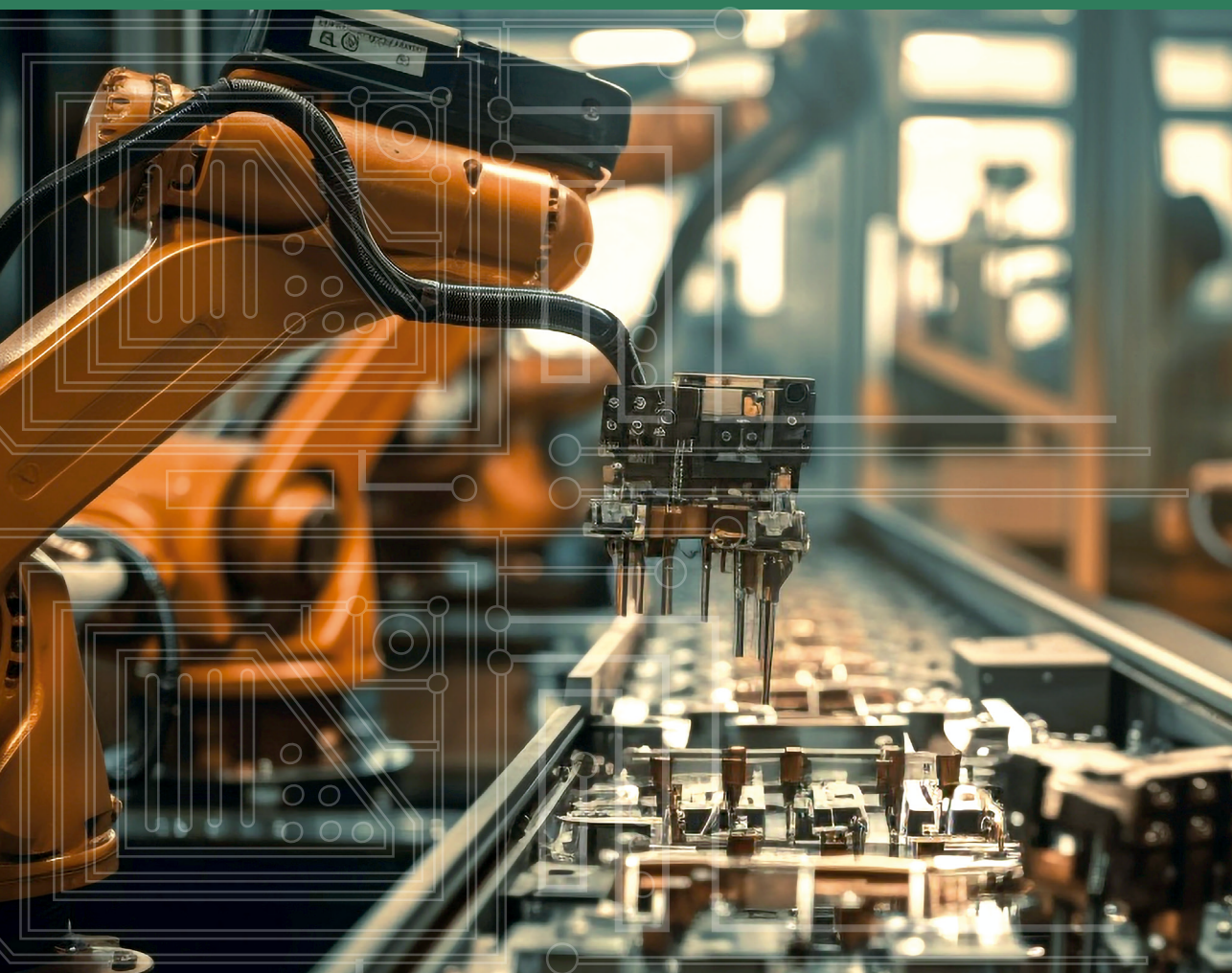


PROBLEMAS DE AUTOMATIZACIÓN



ECO E
EDICIONES

Paraninfo

Antonio Nuevo García
Juan Manuel Escaño González

PROBLEMAS DE AUTOMATIZACIÓN

Nuevo García, Antonio, autor

Problemas de automatización. / Antonio Nuevo García y Juan Manuel Escaño González -- Primera edición. -- Bogotá: Ecoe Ediciones, Ediciones Paraninfo, 2026.

152 páginas. 17x24 cm

(Ingeniería de control automático. Manufactura asistida por ordenador (CAM))

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-508-933-4 (impreso) 978-958-508-935-8 (pdf) 978-958-508-934-1 (digital)

1. Control automático -- Ingeniería de control 2. Automatización industrial 3. Controladores programables (PLC) 4. Motores eléctricos -- Control 5. Manufactura asistida por ordenador (CAM) I. Nuevo García, Antonio, autor II. Escaño González, Juan Manuel, autor

CDD: 629.8 Ed. 23

Nohora Alvarado



Área 1: Ingeniería de control automático

Área 2: Manufactura asistida por ordenador (CAM)

Clasificación Thema: TJFM - TGPC



© Antonio Nuevo García
© Juan Manuel Escaño González

© Ediciones Paraninfo, SA
info@paraninfo.es
www.paraninfo.es
Teléfono: (+34) 914 463 350
Calle José Abascal 41,
Oficina 701. 28003
Madrid, España

© Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32
Teléfono: (+57) 321 226 46 09
Bogotá, Colombia

♦ Cita sugerida:
Nuevo García, A. y Escaño
González, J. M. (2026). *Problemas
de automatización*. Ecoe Ediciones;
Paraninfo.

ECOE
EDICIONES

Paraninfo

Primera edición: Bogotá, 2026

ISBN: 978-958-508-933-4

e-ISBN (PDF): 978-958-508-935-8

e-ISBN (ePub): 978-958-508-934-1

Directora editorial: Ana María Rueda G.

Coordinadora de producción editorial:

Alejandra Rondón Forero

Carátula: Natalia Herrera

Impresión: Carvajal Soluciones de
Comunicación S.A.S. Carrera 69 #15-24

Esta publicación contribuye al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 4 y 10, promoviendo una educación de calidad y la reducción de las desigualdades.



La reproducción total de esta obra, ya sea en formato físico o digital, está estrictamente prohibida sin la autorización expresa del titular de los derechos. Asimismo, cualquier reproducción parcial de este libro, con o sin fines comerciales, en formato físico o digital, requiere la autorización previa.

Contenido

| | |
|--|-----------|
| Introducción | VII |
| I. CIRCUITOS DE AUTOMATIZACIÓN Y SOFTWARES DE SIMULACIÓN | 1 |
| 1.1. Circuitos de automatización | 3 |
| 1.1.1. Software de simulación 1: CAdE SIMU | 5 |
| 1.2. Dispositivos de automatización programables..... | 8 |
| 1.2.1. Norma de programación IEC 61131-3..... | 12 |
| 1.2.2. Software de simulación 2: LOGO! Soft Comfort..... | 17 |
| 1.2.3. Software de simulación 3: EcoStruxure Machine Expert-Basic®..... | 25 |
| 1.2.4. Software de simulación 4: CODESYS | 29 |
| 2. MANIOBRAS CON MOTORES ELÉCTRICOS | 33 |
| 3. ARRANQUE DE MOTORES ASÍNCRONOS CON ESCALONES ... | 61 |
| 3.1. Arranque de un motor en conexión estrella-triángulo..... | 62 |
| 3.2. Arranque de un motor con eliminación de resistencias estatóricas | 69 |
| 3.3. Arranque de un motor mediante autotransformador..... | 71 |
| 3.4. Arranque de un motor de dos velocidades de arrollamientos separados..... | 72 |
| 3.5. Arranque de un motor de dos velocidades con conexión Dahlander | 74 |
| 3.6. Arranque de un motor con eliminación de resistencias rotóricas... | 75 |

| | |
|--|-----|
| 4. CIRCUITOS AUTOMÁTICOS CON PROTECCIONES ESPECIALES | 79 |
| 4.1. Protección con relé de vigilancia de la tensión..... | 80 |
| 4.2. Protección con relé de secuencia de fases | 83 |
| 4.3. Protección con relé de intensidad..... | 85 |
| 4.4. Relé de vigilancia del factor de potencia..... | 87 |
| 4.5. Relé de protección integral..... | 88 |
| 4.6. Protección con sondas PTC..... | 89 |
| 5. AUTOMATIZACIÓN EN INSTALACIONES PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS | 95 |
| 6. AUTOMATIZACIÓN EN INSTALACIONES INDUSTRIALES | 125 |

Introducción

Es un placer presentar *Problemas de automatización*, que representa un enfoque práctico en el estudio de la automatización industrial. En contraposición a los textos convencionales que se centran en la exposición teórica de los principios fundamentales, este libro se distingue por su enfoque práctico y resolutivo.

Problemas de automatización busca proporcionar a los estudiantes, profesionales y entusiastas de la automatización, a partir de la compilación de una selección exhaustiva de 95 problemas resueltos, una herramienta de aprendizaje dinámica y desafiante. Cada problema aborda situaciones y desafíos concretos que comúnmente se encuentran en la práctica industrial, desde los circuitos básicos hasta las complejas maniobras con motores eléctricos y arrancadores especializados.

Las soluciones propuestas se sustentan en un riguroso análisis técnico, respaldado por la experiencia y el conocimiento de los autores. Además, se complementan con un total de 194 ilustraciones que facilitan la comprensión visual de los conceptos y los procedimientos discutidos.

Si bien el propósito principal de este libro es servir como un recurso educativo y de referencia, también aspira a fomentar el pensamiento crítico y la resolución creativa de problemas. Se espera que los lectores encuentren en esta obra un medio eficaz para fortalecer sus habilidades técnicas y aplicarlas con confianza en entornos profesionales.

En última instancia, *Problemas de automatización* busca elevar el estándar de excelencia en el campo de la automatización industrial, equipando a los lectores con las herramientas necesarias para abordar los desafíos del mundo real con eficacia y precisión.

Confiamos en que este libro se convertirá en una valiosa aportación a la biblioteca de aquellos dedicados al estudio y la práctica de la automatización industrial, y que contribuirá significativamente al avance continuo de este campo tan vital en nuestra sociedad.

Antonio Nuevo García
Juan Manuel Escaño González



1

CIRCUITOS DE AUTOMATIZACIÓN Y SOFTWARES DE SIMULACIÓN

CONTENIDO

- 1.1. Circuitos de automatización
- 1.2. Dispositivos de automatización programables

Los circuitos de automatización son la columna vertebral de sistemas modernos que van desde la fabricación industrial hasta el control doméstico inteligente. Estos circuitos, compuestos por una variedad de componentes eléctricos y electrónicos, permiten la automatización de procesos y tareas mediante la regulación y el control preciso de señales y dispositivos.

En esencia, un circuito de automatización es un sistema diseñado para tomar decisiones y ejecutar acciones de manera autónoma, basándose en entradas específicas del entorno o del usuario. Estos circuitos pueden variar desde simples dispositivos de encendido y apagado hasta complejas redes de control que supervisan y regulan múltiples variables en tiempo real.

La arquitectura de un circuito de automatización suele incluir elementos clave como sensores, controladores, actuadores, y sistemas de interfaz humana.

- ◆ Los sensores detectan y convierten información del entorno en señales eléctricas, que son interpretadas por el sistema de control.
- ◆ Los controladores procesan estas señales y generan salidas adecuadas para los actuadores.
- ◆ Los actuadores son los dispositivos responsables de realizar las acciones físicas necesarias para completar la tarea automatizada.
- ◆ Los sistemas de interfaz humana permiten la interacción del usuario con el sistema, proporcionando retroalimentación y control sobre las operaciones automatizadas.

La eficacia de un circuito de automatización radica en su capacidad para integrar estos componentes de manera coherente y eficiente, garantizando un funcionamiento fiable y seguro en una variedad de situaciones y entornos. La selección adecuada de componentes, el diseño cuidadoso del circuito y la implementación precisa de algoritmos de control son aspectos críticos en el desarrollo exitoso de sistemas de automatización.

Para el diseño, análisis y optimización de estos circuitos, el uso de softwares de simulación es de gran utilidad. Estos softwares son herramientas informáticas que permiten modelar el comportamiento de circuitos de automatización en un entorno virtual antes de su implementación física. A través de ellos, es posible replicar el funcionamiento de sensores, controladores, actuadores y sistemas de interfaz, lo que permite a los ingenieros probar y ajustar configuraciones en tiempo real, prever fallos y mejorar la eficiencia sin necesidad de realizar pruebas costosas o arriesgadas en instalaciones reales. Programas como CADe SIMU, LOGO! Soft, EcoStruxure Machine Expert-Basic y CODESYS son ampliamente utilizados por su precisión y por facilitar el desarrollo seguro y optimizado de sistemas de automatización.

1.1. Circuitos de automatización

En los circuitos de automatización, se distinguen claramente dos partes:

1. el circuito de potencia, encargado de suministrar energía a los sistemas en la planta, como los motores y los actuadores;
2. el circuito de control o maniobra, que en ciertas ocasiones opera a tensiones distintas del circuito de potencia, estando separado galvánicamente, ya sea por razones de seguridad o porque no requiere alimentar dispositivos de alto consumo.

Por esta razón, estos circuitos se representan de forma separada y con características visuales diferentes. En el caso del circuito de potencia, se utiliza un trazo más grueso y se emplean diversas formas de representación según las necesidades específicas y los destinatarios que deban interpretarlo.

Los circuitos de potencia pueden ser representados de forma multifilar o unifilar (véase la Figura 1.1). En el primer caso, cada conductor se muestra mediante una línea vertical gruesa. En los sistemas trifásicos, se emplean tres líneas para representar las tres fases, mientras que en los sistemas monofásicos se utilizan dos líneas. Por otro lado, en la representación unifilar, los tres conductores se muestran mediante una única línea vertical. En esta representación, cada tramo de línea está interrumpido por tres líneas delgadas en sistemas trifásicos, por dos líneas en sistemas bifásicos, y por una línea adicional en presencia del conductor neutro.

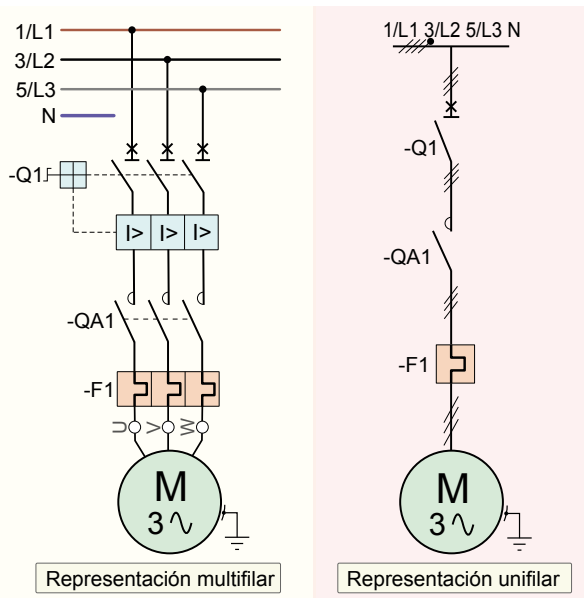
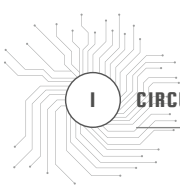


Figura 1.1. Representaciones esquemáticas multifilar y unifilar de circuito de potencia de arranque directo de un motor trifásico.



Para la representación del circuito de control o mando (véase la Figura 1.2), se emplean dos líneas horizontales delgadas y separadas que representan las líneas de potencial. Entre estas dos líneas, se encuentran los receptores del circuito de control, incluyendo señalizaciones acústicas o luminosas. Todos los receptores deben operar a la misma tensión de trabajo. En caso de que algunos receptores funcionen a otra tensión, se colocarán en líneas de potencial adicionales. Las bobinas, lámparas, relés auxiliares y demás componentes receptores se conectan directamente a la línea inferior, que puede ser el conductor neutro si se utiliza. Los demás componentes del esquema se disponen entre los receptores y la línea de potencial superior.

Los esquemas deben ir acompañados de una tabla o leyenda que enumere todos los elementos del mismo, junto con su símbolo, referencia y función específica en el circuito. También se pueden incluir características relevantes como tensión, corriente, ajuste y fabricante.

En las figuras se muestra la secuencia de puesta en marcha, parada y protección de un motor en conexión directa, así como la activación de una señalización acústica (intermitente) y luminosa. Un pulsador denominado «enterado» detiene la señalización acústica hasta que se rearme la protección térmica. Esta señalización puede ser compartida con cualquier contacto que se cierre debido a defectos.

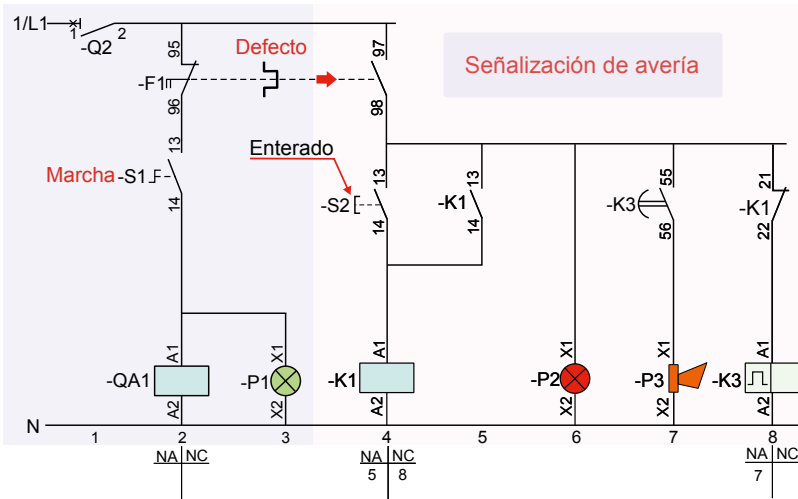


Figura 1.2. Representación esquemática del circuito de maniobra, mando o control.

A continuación, vamos a presentar la primera de las herramientas de simulación útiles para probar sistemas de automatización industrial. Esta herramienta, que se puede descargar sin coste alguno, sirve para simular circuitos de automatismo y, también, para representarlos.

I.1.1. Software de simulación I: CADe SIMU

Una forma sencilla de diseñar circuitos automáticos es usando un simulador, ya que se puede probar sin necesidad de hacer la instalación.

En este libro se usarán varias aplicaciones de simulación que pueden ser utilizadas para comprobar el funcionamiento de los problemas propuestos a lo largo del texto. La primera de estas aplicaciones es CADe SIMU. Esta es una herramienta muy buena para la elaboración y simulación de esquemas de automatización de mando o potencia en baja tensión (BT). Posee una facilidad de uso y eficacia únicas. Además, es considerado uno de los programas más accesibles en su categoría, ya que destaca por su capacidad intuitiva y funcionalidades robustas.

En las siguientes líneas, exploraremos en detalle su utilidad, proceso de descarga e instalación, brindando una comprensión completa para los usuarios interesados en aprovechar al máximo esta plataforma.

A pesar de su interfaz amable, algunos usuarios principiantes pueden experimentar cierta confusión al utilizarlo. Por este motivo, se sugiere explorar recursos en línea, como ejemplos de uso del programa, plantillas y tutoriales en forma de vídeos, que proporcionan instrucciones paso a paso sobre su funcionamiento. Todo se puede descargar y leer aquí:



Una vez descargado, al ejecutarlo aparece esta pantalla, mostrada en la Figura 1.3:

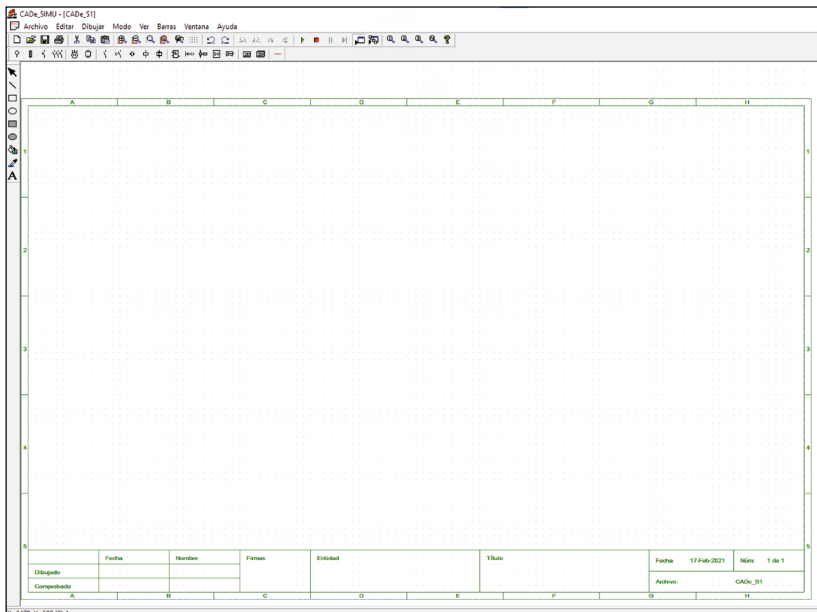
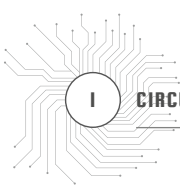


Figura 1.3. Pantalla principal de CADe SIMU.



Animamos al lector a seguir este curso:

<https://cade-simu.com/curso-de-cade-simu/>

para aprender a sacarle partido a esta aplicación. De todas formas, es un software muy intuitivo y fácil de usar.

■ Ejercicio I.1

Como ejemplo de uso, vamos a realizar un arrancador de un motor trifásico con un pulsador de marcha y otro de paro.

Solución:

Para ello, lo primero que vamos a elegir es una alimentación trifásica, como la que se ve en la Figura 1.4.

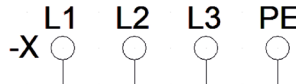


Figura 1.4. Alimentación trifásica y conductor de protección.

Después ponemos todos los componentes de potencia que necesitamos, como se ve en la Figura 1.5:

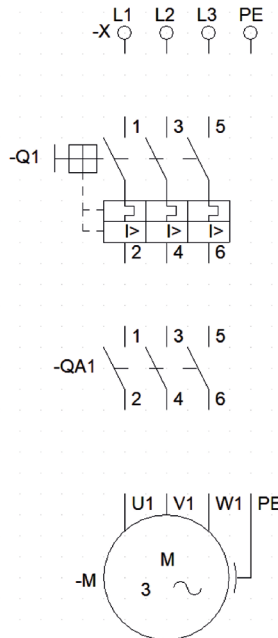


Figura 1.5. Componentes de potencia de un arrancador directo.

Es muy importante poner el nombre correcto a todos los componentes, haciendo doble clic en ellos. Para cablear, se selecciona el tipo de cable y se arrastra desde un componente hasta otro.

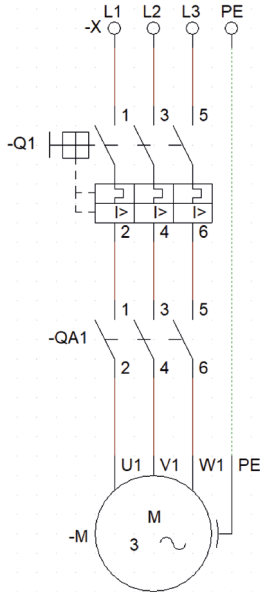


Figura 1.6. Cableado de componentes en CA de SIMU.

La Figura 1.7 muestra el circuito ya completo, incluyendo el circuito de mando:

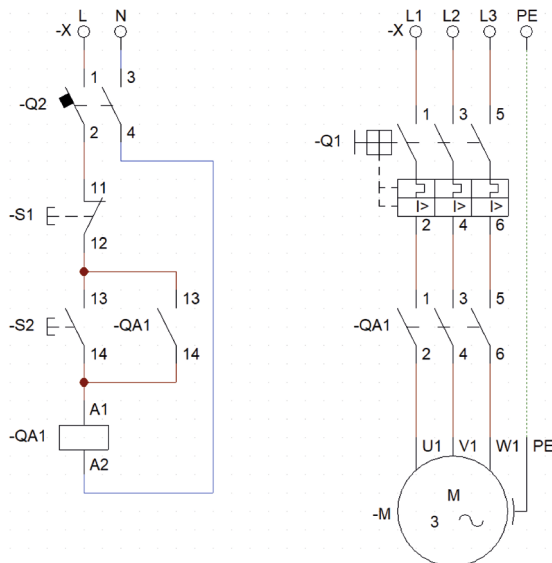


Figura 1.7. Circuito de potencia y mando de un arranque directo en CA de SIMU.

Una vez terminado, se procede a la simulación, mediante la activación del icono con el símbolo de *play* en verde. Se debe activar haciendo clic manualmente en Q1 y Q2, quedando listo para la maniobra.

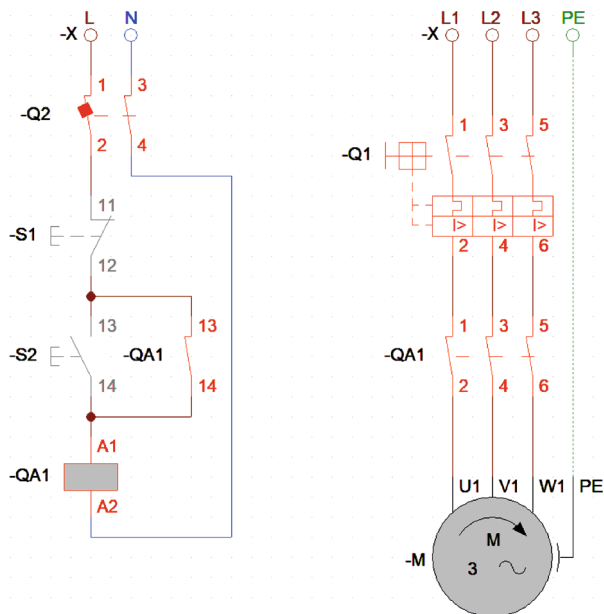


Figura 1.8. Simulación en CAde SIMU.

1.2. Dispositivos de automatización programables

Antes de la llegada de los sistemas digitales, la automatización se basaba en la configuración física de diversos componentes (contactores, relés, temporizadores, etc.), donde toda la lógica residía en las conexiones eléctricas entre estos elementos. Una vez cableados correctamente, los sistemas secuenciales quedaban programados y cualquier ajuste en su funcionamiento implicaba modificar el cableado del sistema.

En la actualidad, la secuencia de operaciones se implementa generalmente en dispositivos programables, los cuales ofrecen flexibilidad para realizar modificaciones y expansiones en la lógica del sistema sin necesidad de reconfigurar el cableado. Este libro abordará problemas relacionados con dispositivos programables.

Aunque en el pasado los dispositivos programables se reservaban para automatismos más complejos, mientras que los sistemas cableados se empleaban en aplicaciones más simples, hoy en día, los sistemas programables están reemplazando prácticamente a todos los sistemas cableados, debido a su económica accesibilidad y simplicidad de uso. El dispositivo de control secuencial programable recibe, de manera