y Sfar, A. (1991). *Los automatismos programables*. CITEF.

Buitrón, H. (1975). *Operación, control y protección de motores eléctricos*. Héctor Pacheco.

Eaton. (2006). *Quick start guide for MVX9000 AF drives*. <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/industrialcontrols-drives-automation-sensors/variable-frequency-drives/legacy-drives/mvx/mvx-quick-start-guide-mn04002001e.PDF>

Mengual, P. (2009). *Step 7: una manera fácil de programar PLC de Siemens*. Alfaomega y Marcombo.

Schneider Electric. (2006). *Zelio Logic 2 módulo lógico manual del usuario*. <https://www.se.com/es/es/download/document/EIO0000002693/>

Siemens. (2009). *LOGO! Manual de producto*. Siemens.

***Control electromecánico
(Manual de prácticas)***

Editado por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, se terminó el proceso de producción el 13 de enero de 2025, en el Departamento de Publicaciones Académicas, Km. 2.5 carretera Cuautitlán-Teoloyucan, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 54714.

Para su composición se utilizó software InDesign CC,
tipografía tipo Verdana de 11 puntos y peso 6 Mb.

Comité Editorial
Coordinación de Comunicación y Extensión Universitaria
Departamento de Publicaciones Académicas

Emma Ruiz del Río
Coordinadora del Proyecto

Libni Jared Hernández Armenta
Angélica María Álvarez Velázquez
Corrección de estilo

Myriam Vera Aguilar
Diseño editorial y de portada

