

Principios de funcionamiento, clasificación y simbología de la lógica cableada
Principles of operation, classification and symbology of hardwired logic

Rubén Darío Tirira Chulde, Washington Elian Guayta Vargas, Fernanda Germania Tirira Chulde, Holger Mauricio Matute Castillo, Carlos Vinicio Camués Buitrón

Resumen

La lógica cableada se basa en principios fundamentales en el diseño de sistemas eléctricos que garantizan su confiabilidad, seguridad y funcionalidad en aplicaciones industriales. Este artículo aborda una visión sólida sobre la automatización y los principios de funcionamiento de los componentes esenciales, incluyendo contactores, relés, temporizadores, luces piloto, interruptores, pulsadores, transformadores, fusibles, interruptores diferenciales, e instrumentos de medida como amperímetros y voltímetros. Además, se incluye un análisis de la simbología y numeración según las normas IEC (International Electrotechnical Commission) en las cuales se basa este artículo, destacando su importancia en la estandarización de esquemas eléctricos, la clasificación e interconexión. El objetivo es proporcionar una revisión técnica integral que facilite la comprensión y diseño de sistemas lógicos cableados.

Palabras clave: Lógica cableada, tradicional, automatización, componentes, simbología, numeración, normas, clasificación, diseño.

Abstract

When we talk about hardwired logic we're referring to a traditional and robust technique in the design of electric systems, it's based on fundamental principles that guarantee the reliability, security and functionality in industrial applications. This article cover a solid view of automation and the principles of function of the essential components, including contactors, relés, timers, pilot lights, switches, push buttons, transformers, fuses, differential switches and measure instruments like amperimeters and voltmeters. In addition, is included an analysis of the symbology and numbering according to the rules IEC (International Electrotechnical Commission) on wich article is based, highlighting the importance of the standarization, clasification and interconnection in electric diagrams, The objective is give an integral technical review that facilities the comprehension and design of hardwired logic systems.

Keywords: Hardwired logic, traditional, automation, components, symbology, numbering, rules, clasification, design.

**INNOVACIÓN Y CONVERGENCIA:
IMPACTO MULTIDISCIPLINAR****Enero - Junio, V°6 - N°1; 2025**

- ✓ **Recibido:** 28 /01/2024
- ✓ **Aceptado:** 10/02/2025
- ✓ **Publicado:** 31/01/2025

PAIS

- Ecuador – Quito
- Ecuador – Quito
- Ecuador - Quevedo
- Ecuador - Santo Domingo
- Ecuador – Quito

INSTITUCIÓN

- Instituto Superior Universitario Sucre
- Instituto Superior Universitario Sucre
- Universidad Técnica Estatal de Quevedo
- Universidad UTE EC
- Independiente

CORREO:

- ✉ dtirira@tecnologicosucre.edu.ec
- ✉ elianguayta23032004@gmail.com
- ✉ ftirirac@uteq.edu.ec
- ✉ mchm502216@ute.edu.ec
- ✉ carlos.camuestmh@gmail.com

ORCID:

- 🌐 <https://orcid.org/0009-0007-1869-015X>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0007-9125-8128>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-3004-3914>
- 🌐 <https://orcid.org/0000-0002-4783-880X>
- 🌐 <https://orcid.org/0009-0004-1215-6093>

FORMATO DE CITA APA.

Tirira, R. Guayta, W. Tirira, F. Matute, H. Camués, C. (2025). Principios de funcionamiento, clasificación y simbología de la lógica cableada. Revista G-ner@ndo, V°6 (N°1.). 909 – 935..

Introducción

La lógica cableada constituye un pilar esencial en el diseño de sistemas eléctricos industriales, fundamentada en la interconexión física de dispositivos para la ejecución de operaciones automatizadas. Su estructura se basa en principios lógicos discretos como AND, OR y NOT, materializados mediante componentes electromecánicos que garantizan robustez, seguridad y confiabilidad operativa. Aunque la lógica programada ha ganado protagonismo con los controladores lógicos programables (PLC), la lógica cableada sigue siendo ampliamente utilizada en aplicaciones donde la simplicidad estructural, el diagnóstico visual y la resistencia a condiciones adversas son primordiales.

Este estudio aborda la arquitectura de la lógica cableada, examinando la funcionalidad de sus principales componentes: contactores, relés, temporizadores, transformadores y fusibles, en conjunto con su integración conforme a las normativas IEC. Se analiza la simbología estandarizada y los esquemas de interconectividad, esenciales para la uniformidad en el diseño y mantenimiento de circuitos industriales. Además, se exponen sus ventajas operativas, tales como la inmediatez en la respuesta y la resistencia electromagnética frente a perturbaciones externas. Analizar, desde un enfoque técnico-analítico, la estructura y funcionalidad de la lógica cableada en sistemas eléctricos industriales, mediante la aplicación de principios de teoría de circuitos, álgebra booleana y normativas IEC, con el propósito de evaluar su viabilidad, desempeño y ventajas operativas en la automatización de procesos.

Métodos y materiales

Este estudio adopta un enfoque metodológico de tipo descriptivo, sustentado en una revisión documental sistemática y estructurada de la literatura técnica y científica relacionada con la lógica cableada. La investigación se fundamentó en la recopilación, clasificación y análisis crítico de fuentes especializadas con el fin de proporcionar una visión integral sobre los principios, aplicaciones y evolución de esta tecnología en el ámbito industrial.

Inicialmente, se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas, repositorios normativos y manuales técnicos de fabricantes de equipos eléctricos, seleccionando documentos que cumplieran criterios de relevancia, actualidad y rigor técnico. Se priorizaron fuentes que abordaran la arquitectura y funcionamiento de la lógica cableada, su implementación en sistemas de automatización, así como comparaciones con tecnologías emergentes, particularmente la lógica programada.

Posteriormente, la información obtenida fue sistematizada mediante un análisis comparativo, considerando variables como eficiencia operativa, confiabilidad, costos de implementación y mantenimiento. Se examinaron estudios de caso documentados en la literatura técnica para identificar patrones recurrentes, tendencias y mejores prácticas en el diseño de sistemas basados en lógica cableada. Finalmente, los datos recopilados fueron organizados en función de su aplicabilidad industrial, permitiendo estructurar un marco conceptual que facilite la comprensión de la lógica cableada y sus implicaciones en la ingeniería de automatización. Este enfoque descriptivo y analítico permite establecer una base teórica sólida que respalde la pertinencia de esta tecnología en determinados escenarios industriales, resaltando sus ventajas, limitaciones y perspectivas futuras.

Análisis de resultados

La lógica cableada está basada en la proyección de diagramas y conexiones eléctricas enfocadas por lo general en la industria en el área de control, mediante las diferentes funciones orientadas en las compuertas lógicas (not, or, and, etc.), el uso de componentes eléctricos como: contactores, guardamotors, interruptores electromagnéticos, temporizadores, etc. Cada una con su particularidad; y la unión eléctrica de los conductores, que, nos ayudaran en la alimentación eléctrica de las mismas.

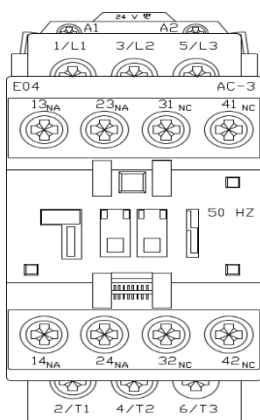
Gracias a su adaptabilidad en los procesos, la industria ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, su inducción en la automatización permitió que tareas ya sean cíclicas o de un único ciclo sean más eficientes, fidedignas y previsibles. “Un automatismo no es más que un sistema que ejecuta o efectúa un proceso de manera automática conforme a los criterios para el cual fue proyectado” (Daneri, 2008, p. 13). Conociendo este concepto, la lógica cableada, aunque actualmente está siendo renovada por la lógica programada, trasciende desde el umbral de la automatización, donde las conexiones eléctricas eran o son visibles en los tableros de monitoreo o control, los conductores y elementos eléctricos se encuentran de manera organizada permitiendo así el control del desarrollo industrial y precisión al momento de la ejecución de procesos.

Es caracterizada por su facilidad de comprensión y utilización al momento de configurar un proceso, el ajuste se realiza modificando la conexión de los conductores eléctricos, además de que los componentes que se utiliza en los circuitos eléctricos, son robustos y su singularidad se debe a sustentar periodos de utilización amplios hasta completar la vida útil de la misma. Es de mantenimiento intuitivo ya que algunos de los fallos más comunes se los puede detectar

ópticamente, su reparación también se la puede observar a través del diagrama eléctrico del proceso, ya sea reemplazo de un elemento descompuesto o alguna conexión fallida - errónea, y por lo general son de bajo costo a comparación de la lógica programada que utiliza controladores lógicos programables y softwares que de igual manera pueden llegar a ser de pago.

El contactor se basa en los principios de un interruptor electromagnético (no es una protección) que nos permite controlar maquinas eléctricas o circuitos lógicos mediante sus contactos principales y auxiliares, accionados por la excitación de su bobina (Ordóñez Sánchez & Resabala Lara, 2020, p. 55).

Figura 1.- Vista frontal de contactor.



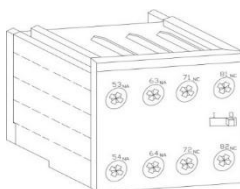
Contiene diferentes elementos que ayudan al funcionamiento de este elemento, sin embargo, su funcionalidad es sencilla, básicamente se tiene una bobina que, al alimentarse, esta genera un campo electromagnético que atrae a sus piezas móviles, permitiendo así el cambio de posición de los contactos; al momento de cortar el suministro de alimentación hacia la bobina, el contactor tiene un resorte cuyo objetivo es el de regresar los contactos ya sean principales o auxiliares a su posición original. Cabe resaltar que los contactos principales o de fuerza siempre serán Na y los contactos auxiliares o de control dependerá de la fabricación del elemento eléctrico. El contactor está conformado por los siguientes elementos: bobina de excitación (Trabaja en AC/DC según la especificación del elemento), contactos de fuerza o principales, contactos de control o auxiliares, armadura, resorte, bornes.

Existen varios procesos donde los contactores son un elemento fundamental en ellas, sin embargo, los contactores son fabricados para determinada función (no son universales), por lo que en la siguiente tabla se representa la categorización para determinar qué tipo de contactor usar en los requerimientos de proceso.

Tabla 1.- Clasificación de contactores según norma IEC 947 - 4 - 1.

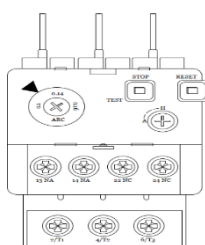
Tipo	Categoría	Utilización
Corriente Alterna (AC)	AC - 1	Cargas no inductivas.
	AC – 2	Motores de anillos rozantes, arranque y desconexión.
	AC – 3	Motor jaula de ardilla, arranque y desconexión.
	AC – 4	Motor jaula, frecuente arranque y desconexión.
	AC – 5 ^a	Encendido y descarga de lámparas.
	AC – 6 ^a	Encendido de transformadores.
	AC – 8 ^a	Control de motor apagado manual y soporte de sobrecargas.
Corriente Continua (DC)	DC – 1	Cargas no inductivas.
	DC – 3	Motor tipo shunt.
	DC – 5	Motor tipo serie.
	DC – 6	Encendido de lámparas incandescentes.

El contactor tiene una particularidad, y es que, si nuestro circuito requiere de más contactos auxiliares, este nos ofrece la oportunidad de adicionar un elemento sobrepuesto en nuestro contactor, conocido como expansión o acople de bloque de contactos, el cual nos permite realizar circuitos más complejos.

Figura 2.- Módulo de expansión.


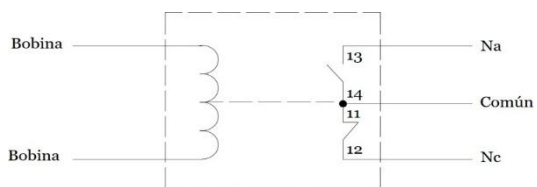
Relés

Conocido como un interruptor electromagnético, es aquel que trabaja mediante señales eléctricas los cuales deberán estar condicionadas en baja potencia, sirve para accionar circuitos a distancia, concediendo o restringiendo el flujo de la corriente a los circuitos que estén enlazados a el mismo (Brunete A., San Segundo P., Herrero R., 2024, p. 41).

Figura 3.- Vista frontal de relé térmico.


Su funcionamiento es similar al del contactor, tenemos nuestra bobina como elemento principal, que, al inyectarle una corriente ya sea en AC o DC según este fabricado el relé o relevador, este genera un campo electromagnético que atrae a su núcleo (generalmente fabricado de hierro), como consecuencia de esta conmutación, sus contactos cambian de posición, abriendo o cerrando el circuito según el proceso requerido, una vez se corta el paso de corriente, el resorte se encarga de regresar sus contactos a la posición de inicio (Pérez París A., 2003). Naturalmente se conforma de tres contactos de fuerza, un contacto auxiliar Na y un contacto auxiliar Nc, utilizados mayormente para dar alerta cuando el relé se acciona. Está conformado por los siguientes componentes: bobina electromagnética, núcleo ferroso, contactos Na – Nc, resorte, bornes de conexión. Adicional podemos indicar que existen varios tipos de relés, cada uno con sus respectivas aplicaciones, generalmente las que más se utilizan son: relés electromagnéticos, relés térmicos, relés de estado sólido, relés temporizados.

Figura 4.- Diagrama general de funcionamiento de relé.



Sin embargo, existe otra categorización según la IEC que los clasifica de una manera general, permitiendo una vista más amplia del propósito o función de cada relé el cual se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2.- Clasificación de relés según norma IEC 60947 - 1.

Tipo	Descripción
Relé inmediato	Protección automática sin retardo.
Relé de protección sobrecarga	Protección de disparo ante sobrecarga.
Relé de protección sobre corriente	Protección ante corrientes por encima de la nominal.
Relé de mínima tensión	Protección ante valores de voltaje por debajo de la nominal.
Relé de corriente inversa (corriente continua)	Protección ante el cambio de sentido.

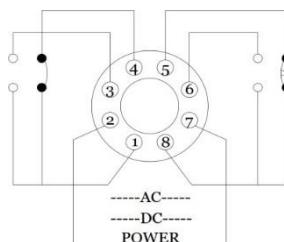
Relé térmico

Acción térmica de la corriente que atraviesa el relé.

Temporizadores

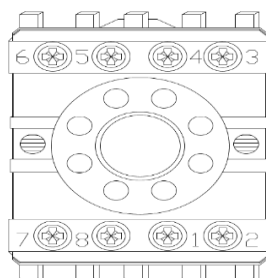
Se hace llamar temporizador aquel elemento cuya función nos permite realizar dilaciones en nuestro circuito, ya sea para la conexión o desconexión, mediante señales eléctricas. “Los temporizadores permiten que operaciones en un circuito de control se inicien y/o detengan automáticamente en diferentes intervalos de tiempo” (Petruszella F., 2017, p. 132). Para entender el funcionamiento del temporizador primero debemos saber que se tiene dos elementos que la conforman; el módulo de conexión y el módulo de temporización, en el módulo de conexión encontramos los bornes de conexión, cada uno con su número de identificación para saber en qué tornillo va conectado cada conductor eléctrico, y en el módulo temporizador contamos con la perilla para configurar el tiempo de dilación, además de ello configurar el tiempo ya sea en segundos – horas – minutos, y a un costado de ella, se encuentra el diagrama de conexión que determina los contactos de la bobina, contactos Na o Nc.

Figura 5.- Diagrama de conexión de temporizador de 8 pines.



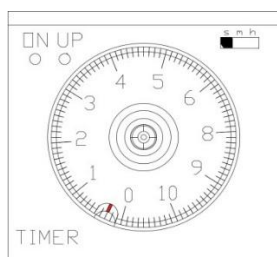
Es importante saber que, por ejemplo, en un temporizador analógico en este caso de 8 pines, solo tendremos un contacto abierto y un contacto cerrado (aunque en el diagrama se indique 2 contactos abiertos y 2 contactos cerrados), ya que en el diagrama se observa dos contactos en cada lado del diagrama que comparten su salida en un tornillo en común, y si se conectan los dos a la vez, podría producir un cortocircuito o fallas en el temporizador, por lo que solo se usara dos contactos, uno en cada lado del diagrama.

Figura 6.- Bloque de conexión de temporizador de 8 pines.



El temporizador funciona mediante la excitación de su bobina, en el caso de un temporizador ON delay, al momento de energizar la bobina, los contactos de este elemento cambiaran de posición una vez finalizado el tiempo programado, y, cuando la misma se desenergiza, sus contactos vuelven a la posición de reposo. Respecto a un temporizador con retardo OFF delay, este cambiara sus contactos de posición inmediatamente después de que se energice su bobina; Una vez que se desenergiza la misma empieza a contar su tiempo programado y regresara sus contactos a la posición de reposo, ya sea abriendo los respectivos circuitos o cerrándolos (Zapata Mireya et al., 2021).

Figura 7.- Vista frontal de temporizador de 8 pines.



Luces Piloto e Indicadores.

Los dispositivos de señalización, son elementos destinados a alertar sobre el funcionamiento de nuestro circuito, ya sea de manera luminiscente, auditiva, digital o mecánica, para señalar o indicar el estado del circuito eléctrico, o si existe algún tipo de perturbación. Estos dispositivos nos ayudan a señalar desde el arranque de motores, encendido de maquinaria, la desconexión de circuitos o incluso fallos eléctricos.

Luces Piloto

Según la normativa IEC, las luces piloto se categorizan por color, señalizando cada uno el estado en el que se encuentre la máquina, circuito o sistema eléctrico (Ordóñez Sánchez & Resabala Lara, 2020). Cuentan con dos bornes de conexión, la entrada (X1) y la salida (X2) que nos ayuda la energización de este elemento.

Figura 8.- Luces piloto.



Por ejemplo si se quisiera señalar el arranque de un motor trifásico, mediante el uso de un contactor se puede realizarlo conectando la entrada del contacto auxiliar del contactor a fase,

la salida del contacto auxiliar a la entrada (X1) de la luz piloto y la salida (X2) a la línea de neutro si es a 110/127 V o a fase si es a 220/240 V, el motor ira en conexión de arranque directo a los contactos principales del motor y de esta manera se logra señalar el arranque del motor mediante el uso de un contactor. Hay una innumerable cantidad de circuitos o sistemas eléctricos que requieren de un control absoluto, por lo que la señalización nos permite ver más a detalle lo que ocurre en nuestro sistema y fomentando la seguridad. En la tabla 3 se presenta la clasificación de acuerdo a los colores según la IEC.

Tabla 3.- Clasificación de colores para luces piloto según norma IEC 60204 - 1.

Color	Descripción
Verde	Energización del circuito, estado normal funcional del circuito.
Rojo	Circuito interrumpido, estado de emergencia del circuito.
Amarillo	Anormalidad en el circuito eléctrico, advertencia.
Azul	Actividad obligatoria del circuito eléctrico.
Blanco	Estado neutro en el circuito eléctrico.

Indicadores auditivos

Estos indicadores a diferencia de los indicadores visuales, emiten un sonido el cual generalmente se utiliza para que nos brinde advertencias preventivas sobre la condición del equipo o circuito eléctrico. Generalmente están enlazadas a relés para su respectivo control de manera automática (Elescano Almidon & Julian Laime, 2019, p. 56).

Pulsadores

Son dispositivos de mando de acción manual, que permite la apertura o cierre de los circuitos eléctricos, mediante el código de colores para la identidad de su función en el circuito (Martín Castillo & García García, 2009, p. 143). Funcionan en el instante en el que se los tiene mantenido, si queremos que funcionen circuitos solo con un pulso, necesitaremos de una conexión llamada “enclavamiento” que nos permite omitir la acción de estar manteniendo para que funcione el circuito, solo con un pulso se la deja energizada.

Figura 9.- Pulsadores salientes y rasantes.



Pulsadores tipo zeta

Funciona en la detención de circuitos o máquinas debido a fallos eléctricos. También conocido como pulsador de paro de emergencia.

Pulsador con incorporación de luz piloto

Dispositivo encargado de reflejar el estado en el que se encuentra el circuito, ya sea que esté en funcionamiento o interrumpido.

Pulsadores de bloqueo

Es un tipo de pulsador que se caracteriza principalmente por requerir de una maniobra complementaria para permitir el flujo de corriente, esto para evitar que el circuito sea accionado de forma accidental. Según la normativa IEC los pulsadores se pueden clasificar por colores como se indica en la tabla 4.

Tabla 4.- Clasificación de colores para pulsadores según norma IEC 60204 - 1.

Color	Descripción
Verde	Energización del circuito eléctrico, arranque de maquinaria eléctrica.
Rojo	Interrupción de circuito eléctrico, alerta de emergencia.
Amarillo/ Naranja	Revisión de condiciones fuera de lo común.
Azul	Selección de ajuste de proceso.
Blanco/Gris/ Negro	Funcionalidades generales, excepto paro de emergencia.

Conmutadores

Los conmutadores o interruptores cumplen la misma función que los pulsadores, nos ayudan a abrir o cerrar los circuitos eléctricos, no obstante, los conmutadores a diferencia de los pulsadores no necesitan de conexiones adicionales para mantener el circuito en un estado, al momento de energizar un circuito, este siempre se quedara energizado hasta el instante en que cambiemos de posición el conmutador nuevamente.

Interruptores de paso

Mediante un movimiento lineal este elemento se encarga de abrir, cerrar o realizar el cambio de un circuito a otro dependiendo del número de vías que este tenga.

Selector

Este elemento en cambio se basa en un movimiento rotacional, sin embargo, cumple la misma función ya mencionada anteriormente, se encarga de que un circuito pueda ser

energizado, interrumpido y también el cambio entre circuitos, mediante sus contactos ya sean Na o Nc permitiendo controlar uno o más circuitos con este elemento (Ordóñez Sánchez & Resabala Lara, 2020, p. 45).

Termomagnéticos

Dispositivo destinado a contrarrestar fallos eléctricos como sobrecarga o cortocircuito. Consta de dos mecanismos: Un disparador magnético que protege ante cortocircuitos mediante un accionamiento rápido y un disparador térmico que protege contra las sobrecargas, su accionamiento es un poco más lento, pero de igual manera confiable (Martín Castillo & García García, 2009, p. 82). Su funcionamiento es gracias a los elementos que lo conforman: contactos, láminas bimetálicas, bobina, disipador de arcos eléctricos. Estos pueden ser monopolares, bipolares o tripolares y su protección dependerá de la corriente para la cual fue dimensionado. Estos interruptores tienen su clasificación según la norma IEC, mediante la clase de disparo que esta ejerza en función de la corriente.

Figura 10.- Interruptor termomagnético monofásico.

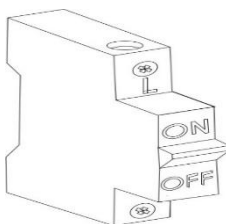


Tabla 5.- Clasificación de clases de disparo según norma IEC 60898 - 1.

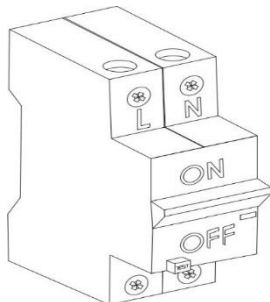
Tipo	Rango
B	3 In hasta 5 In
C	5 In hasta 10 In
D	10 In hasta 20 In
a	Valores hasta 50 In

Interruptores diferenciales

Elemento que se encarga de la protección de las personas ante fallas como la deserción de corriente eléctrica, contactos accidentales, etc. Después de ello se lo deberá accionar manualmente (Brunete A., San Segundo P., Herrero R., 2024, p. 43). Mediante su botón conocido

como “Tester” podemos verificar el estado de nuestro interruptor diferencial, pues gracias a este el diferencial se accionará de inmediato, como si de una falla eléctrica se tratase.

Figura 11.- Interruptor diferencial monofásico



Transformadores

Elemento capaz de aumentar o disminuir el nivel de voltaje al requerido debido a la inducción generada por el bobinado del mismo. Fundamental en circuitos que requieren niveles de voltaje específicos, pues esto asegura el correcto funcionamiento del circuito eléctrico. Ordinariamente cuando se requiere reducir el voltaje, se utiliza un transformador de aislamiento de 5 pines, pero además de ello también existe transformadores de 4 pines, 10 pines, etc.

En caso de que se quisiera reducir el voltaje se tiene la bobina principal donde se conecta el voltaje de mayor valor y la secundaria donde se encuentra el valor reducido, el quinto pin será la conexión a tierra. Si no se conociera cual es la bobina principal y secundaria, es muy sencillo de hallarla, lo único que se requerirá es un ohmímetro o multímetro para medir la resistencia en ambos lados y, el que de mayor resistencia será la bobina principal debido a que esta tendrá mayor número de espiras según la relación de transformación. Sirven para alimentar diferentes elementos ya sean relés electromagnéticos, Plc's cuyas entradas sean a un voltaje específico, luces piloto, etc.

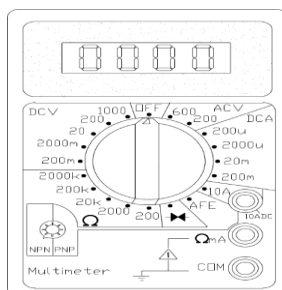
Fuentes reguladas

Dispositivo electrónico que nos brinda provisión de corriente y voltaje estabilizada ya sea en A.c. o D.c. gracias a sus conversores internos, obteniendo el valor requerido para nuestro circuito eléctrico. En la industria generalmente se la usa para los actuadores que se encuentran operando. En algunos tipos de fuentes reguladas se puede encontrar resistencias variables o potenciómetros que nos ayudan a configurar los parámetros de voltaje – corriente para adecuarlo al requerimiento del aparato, sistema, proceso o circuito eléctrico.

Instrumentos de Medida

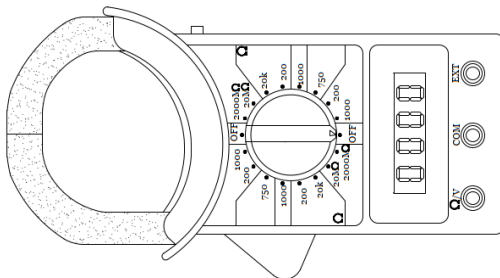
Los instrumentos de medida son elementos esenciales en la actualidad, pues ahora todo sistema o circuito eléctrico debe ser dominado por completo y para esto se debe saber los valores nominales de los parámetros que está recorriendo en él. Existen diferentes elementos de medición por ejemplo los voltímetros, amperímetros, vatímetros, ohmímetros, etc. Sin embargo, ahora existen elementos que cumplen todas las funciones de medición en uno solo elemento, uno de ellos es el multímetro o polímetro. Un multímetro como su nombre lo indica es un instrumento de medición multiple, nos ayuda a medir voltaje, corriente, resistencia e incluso tiene funciones dedicadas a la electrónica.

Figura 12.- Vista frontal de multímetro – polímetro.



Otro instrumento de medida elemental es la pinza amperimétrica, esta también nos sirve para medir voltaje, resistencia y corriente, pero a diferencia del multímetro, la corriente se mide indirectamente, gracias a la pinza mediante el campo electromagnético generado por la corriente del conductor, esta puede brindar el valor con una alta precisión (Martín Castillo & García García, 2009, p. 74). Su rango de medición a diferencia del multímetro puede medir valores mucho más altos de corriente por un tiempo prolongado. La medición de corriente basada en la ley de ohm se realiza en un solo conductor, si se mide en dos conductores o más, el valor puede verse afectado.

Figura 13.- Vista frontal de pinza amperimétrica.



Fusibles

Elemento destinado a la protección básica contra sobrecorriente en el circuito, se encuentra conectado en serie al elemento o circuito a proteger, funciona mediante un pequeño filamento que soporta determinada corriente para la cual fue dimensionado permitiendo el flujo de la misma, sin embargo, cuando se excede de la corriente nominal el filamento se dilata hasta romperse, abriendo de esta manera el circuito eléctrico (Schultz M. & Grob B., 2010, p. 325). Los fusibles más usados por lo general son cilíndricos, para ello si son circuitos pequeños se puede soldar los conductores en cada extremo del fusible, pero si son circuitos que requieren de más potencia lo conveniente es añadir una porta fusible ya sea monofásico, bifásico o trifásico, para una correcta protección. Según la norma IEC se los puede clasificar de la siguiente manera:

Tabla 6.- Clasificación de fusibles según norma IEC 60269 - 2.

Tipo	Descripción
Fusible A	Fusibles con contactos de cuchilla (NH)
Fusible B	Fusibles con contacto plano (NH)
Fusible E	Fusibles con conexión atornillada (BS)
Fusible F	Fusibles con tapas de contacto cilíndricas (NF)
Fusible G	Fusibles con contactos de cuchilla desplazados (BS)
Fusible I	Fusibles con contactos de apriete por cuña (gU)

Varistores

Elemento caracterizado por la protección contra sobretensiones, su funcionamiento es similar a los diodos, gracias a su resistencia este va a funcionar con el voltaje para la cual fue dimensionado, permitiendo el flujo de la corriente debido a la ley de ohm, este dice que el voltaje es directamente proporcional a la corriente, entonces al momento de variar la resistencia, el varistor va a dar paso a la corriente, evitando fluctuaciones que pueden llegar afectar a nuestros elementos eléctricos sensitivos a la variación de diferencia de potencial.

Simbología y Numeración Según Normas IEC

Normativa IEC Aplicable

IEC 60617: Representación gráfica y simbología estándar.

IEC 61346: Designación de elementos y numeración jerárquica en esquemas.

IEC 60204-1: Seguridad mediante código de señalización visual.

IEC 60269-2: Estandarización de fusibles para protección del circuito eléctrico.

IEC 60898-1: Interruptores automáticos, clases de disparos en A.C.

IEC 60947-1: Relés, funcionamiento, clasificación, reglas generales y simbología.

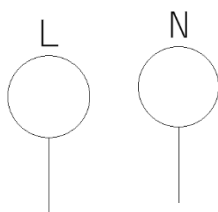
Simbología IEC para componentes clave

La simbología es fundamental en la lógica cableada, pues esta describe todos los componentes que se está utilizando en determinado circuito eléctrico, gracias a ella el diseño de diagramas eléctricos es posible, además de facilitar la comprensión de los mismos, fomentando el cumplimiento de las normativas y agilizando la identificación de anomalías en el circuito eléctrico. Los elementos que se muestran a continuación son una parte fundamental a la hora de realizar el reconocimiento de diagramas eléctricos, están regidas mediante la normativa IEC (International Electrotechnical Commission – Comisión Electrotécnica Internacional), el cual, mediante sus estándares, facilitara la comprensión del propósito de los componentes eléctricos.

Alimentación de fase y neutro

Representada por la letra (L), da una visión de la conexión a línea o fase, se caracteriza por su forma redondeada y su salida de alimentación. La representación de la fase neutro se da por la letra (N), que denota el retorno de corriente en el circuito.

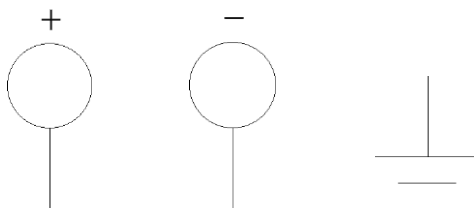
Figura 15.- Representación de alimentación a fase y representación de alimentación a neutro.



Alimentación positiva, negativa y conexión a tierra (gnd)

Representada por el signo (+), puede ser utilizado en sistemas donde sus elementos requieran de una alimentación de corriente continua. La alimentación negativa está representada por el signo (-), indica la conexión al polo negativo del circuito eléctrico. La conexión a tierra es indispensable para la protección de nuestro circuito en caso de alguna perturbación eléctrica.

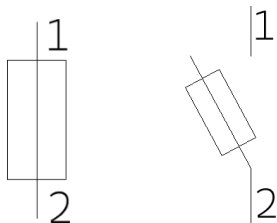
Figura 16.- Representación de alimentación positiva, alimentación negativa y conexión a tierra



Fusible

Es un elemento esencial, pues es el elemento encargado de proteger el circuito eléctrico ante elevaciones de corriente por encima de la nominal y cortocircuitos. El fusible funciona mediante un filamento en su centro que soporta determinada corriente, si existe el caso de fallo eléctrico, este filamento lo que hace es dilatarse hasta el punto en que se rompe y corta el flujo de la corriente eléctrica, protegiendo así a nuestro circuito.

Figura 17.- Representación de fusible y fusible seccionable



Fusible Seccionable

Elemento que permite la excitación de los circuitos eléctricos mediante fusibles, de igual manera protege ante sobrecargas y cortocircuitos, y se caracteriza por la facilidad de extracción de los fusibles, ya que se la realiza simplemente abriendo la capsula donde reposa el fusible y se lo extrae para previamente realizar el cambio de fusible.

Interruptor automático I

Elemento de protección destinado a cortar la circulación de corriente en caso de sobrecarga o cortocircuito, ideal para la protección de circuitos eléctricos.

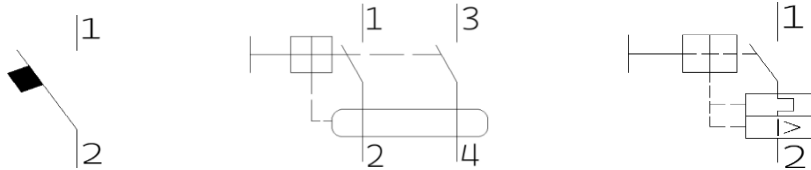
Interruptor diferencial

Elemento que se encarga de la protección de las personas ante fallas como la deserción de corriente eléctrica, contactos accidentales, etc.

Disyuntor

Representado con el siguiente símbolo, se encarga igualmente de proteger ante cortocircuitos y sobrecargas, se lo puede clasificar según su curva de disparo y la corriente nominal del circuito eléctrico.

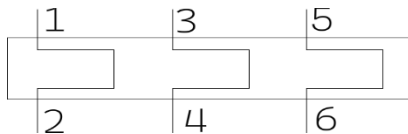
Figura 18.- Representación de interruptor automático I, interruptor diferencial monofásico y disyuntor monofásico



Relé Térmico

Dispositivo de protección ante sobrecalentamientos y sobrecargas, generalmente se lo encuentra acoplado a un contactor.

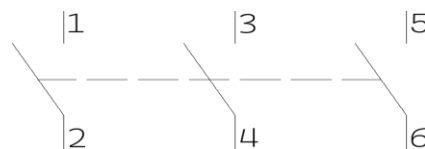
Figura 19.- Representación de relé térmico.



Contactor III

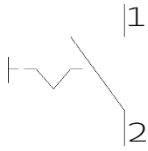
Contactos de fuerza, normalmente abiertos que son los encargados de abrir o cerrar el flujo de corriente que energiza los elementos de fuerza de un circuito de control.

Figura 20.- Representación de contactor III.



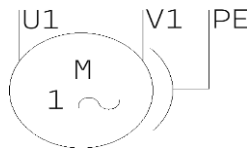
Interruptor I

Abre o cierra el paso de la corriente en un circuito eléctrico, permitiendo mantener la posición hasta que se realice un cambio manual.

Figura 21.- Representación de interruptor I.

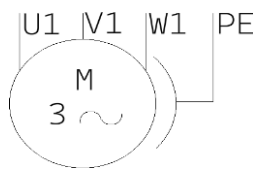
Motor monofásico

Son transformadores de rotación inductiva alimentada por corriente alterna, se encargan de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, contiene una sola fase por lo que es ideal para circuitos de baja y media potencia (Tirira R, Martínez M., 2024, p. 14).

Figura 22.- Representación de motor monofásico.

Motor trifásico

De igual manera transforma la energía eléctrica en mecánica, mediante campos magnéticos generados en sus bobinados, lo que permite el movimiento giratorio del rotor. Usado generalmente para cargas pesadas (Tirira R, Martínez M., 2024, p. 18).

Figura 23.- Representación de motor trifásico.

Accionamientos

Pulsador NA y NC

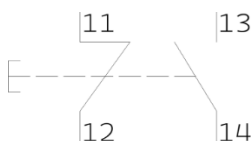
Dispositivo capaz de accionar circuitos eléctricos mediante un pulso o a la vez manteniéndolo presionado. El pulsador NC es generalmente utilizado para la desconexión del circuito eléctrico.

Figura 24.- Representación de pulsador normalmente abierto y normalmente cerrado

Pulsador Na + Nc

Generalmente utilizado para el control de dos circuitos desde el mismo dispositivo de mando, se encuentran enclavados mecánicamente, por lo que no pueden actuar de forma independiente.

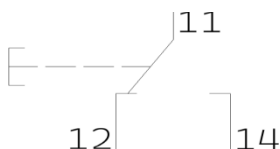
Figura 25.- Representación de pulsador normalmente cerrado + abierto.



Pulsador CON

Generalmente se lo utiliza para controlar circuitos independientes siempre y cuando uno de ellos sea momentáneo ya que al dejar de presionarlo regresara a su posición inicial, sin embargo, mediante enclavamientos se podría dar más utilidades.

Figura 26.- Representación de pulsador CON.

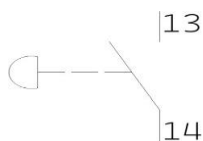


La simbología aplicada para los próximos elementos es la misma en los siguientes: Nc, Na + Nc, CON. Se diferencian en la simbología con respecto al pulsador.

Pulsador tipo zeta

Utilizado principalmente para indicar el botón de paro de emergencia. Se lo conecta en serie al pulsador de marcha.

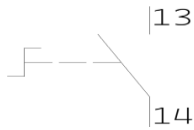
Figura 27.- Representación de pulsador tipo zeta.



Interruptor Na

Este es otro tipo de interruptor sin embargo cumple la misma función, abre o cierra el circuito eléctrico manteniéndolo en ese estado hasta cambiarlo de posición nuevamente.

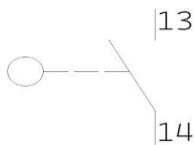
Figura 28.- Representación de interruptor normalmente abierto.



Final de carrera

Dispositivo que abre o cierra un circuito eléctrico debido al contacto físico ejecutado por el elemento que se desea percibir (Sanchis R., Romero J., Ariño C., 2010, p. 15).

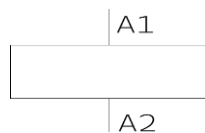
Figura 29.- Representación de final de carrera normalmente abierto.



Bobina

Representa la bobina de los dispositivos eléctricos, generalmente usados para representar la de un contactor.

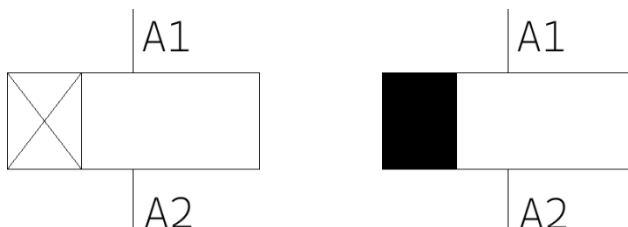
Figura 30.- Representación de bobina.



Temporizador On delay y Off delay

Como ya se mencionó anteriormente el temporizador On delay se refiere a aquel elemento cuya función es la de generar un retardo a la energización del circuito una vez que se alimentó su bobina. Al contrario del temporizador on delay este genera el retardo una vez que se interrumpa la alimentación de la bobina.

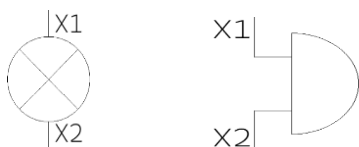
Figura 31.- Representación de bobina de temporizador a la conexión y a la desconexión



Luz piloto y timbre

Como ya se ha indicado en este artículo, las luces pilotos permiten denotar el estado del circuito eléctrico. Además de este indicador, podemos mencionar a un indicador auditivo como un timbre que tendría utilidad para alertar al personal sobre cualquier cambio en el circuito eléctrico.

Figura 32.- Representación de luz piloto y timbre



Numeración de Terminales y Designación Funcional

Una vez se obtuvo conocimiento de la simbología utilizada en los circuitos eléctricos, se observa la numeración de los contactos y terminales, esto de igual manera es sumamente importante, pues gracias a ellos los diagramas eléctricos son más precisos, señalando donde va conectado cada conductor, el tipo de contacto, etc. Se observa a continuación los puntos a considerar para una correcta comprensión de los diagramas eléctricos:

Primero se debe saber que los símbolos deben estar correctamente ilustrados, un contacto o terminal normalmente abierto siempre tendrá su apertura en el lado izquierdo y un contacto o terminal normalmente cerrado siempre tendrá su apertura en el lado derecho, esto se aplica en todos los tipos de contactos que se verán más adelante. El segundo punto a destacar es que por lo general en los diagramas se tiene dos secciones: La sección de control y la sección de fuerza. Por lo que los elementos eléctricos deberán tener el mismo nombre en ambas secciones, por ejemplo, si se tiene un contactor para controlar un motor, en el lado de fuerza se encuentra su respectiva simbología, pero cada elemento tiene su etiqueta con la que se lo identifica, por ejemplo, KM1, KMA, K1, KA, etc. En la sección de control el contacto asociado a ese contactor deberá tener el mismo nombre para el correcto enlazamiento del circuito eléctrico.

Terminales

Las terminales, son los puntos de conexión principales, suelen representar los contactos ya sean de fuerza o puntos de energización, se representan por los números:

X1 – X2

1 – 2

3 – 4

5 – 6

Donde los números impares suelen representar las entradas del dispositivo y los pares las salidas del mismo. En elementos monopolares los números 1 y 2 representan que el terminal es normalmente cerrado por lo que la corriente fluirá de manera normal hasta que cambie de estado el terminal. Los números 3 y 4 representan que el terminal es normalmente abierto por lo que para que pueda circular la corriente, primero se lo deberá accionar. En dispositivos bipolares o tripolares suele representar mediante las secuencias, la cantidad de contactos que se dispone.

En elementos como contactores o relés electromagnéticos, los terminales A1 y A2 representan a la bobina del dispositivo por donde se va a energizar el elemento. Los terminales X1 y X2 se usan para dispositivos de señalización como las luces piloto o las sirenas. El terminal X1 señala la entrada del elemento y el terminal X2 señalara la salida.

Contactos

Los contactos, permiten tener el control absoluto de determinado circuito, mediante un proceso lógico, los contactos ya sea de contactores, relés, interruptores, etc. Permite que el circuito eléctrico sea automatizado y controlado a distancia desde un centro de mando. Son regulados mediante los números:

- 11 – 12
- 13 – 14
- 95 – 96

Se puede observar que están regulados mediante dos números, el primer número representa la columna en la que se encuentra agrupado el contacto y el segundo número representa si el contacto es normalmente abierto o normalmente cerrado. A excepción de 95 – 96 que son contactos asociados a circuitos de control. El segundo número representa también las entradas y salidas sea este par o impar.

- 1 – 2
- 3 – 4
- A1 – A2

Tipos de contactos

Figura 33.- Representación de contacto normalmente abierto y normalmente cerrado

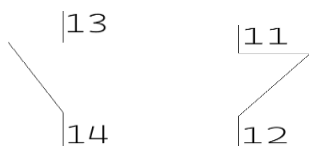
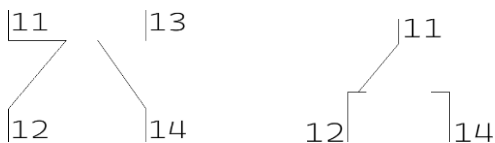


Figura 42.- Representación de contacto Na + Nc y contacto CON.



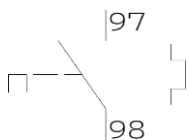
Al igual que en los accionamientos, los contactos Nc, Na + Nc, CON, son similares, el único cambio que experimentan es el característico al que pertenece el contacto.

Contacto Na de temporizador a la conexión

Figura 43.- Representación de contacto de temporizador On delay y Off delay



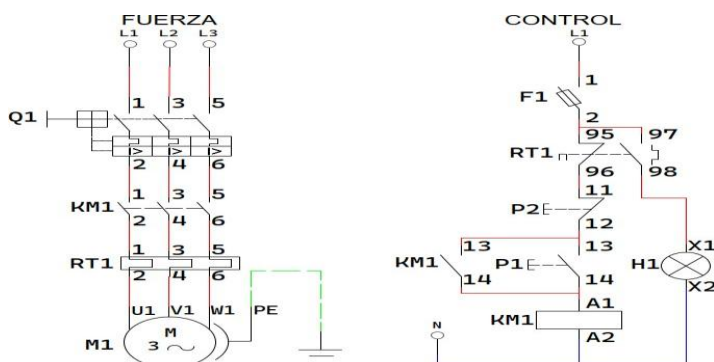
Figura 44.- Representación de contacto de relé térmico.



Importancia de la Estandarización

La estandarización facilita la comprensión de esquemas eléctricos globalmente, reduce riesgos de errores en diseño e implementación, además de mejorar la eficiencia. Regirse en una normativa también permite adaptarse con otros circuitos y obtener conocimiento de que elementos componen los circuitos y la manera en que estas funcionan, por lo que, si se tiene un nivel de conocimiento razonable de cada símbolo, el reconocimiento de diagramas en otros circuitos será mucho más sencillo, de igual manera la manipulación de la misma, a continuación, se observa un ejemplo aplicable a la industria regido en un arranque directo y su simbología está aplicada o basada en la norma IEC según lo ya previsto anteriormente:

Figura 45.- Arranque directo de motor trifásico.



Se puede observar en el diagrama un arranque directo de un motor trifásico de 3 polos con relé térmico. Con este ejemplo se logra observar perfectamente la identificación de la simbología en diagramas eléctricos, tenemos un interruptor termomagnético representado con la letra Q1 para la protección ante cortocircuitos y sobrecarga, un contactor Km1 para controlar el motor desde el puesto de mando, un relé térmico RT1 para proteger el actuador ante elevaciones de corriente y al calentamiento excesivo y por ultimo nuestro actuador que es un motor de 3 polos conectado a tierra, cada terminal del elemento representado con su respectiva numeración y etiqueta, y en la sección de control, tenemos nuestro porta fusible F1 para proteger de sobrecorrientes, los contactos auxiliares o de control del relé térmico, el Nc conectado a la entrada del pulsador de paro P2, y el Na conectado a una luz piloto en caso de que se accione por fallos eléctricos. La salida del pulsador de paro se encuentra en serie con el pulsador de marcha P1, el pulsador de marcha con su respectivo enclavamiento en paralelo para que funcione el circuito solo con un pulso, y por último la bobina del contactor que permite que los contactos asociados al mismo logren cambiar de estado, cabe resaltar que la salida de la luz piloto X2 y la salida de la bobina A2 están conectados a neutro para el retorno de la corriente a través del circuito eléctrico, de esta forma accionando el actuador y deteniéndolo cuando se requiera.

Discusión

La lógica cableada tiene un impacto directo en los principios de funcionamiento, relacionándose directamente entre el diseño lógico y la eficiencia del sistema. De esta manera mejorando la seguridad de los circuitos eléctricos y la capacidad de solventar problemas, además de llevar un control absoluto sobre los componentes que conforman dicho circuito.

Gracias al uso de componentes robustos en aplicaciones críticas, la industria cada día muestra señales de avance, permitiendo realizar procesos más complejos y que se autosostienen gracias al diseño lógico del mismo. Regirse en una normativa de igual manera facilita y genera mayor eficiencia, como ya se mencionó anteriormente debido a que existe una relación con los componentes y entre procesos, que permiten el reconocimiento efectivo del diseño de dicho circuito, por lo que el ahorro en tiempos de diseño e instalación va a ser un efecto clave de dichas estandarizaciones. Sin embargo, el personal encargado deberá centrarse en capacitaciones constantes debido a que las normativas cada cierto tiempo se actualizan y se deberá estar al tanto de cada cambio en ella. Es crucial en el mantenimiento pues gracias a dichos estándares, el reconocimiento en el circuito eléctrico es más sencillo cuando se requiere manipular los elementos que lo conforman ya sea para limpieza, reemplazo o pruebas de funcionamiento.

Conclusiones

La lógica cableada es elemental para la historia y fue el pilar fundamental de la automatización ya que está brindando las bases para adaptar los procesos eléctricos a nuevas tecnologías, permitiendo que, tareas que se realizaban de forma manual mediante los usuarios, se realicen de forma automática gracias a los elementos eléctricos o máquinas eléctricas fabricadas para dicha función. En consecuencia, los principios fundamentales de la lógica cableada como base de sistemas confiables, tiene gran impacto en la actualidad, conforme va pasando el tiempo, las industrias se van adaptando, van mejorando sus sistemas eléctricos y automatizando cada proceso que se encuentre en la misma, mediante la estandarización basadas en normativas, esta facilita la comprensión de diagramas eléctricos e identificación de elementos que lo conforman.

Es de gran importancia un dimensionamiento y diseño adecuado del proceso eléctrico para una selección adecuada de componentes eléctricos ya sea en función de su voltaje nominal, corriente, factor de potencia, frecuencia, etc. Para evitar cualquier falla a futuro ya sean fallas técnicas o funcionales, y costos que pueden llegar a ser elevados. La lógica cableada también nos brinda ciertas ventajas que facilitan el proceso de automatización, pues debido a que esta adopta las normas en este caso IEC, la comprensión de los diagramas eléctricos es más sencilla, genera mayor eficiencia en el reconocimiento de componentes eléctricos y brinda mayor seguridad.

Por ende, el objetivo de este artículo es conocer los fundamentos básicos de la lógica cableada y lograr identificar los componentes principales que lo conforman, mediante la simbología aplicada y la numeración de los contactos de dichos elementos para la representación de circuitos eléctricos. Además de tener una vista clara de cada elemento físicamente, gracias a la representación general de los mismos.

Recomendaciones

Una vez obtenido el conocimiento de este artículo se recomienda indagar más a fondo sobre el tema ya que es crucial en la automatización y brinda conocimiento sobre el funcionamiento de un sinnúmero de procesos eléctricos. Utilizar softwares de simulación para observar mejor el funcionamiento de los diagramas eléctricos y familiarizarse con la simbología de las normativas en las que se basen.

También es ideal indagar sobre la lógica programada ya que forma parte de la automatización y se la está adoptando en la actualidad. Mediante el uso de controladores lógicos programables y softwares, logra controlar procesos complejos, que a diferencia de la lógica cableada que ocupa un espacio considerable, los controladores lógicos programables, utilizan menor espacio y son igual de eficientes gracias a sus configuraciones internas.

Referencias bibliográficas

- Brunete, A., San Segundo, P., & Herrero, R. (2024). *Introducción a la Automatización Industrial*. Bookdown.
- Daneri, P. A. (2008). *PLC. Automatización y control industrial* (Algarra Héctor A., Daneri Pablo A., & Algarra Jorge C., Eds.; 1a ed.). Editorial Hispano Americana HASA.
- Elescano Almidon, A., & Julian Laime, R. E. (2019). *Sistemas de control automático I: teoría y problemas aplicativos: Vol. 3.0* (A. Elescano Almidón, Ed.; 2 ed.). Ahuaycha-Tayacaja-Huancavelica.
- Martín Castillo, J. C., & García García, M. P. (2009). *Automatismos industriales* (J. Ablanque, Ed.). Editorial Editex, S. A.
- Ordóñez Sánchez, D. J., & Resabala Lara, V. F. (2020). *Control Eléctrico Industrial; Análisis, diseño y ejercicios resueltos* (Ordóñez Sánchez Darío Javier & Resabala Lara VERNY Felipe, Eds.). Editorial Académica Española.
- Pérez París, A. (2003, noviembre). Relés electromagnéticos y electrónicos. Parte I: relés y contactores. *Vivat Academia. Revista de Comunicación*, 1–24. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15178/va.2003.50.1-24>
- Petruszella, F. D. (2017). *Programmable Logic Controllers* (Petruszella Frank D., Ed.; 5ta ed.). McGraw-Hill Education.
- Sanchis Llopis, R., Romero Pérez, J. A., & Ariño Latorre Carlos Vicente. (2010). *Automatización industrial* (1a ed.). www.sapientia.uji.es
- Schultz, M. E., & Grob, B. (2010). *Grob's Basic Electronics* (11 ed.). McGraw-Hill.
- Tirira Chulde, R. D., Martínez Ríos, M. X., Matute Castillo, H. M., Moreno Alarcón, É. L., & Vera Domínguez, J. D. (2024, diciembre 31). Introducción técnica a la clasificación y aspectos fundamentales de los motores eléctricos. *Revista científica multidisciplinar G-ner@ndo*, 1–25. <https://orcid.org/0009-0007-1869->
- Zapata Mireya, Topón Visarrea Liliana, & Tipán Edgar. (2021). *Fundamentos de Automatización y Redes Industriales* (Arias Flores Hugo, Ed.). Editorial Universidad Tecnológica Indoamérica.
- International Electrotechnical Commission. (2018). IEC 60947-4-1: Low voltage switchgear and controlgear – Part 4-1: Contactors and motors starters – Electromechanical contactors and motors – starters.
- International Electrotechnical Commission. (2016). IEC 60204-1: Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements.
- International Electrotechnical Commission. (2010). IEC 60269-2: Low voltage fuses - Part 2: Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to I.
- International Electrotechnical Commission. (2015). IEC 60898-1: Electrical Accesories – Circuit – breakers for overcurrent protection for household and similar installations – Part 1: Circuit – breakers for a.c. operation.
- International Electrotechnical Commission. (2020). IEC 60947-1: Low voltage switchgear and controlgear – Part 1: General rules.
- International Electrotechnical Commission. (2024). IEC 60617: Graphical symbols for diagrams.
- International Electrotechnical Commission. (1996). IEC 61346: Industrial systems, installations and equipment and industrial products – Structuring principles and reference designations.