




Automatización industrial: estructura, programación y aplicaciones con PLCs

*Christiam Xavier Núñez Zavala
Luis Alberto Zabala Aguiar
Luis Miguel Sánchez Muyulema
Jonnathan Ismael Chamba Cruz*

CIDE
EDITORIAL



Automatización industrial: estructura, programación y aplicaciones con PLCs

Automatización industrial: estructura, programación y aplicaciones con PLCs

Autores:

Christiam Xavier Núñez Zavala

Luis Alberto Zabala Aguiar

Luis Miguel Sánchez Muyulema

Jonnathan Ismael Chamba Cruz

Automatización industrial: estructura, programación y aplicaciones con PLCS

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente, por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquiera otro, sin la autorización previa por escrito del Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (CIDE).


Copyright © 2025
Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador
Tel.: + (593) 04 2037524
<http://www.cidecuador.org>

ISBN: 978-9942-679-32-1

<https://doi.org/10.33996/cide.ecuador.AE2679321>

Dirección editorial: Lic. Pedro Misacc Naranjo, Msc.
Coordinación técnica: Lic. María J. Delgado
Diseño gráfico: Lic. Danissa Colmenares
Diagramación: Lic. Alba Gil
Fecha de publicación: febrero, 2025





**La presente obra fue evaluada por pares académicos
experimentados en el área.**

Catalogación en la Fuente

Automatización industrial: estructura, programación y aplicaciones con PLCS / Christiam Xavier Núñez Zavala; Luis Alberto Zabala Aguiar, Luis Miguel Sánchez Muyulema, y Jonnathan Ismael Chamba Cruz. - Ecuador: Editorial CIDE, 2025.

367 p.: incluye tablas, figuras; 17,6 x 25 cm.

ISBN: 978-9942-679-32-1

Semblanza de los autores

Christiam Xavier Núñez Zavala

christiamne@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8162-5616>

Universidad Nacional de Chimborazo



Christiam Xavier Núñez Zavala, ecuatoriano ciudad Riobamba, Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales de la Escuela superior Politécnica de Chimborazo en el año de 2011, estudios de posgrado Magister en Sistemas de Control y Automatización Industrial en la Superior Politécnica de Chimborazo año de 2017. Jefe de Automatización en la empresa Ecuatoriana de Cerámica planta Azulejos de la Ciudad de Riobamba. Encargado de soporte de líneas de comunicación Grupo Cerámico. Docente de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el año 2012 en la Facultad de Informática y Electrónica en las carreras de: Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industrial, Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones.

Docente en la Universidad Nacional de Chimborazo en la Unidad de Admisión y Nivelación en el año 2017. Analista del departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación de la Universidad Nacional de Chimborazo. Docente de la Senescyt en el Instituto Tecnológico Carlos Cisneros de la Ciudad de Riobamba en el año 2018. Actualmente Docente de la Universidad Nacional de Chimborazo en la Facultad de Ciencias de la Educación Humanas y Tecnologías, Carrera de Pedagogía de la Informática. Responsable, Supervisión: Eléctrico y de automatización en líneas de producción en la planta de C.A. Ecuatoriana de Cerámica. Miembro del grupo de Investigación Umayuk de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Editor y creador de la revista de investigación TECH Carlos Cisneros perteneciente al instituto del mismo nombre. Miembro fundador de la Red REDIN: Red Internacional de Educación, Investigación y Vinculación para El Desarrollo Líneas de investigación de interés: electrónica analógica, electrónica de potencia, microcontroladores, visión artificial, sistemas de control clásicos y modernos, InnoVCAiÓN en la educación, Robótica Educativa. Participó en el proceso de evaluación y acreditación universitaria de 4to nivel, a nivel Universitario y de Institutos Tecnológicos. Responsable del proceso de vinculación de la Carrera de Informática de la UNACH y Director del proyecto de vinculación con la sociedad “Integración de la metodología S.T.E.A.M. en el proceso de formación para los estudiantes de las unidades educativas de las parroquias rurales del cantón Riobamba”.

Luis Alberto Zabala Aguiar

luis.zabala@istcarloscisneros.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3858-0621>



Instituto Superior Tecnológico Carlos Cisneros

Luis Alberto Zabala Aguiar es Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales, graduado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, donde también obtuvo una Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones. Cuenta con amplia experiencia como docente y técnico en diversas instituciones, destacándose su rol como Gerente Técnico en Bluetech. Ha dictado cursos sobre Matlab y personalización de entornos virtuales de aprendizaje. Miembro de un grupo de investigación en bioingeniería, ha desarrollado un prototipo de exoesqueleto. Publicó varios trabajos científicos y libros técnicos, incluyendo "Matlab Básico". También domina el inglés en un nivel intermedio.

Luis Miguel Sánchez Muyulema

lmiguelsanchezm@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5078-3734>

Universidad UTE



Miguel Sánchez es Ingeniero en Control y Redes Industriales, con una Maestría en Sistemas de Control y Automatización Industrial. Docente de la carrera de Mecatrónica en la Universidad UTE, con una amplia experiencia en educación STEAM y robótica educativa. Ha liderado proyectos de investigación en automatización industrial y obtenido múltiples reconocimientos en competencias internacionales de robótica como RobotChallenge China 2024. Su labor está enfocada en la investigación, desarrollo tecnológico y la promoción de la robótica, contribuyendo al crecimiento de la carrera y motivando a las nuevas generaciones de ingenieros.

Jonnathan Ismael Chamba Cruz

jonataisma@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2792-7271>

Universidad UTE



Ingeniero en Electrónica en Control y Redes Industriales, con una Maestría en Electrónica y Automatización. Apasionado por la robótica, ha destacado por su participación en diversos concursos nacionales e internacionales, en los cuales ha obtenido reconocimientos por su excelencia. A lo largo de su carrera, ha acumulado amplia experiencia en el desarrollo de proyectos de investigación y ha trabajado en múltiples industrias, contribuyendo a la automatización y optimización de procesos. Su enfoque innovador y compromiso con la tecnología lo posicionan como un referente en su campo.

A. Presentación de la asignatura

Descripción de la asignatura

La asignatura de Controladores Lógicos Programables se enfoca en el análisis y utilización de los controladores lógicos programables (PLC) en la automatización y control de procesos industriales, los cuales se complementan con disciplinas paralelas al área, tales como: los sistemas de control y supervisión de datos, la instrumentación industrial, el control de procesos y las redes de comunicación industrial.

Competencias de la asignatura que aporta al perfil profesional

El estudiante que apruebe esta asignatura estará capacitado en: instalar, gestionar y proveer mantenimiento en sistemas electrónicos, control y telecomunicaciones, mediante el estudio de elementos semiconductores aplicado a la automatización industrial, así como para la transmisión y recepción de señales en comunicaciones analógicas y digitales.

La asignatura de Controladores Lógicos Programables contribuye a que el tecnólogo en electrónica industrial sea un profesional capaz de diseñar, instalar y mantener elementos, equipos y sistemas de control industrial con fundamentos científicos, tecnológicos y de gestión, demostrando solidez en sus valores éticos, morales y científicos. Trabaja con equipos electrónicos industriales, implementa

sistemas en base a las necesidades de cada uno de los requerimientos de los procesos, por medio de normas, así como su correcta utilización para garantizar un nivel adecuado de seguridad.

Objetivos de la asignatura

Los objetivos que se plantean en la asignatura son:

- Proveer al estudiante de conocimientos teóricos y prácticos sobre la puesta en marcha y funcionamiento de sistemas de control automático.
- Analizar la estructura y etapas que componen un sistema automatizado.
- Comprender los principios de funcionamiento de un PLC.
- Estructurar y desarrollar aplicaciones con los controladores lógicos programables para el desarrollo de sistemas automáticos.
- Analizar y evaluar las distintas gamas de PLC existentes en el mercado de acuerdo con las prestaciones que ofrece cada fabricante.
- Integrar los métodos y técnicas analizados en clase para el desarrollo de un proyecto de automatización industrial.

Contenido

Semblanza de los autores	5
Presentación de la asignatura	10
Descripción de la asignatura	10
Competencias de la asignatura que aporta al perfil profesional	10
Objetivos de la asignatura	11

Unidad 1 Estructura de un automatismo

1.1. Etapas de un automatismo	30
1.1.1. Sistema de control	31
1.1.2. Sistema de control automático	32
1.1.2.1. Control manual	33
1.1.2.2. Elementos de un sistema básico de control	34
1.1.3. Definiciones de interés	37
1.2. Tipos de control	38
1.2.1. Control de lazo abierto	39
1.2.2. Sistema de control de lazo cerrado	41
1.3. Clasificación de las señales	43
1.3.1. Sistemas de control según la naturaleza de las señales que intervienen en el proceso	45
1.3.1.1. Ejemplo de un sistema de control utilizando señales análogas en un PLC	45

1.3.1.2. Ejemplo de un sistema de control utilizando señales digitales en un PLC	47
1.4. Descripción de los componentes que integran un automatismo ..	48
1.4.1. Elementos de mando manuales	49
1.4.2. Elementos de mando automáticos	50
1.4.3. Dispositivos de señalización	52
1.4.4. Dispositivos de regulación	52
1.4.5. Contactores y relés	53
1.4.6. Dispositivos de protección	57
1.4.7. Motores	61
1.4.8. Representación de automatismos	61
1.4.9. La simbología eléctrica	64
1.4.10. Estándares	64
1.4.10.1. NEMA (National Electrical Manufactures Associations) ...	65
1.5. IEC (International Electrotechnical Commission)	66
1.6. DIN (Deutsches Institut für Normung o Deutsches Industriennormen)	67
1.6.1.1. ANSI (American National Standards Institute)	67
1.6.2. Diagramas	67
1.6.3. Relación de símbolos americanos y europeos	69
Actividades Unidad 1	79

Unidad 2

Estructura de los Controladores Lógicos Programables PLC'S

2.1. Reseña de la evolución de los PLC	88
2.2. Características generales de los PLC	90
2.2.1 ¿Qué es un PLC?	90

2.2.2 Tipo de señales físicas que maneja un PLC	92
2.2.2.1 Señales analógicas	92
2.2.2.2 Señales digitales	93
2.2.3 Clasificación de un PLC	93
2.2.3.1 Por su construcción	94
2.2.3.2 Por su cantidad de entradas y salida	97
2.2.4 Proceso controlado por PLC	98
2.3 Campos de aplicación	99
2.4 Estructura física del PLC	102
2.4.1 Procesador	103
2.4.2 Memoria	104
2.4.2.1 Tipos de memoria	106
2.4.3 Entradas y salidas	109
2.4.3.1 Dispositivos de entrada	109
2.4.3.2 Dispositivos de salida	109
2.4.3.3 Entradas digitales	110
2.4.3.4 Entradas analógicas	114
2.4.4 Alimentación	121
2.4.5 Equipos o unidades de programación	122
2.5 Configuración y direccionamiento del PLC	125
2.5.1 Configuración inicial	125
2.5.2 Direccionamiento	135
2.5.2.1 Representación de las cantidades binarias	135
2.5.2.2 Direccionamiento de Bits	137
2.6 Introducción a las redes de comunicación entre autómatas	140
2.7 Profibus-DP	142
2.8 AS-i (Actuador Sensor Interfase) Interfase de Sensor Actuador ..	143
Actividades Unidad 2	147

Unidad 3

Programación de los Controladores Lógicos Programables (PLC)

3.1 Tipos de programación	155
3.2 Programación Ladder	160
3.2.1 Descripción de los componentes de un diagrama Ladder	161
3.2.2 Elementos básicos Ladder	163
3.2.3 Funciones lógicas para diagramas Ladder	164
3.2.4 Ecuaciones a partir del diagrama Ladder	165
3.2.5 Enclavamiento o memorización diagrama Ladder	166
3.3 Programación mediante bloques funcionales	168
3.3.1 Bloques funcionales como compuertas lógicas, bajo un sistema normalizado	171
3.4 Lista de instrucciones	176
3.5 Programación en texto estructurada (orientado al lenguaje Basic)	181
3.6 Elementos de programación	187
3.6.1 Bit	188
3.6.2 Byte	188
3.6.3 Memorias	189
3.6.4 Acceso a un Bit	191
3.7 Elementos de programación avanzada	192
3.7.1 Temporizadores	192
3.7.1.1 Función temporización a la excitación	192
3.7.1.2 Función temporización a la excitación negada	194
3.7.1.3 Función temporización a la desexcitación	196
3.7.1.4 Función temporización a la desexcitación negada	198
3.7.2 Contadores	201
3.7.2.1 Función contador flancos de subida	201
3.7.2.2 Función contador flancos de bajada	203
3.7.2.3 Función contador flancos de subida y bajada	205
3.7.3 Comparadores	208
3.7.3.1 EQU (Equal) / NEQ (Not Equal)	209

3.7.3.2 GRT (Greater Than) / LES (Less Than)	210
3.7.3.3 GEQ (Greater than or Equal to) / LEQ (Less Than or to)	211
3.7.3.4 MEQ (Mask Compare for equal)	212
3.7.4 Funciones especiales	216
3.7.4.1 Función relé de enclavamiento	216
3.8 Función relé de auto-retención	218
3.9 Estructura GRAFCET	221
3.9.1 Definición GRAFCET	222
3.9.2 Elementos del GRAFCET	224
3.9.2.1 Etapas	225
3.9.2.2 Acciones asociadas	226
3.9.2.3 Tipos de acciones asociadas	226
3.9.2.4 Acciones asociadas condicionadas	227
3.9.2.5 Transiciones	227
3.9.2.6 Líneas de enlace	228
3.9.3 El proceso de un GRAFCET	229
3.9.4 Tipos de GRAFCET	230
3.9.4.1 GRAFCET de nivel 1: descripción funcional	231
3.9.4.2 GRAFCET de nivel 2: descripción tecnológica	232
3.9.4.3 GRAFCET de nivel 3: descripción operativa	233
3.9.5 Reglas para construcción del GRAFCET	234
Actividades Unidad 3	238

Unidad 4

Desarrollo de Aplicaciones con Controladores Lógicos Programables (PLC)

4.1 Características de algunas marcas comerciales de PLCs	253
4.1.1 Siemens LOGO! 8	253
4.1.1.1 Generalidades	253
4.1.1.2 Características generales	254
4.1.1.3 Características conexión	257
4.2 Rockwell, Allen-Bradley-MicroLogix 1100	260
4.2.1.1 Generalidades	260
4.2.1.2 Características generales	261
4.2.1.3 Características conexión	263

4.2.1.4 Software para desarrollo de aplicaciones o programas	264
4.3 Schneider Electric, Telemecanique-Twido TWDLCAE40DRF	265
4.3.1.1 Generalidades	265
4.3.1.2 Características generales	266
4.3.1.3 Características conexión	267
4.3.1.4 Software para desarrollo de aplicaciones o programas	270
4.3.2 Siemens, SIMATIC S7-1200	271
4.3.2.1 Generalidades	271
4.3.2.2 Características generales	272
4.3.2.3 Características conexión	274
4.3.2.4 Software para desarrollo de aplicaciones o programas	276
4.4 Interfaces de desarrollo de aplicaciones de los PLCs	277
4.1.1 PLC MicroLogix 1100 – RSLogix	278
4.5 Desarrollo de aplicaciones	299
4.5.1 Resolución de caso 1	304
4.5.2 Resolución de caso 2	309
Actividades Unidad 4	312

Unidad 5

Proyecto y aplicaciones industriales (PLC)

5.1 Desarrollo de tableros de control industrial	321
5.1.1 Aplicaciones de los tableros eléctricos	322
5.1.2 Control y distribución de energía	323
5.1.3 Componentes eléctricos y electrónicos en los tableros de control	324
5.1.4 Lista de componentes de cuadro eléctrico	324
5.1.5 Elementos de control	325
5.1.6 Diagrama o esquema unifilar	325
5.1.7 Diagrama de control	326
5.1.8 Construcción y especificaciones técnicas de un tablero eléctrico	327
5.2 Integración con sistemas SCADA	333
5.2.1 Descripción general de un SCADA	334
5.2.2 Características de un Sistema SCADA	335

5.2.3 Requisitos de un SCADA	339
5.2.4 Estructura y componentes de un software SCADA	339
5.2.5 Ejemplos de implementación SCADA en la industria	343
5.3 Aplicaciones en procesos de producción	344
5.3.1 Lookout	345
5.3.2 Problemas prácticos industriales con solución	350
5.4 Introducción a la Industria 4.0	352
5.4.1 Puntos clave en la industria 4.0	355
Actividades unidad 4	359
Bibliografía	362

UNIDAD 1

Estructura de un automatismo

1

Unidad 1

Unidad 1: Estructura de un automatismo

Resultados de aprendizaje:		Analiza la estructura y etapas que componen un sistema automatizado.		
Contenidos de la unidad 1	Horas/ Semana	Actividades de docencia	Actividades de aprendizaje Actividades de aplicación / Prácticas	Actividades de trabajo autónomo
<ul style="list-style-type: none"> - Etapas de un automatismo. - Tipos de control. - Clasificación de señales. - Descripción de los componentes que integra un automatismo. - Simbología. 	<p>18 horas</p> <p>3 semanas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Videoconferencia relacionada a los contenidos de la unidad en curso. - Aprendizaje con simulación y videos. - Tutorías síncronas y asíncronas personalizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de la estructura de un autómeta. - Identificación de sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado. - Manejo simbología industrial de automatismos para la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultas online. - Foros. - Chats. - Blogs. - Cuestionario.

Metodología

Estrategia metodológica	Recursos didácticos
Constructivista-participativa	Diapositivas
Aprendizaje basado en problemas	Bibliografía Guías prácticas Internet Manuales Guía didáctica
Aprendizaje en línea	Aula virtual Herramientas web 2.0 Internet Guía didáctica
Aprendizaje por descubrimiento	Guía didáctica Manuales Internet Periódicos Bibliografía Guías prácticas

Ponderación para la evaluación del estudiante

Criterios de Evaluación: Se analiza el desempeño del estudiante al comprobar los conocimientos alcanzados a través de las actividades de aprendizaje planteadas.

Métodos	Diagnóstica	Formativa	Sumativa
Técnicas	Documentación	Encuesta	Análisis de grabación de audio o video
	Encuesta	Evaluación compartida o colaborativa	Evaluación compartida o colaborativa
	Autoevaluación	Documentación	Observación directa del alumno
Instrumentos	Cuestionario	Cuestionario	Cuestionario
	Exposiciones	Pruebas orales de actuación	Examen
	Entrevista	Informes	Prueba objetiva
	Foros de discusión	Trabajo escrito	Actividades prácticas
Ponderación	N/A	65%	35%



Desarrollo de la unidad estructura de un automatismo

Desde el inicio de la industrialización, se han buscado las formas y los procedimientos para que los trabajos se realicen de forma más fácil y que resulten menos tediosos para el propio operador (Quintal, 2016).

La Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales define la Automática como:

“El estudio de los métodos y procedimientos con el fin de sustituir al operador humano por un operador artificial en la generación de una tarea física o mental previamente programada” (Quintal, 2016).

Ya en el ámbito industrial, puede definirse la automatización como “El estudio y aplicación de la automática al control de los procesos industriales” (Quintal, 2016).

Entre los objetivos de la automatización podemos citar:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de esta.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

Reseña histórica de la automatización

Los 60's

A finales de los años 60, la industria estaba demandando cada vez más un sistema de control económico, robusto, flexible y fácilmente modificable (Quintal, 2016).

La razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relevadores y contactores (Quintal, 2016).

Figura 1.

Sistemas de control basados en relevadores y contactores

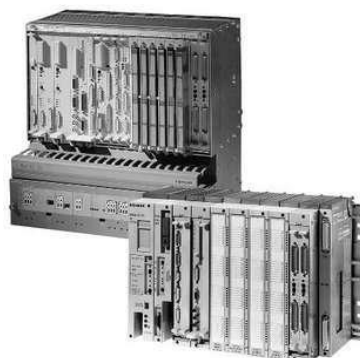


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Bedford Associates creó una nueva compañía dedicada al desarrollo, manufactura, venta y servicio para este nuevo producto: Modicon (MODular DIGital CONTroller).

Figura 2.

Modicon (MODular DIGital CONTroller).



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

A finales de la década de 1960, se desarrolló el primer Controlador Lógico Programable (PLC), conocido como el modelo 084. Este nombre se originó porque fue el proyecto número 84 en el que trabajó el equipo de Bedford Associates. Dick Morley, quien lideró el desarrollo, es reconocido como el "padre" del PLC debido a su destacada contribución en este avance revolucionario en la automatización industrial (Biegel, 2021).

Figura 3.

PLC 084.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Los 70's

El primer PLC TM es una marca registrada de Allan -Bradley Co. Pero ahora es ampliamente usado como un término genérico para nombrar a los controladores programables.

La marca Modicon fue vendida en 1977 a Gold Electronics, y posteriormente por la compañía alemana AEG, y más tarde por Schneider Electric, el actual dueño.

El primer Controlador Lógico Programable (PLC) fue instalado en 1970 en la planta de General Motors de Oldsmobile y en Landis Company, ubicada en Landis, Pensilvania. Este avance marcó un hito en la automatización industrial, reemplazando los sistemas de control basados en relés y cables por una tecnología más flexible y eficiente (Biegel, 2021).

A principios de la década de 1970, los Controladores Lógicos Programables (PLCs) comenzaron a incorporar microprocesadores, lo que supuso un gran avance en su capacidad de procesamiento y flexibilidad. En 1973, los PLCs evolucionaron significativamente, integrando prestaciones más avanzadas, como interfaces de comunicación hombre-máquina más modernas, funciones de manipulación de datos, cálculos matemáticos y capacidades de comunicación entre dispositivos. Estas innovaciones ampliaron considerablemente el rango de aplicaciones industriales de los PLCs y los consolidaron como herramientas fundamentales en la automatización (Biegel, 2021).

En la segunda mitad de la década de 1970, los Controladores Lógicos Programables (PLCs) experimentaron un notable avance tecnológico. Se incrementó la capacidad de memoria y se introdujo la

posibilidad de manejar entradas y salidas remotas, tanto analógicas como numéricas. Además, se integraron funciones para el control de posicionamiento, lenguajes de programación más avanzados con un mayor número de instrucciones y potentes capacidades, y se desarrollaron comunicaciones más robustas con periféricos y ordenadores. Estas mejoras consolidaron a los PLCs como herramientas esenciales en la automatización industrial avanzada (Biegel, 2021).

A mediados de la década de 1970, las tecnologías dominantes en los Controladores Lógicos Programables (PLCs) eran principalmente máquinas de estado secuenciales, con CPUs basadas en el desplazamiento de bits. Los microprocesadores AMD 2901 y 2903 adquirieron gran popularidad en modelos como los de Modicon y Allen-Bradley (A-B). De hecho, cada modelo de microprocesador tenía un PLC diseñado específicamente sobre esa arquitectura, aunque el 2903 destacó como uno de los más utilizados por su versatilidad y capacidad de procesamiento (Biegel, 2021).

La habilidad de comunicación entre ellos apareció aproximadamente en el año 1973. El primer sistema que lo hacía fue el Modbus de Modicon.

También podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.

Los 80's

Durante la década de 1980, se realizó un esfuerzo significativo para estandarizar las comunicaciones en los sistemas de automatización industrial mediante el desarrollo del Protocolo de Automatización de Manufactura (MAP, por sus siglas en inglés: Manufacturing Automation Protocol). Este protocolo, impulsado por General Motors, tenía como objetivo integrar y conectar dispositivos y sistemas en entornos industriales. Sin embargo, MAP enfrentó diversas dificultades en su adopción debido a su complejidad y la rápida evolución de tecnologías más flexibles y abiertas como Ethernet y Modbus (Mok, 2019).

En esa misma época, a medida que los PLCs seguían evolucionando, se lograron reducir significativamente sus dimensiones físicas, lo que permitió un mayor nivel de integración y flexibilidad en las instalaciones industriales. Además, comenzó a utilizarse programación simbólica para el desarrollo de aplicaciones, facilitando el proceso de programación. Esta transición se vio acompañada por el uso de computadoras personales en lugar de los tradicionales terminales de programación, lo que hizo que la programación de PLCs fuera más accesible y eficiente (Mok, 2019).

Durante la década de 1980, las mejoras en las prestaciones de los Controladores Lógicos Programables (PLCs) incluyeron un aumento en la velocidad de respuesta, la reducción de las dimensiones físicas y una mayor concentración del número de entradas/salidas en los módulos

respectivos. Además, se desarrollaron módulos de control más avanzados, como el control continuo, PID, servocontroladores y el control inteligente, incluyendo técnicas como el control difuso (fuzzy) (Mok, 2019).

Figura 4.

Primer PLC LOGO! – Siemens.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.1 Etapas de un automatismo

Desde sus inicios el sector industrial siempre ha buscado producir con un menor gasto posible para tener mayores ganancias, el contar con personal operador para todas las áreas desencadenaba en un gran costo para las industrias medianas y pequeñas. Desde la aparición de la electrónica el transistor y el microcontrolador lo que se ha tratado de impulsar en la industria son:

- Mejorar la calidad con sistemas automáticos.
- Aumentar la producción con sistemas repetitivos.

- Disminuir los costes de operadores en áreas que demandan seguridad industrial.

Estos puntos se logran mediante la posesión de sistemas automáticos o semiautomáticos, los cuales deben ser controlados, programados, ajustados y, sobre todo, adaptados a las condiciones del entorno industrial.

Todas estas necesidades antes mencionadas llevarán a tener ciertas etapas de sistemas automáticos controlados, para ello en esta unidad se define a nivel descriptivo las etapas de un automatismo utilizado en la industria.

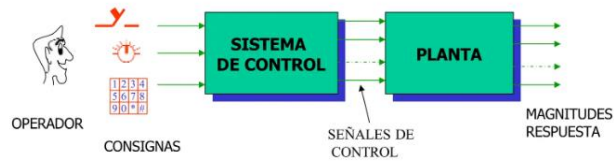
1.1.1 Sistema de control

Control

La manipulación de las magnitudes de un sistema, conocido como "planta", se realiza a través de otro sistema denominado "sistema de control", sin que sea necesaria la intervención directa del operador sobre los elementos de salida. Este enfoque permite la automatización del proceso y una mayor precisión en la regulación del sistema (Mok, 2019).

Figura 5.

Diagrama de bloques del control de variables.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.1.2 Sistema de control automático

Es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales como se muestra en la Figura 6:

- Parte de mando o control.
- Parte Operativa.

Figura 6.

Partes de un sistema automatizado.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Si establecemos una relación entre el sistema humano y un sistema automatizado de control, podemos observar que nuestro cuerpo funciona como un sistema automatizado perfecto. Este sistema cuenta con entradas, un sistema de control y salidas, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7.

Partes de un sistema automatizado en el ser humano.



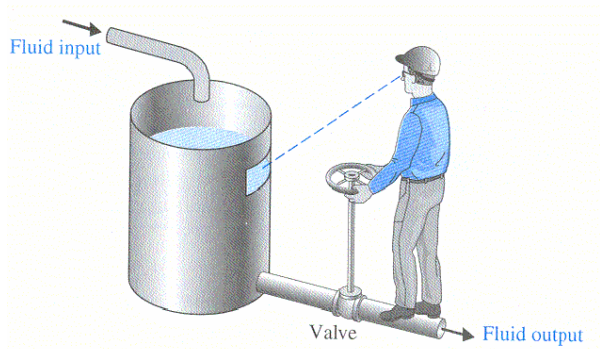
Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.1.2.1 Control manual

Cuando la tarea de regular una variable con el fin de compensar una alteración en el proceso es realizada manualmente por un operario, se basa en mediciones previas de la variable controlada y en la experiencia adquirida por el trabajador. Este tipo de control manual, aunque efectivo en algunas situaciones, depende del juicio y la habilidad del operario para mantener la estabilidad del proceso (Mok, 2019).

Figura 8.

Control manual.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.1.2.2 Elementos de un sistema básico de control

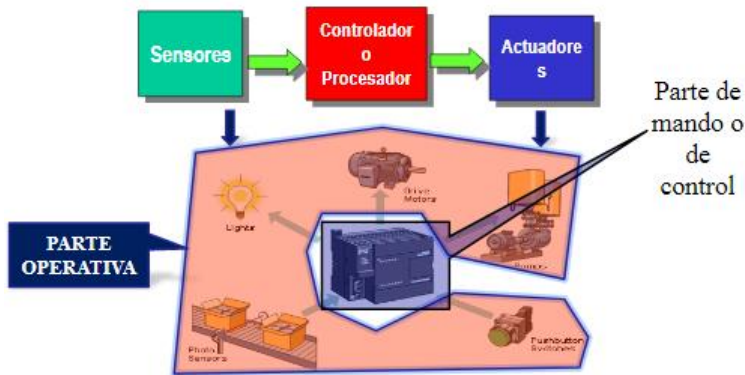
Las componentes esenciales en un sistema de control automatizado son:

- El actuador: el que hace el trabajo.
- El controlador: el que le “dice” al actuador que trabajo hacer.
- El sensor: el que proporciona al controlador una retroalimentación para que sepa que el actuador está haciendo el trabajo.

En la Figura 9 se puede apreciar los elementos que conforman un sistema de control a partir de diagramas de bloques, considerando los equipos que componen los elementos básicos de control (Quintal, 2016).

Figura 9.

Elementos básicos de control.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

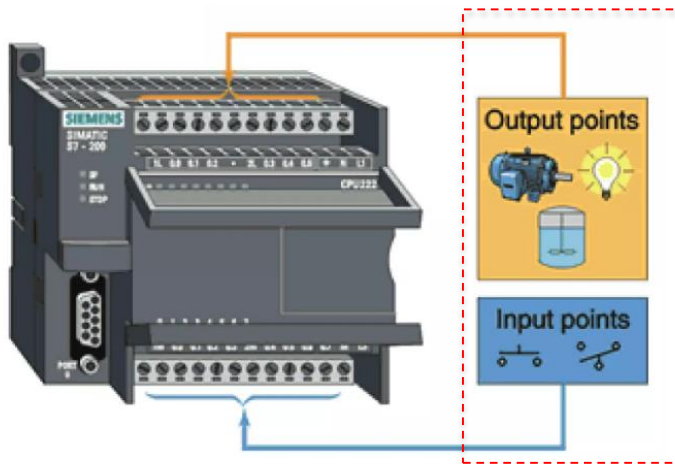
La Parte operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los actuadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los sensores como fotodiodos, finales de carrera (Quintal, 2016).

En la Figura 10 se puede apreciar los elementos que conforman la parte operativa, desde la conexión de un PLC.

Figura 10.

Elementos que conforman la parte operativa.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

La Parte de mando

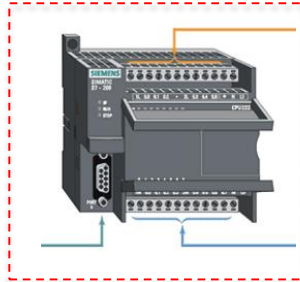
Suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relevadores electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema.

Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado (Quintal, 2016).

Figura 11.

Elemento principal de mando.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.1.3 Definiciones de interés

Planta: equipo con el objetivo de realizar una operación o función determinada. Es cualquier equipo físico que se desea controlar (motor, horno, reactor, caldera, ...).

Proceso: cualquier serie de operaciones que se desea controlar con un fin determinado.

Perturbación: señal de comportamiento no previsible que tiende a afectar adversamente al valor de la salida de un sistema.

Realimentación: operación que, en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia, utilizando la diferencia entre ambas como parámetro de control.

Servomecanismo: sistema de control realimentado en el cual la salida es una magnitud de tipo mecánico (posición, velocidad o aceleración).

Sistema de regulación automática: sistema de control realimentado en el que la entrada de referencia y/o la salida deseada varían lentamente con el tiempo.

Control en lazo abierto: sistema de control en el que la salida no tiene efecto sobre la acción del control (Ejemplo: lavadora, semáforos, ...).

Control en lazo cerrado: aquel en el que la salida tiene un efecto directo sobre la señal de control (utiliza la realimentación para reducir el error).

1.2 Tipos de control

Existen dos tipos de control en la industria los cuales con:

- Sistemas de control en lazo abierto.
- Sistemas de control de lazo cerrado.

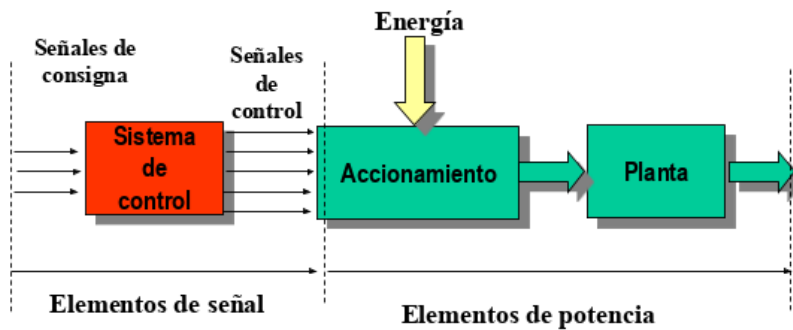
Estos dos sistemas dependerán de la forma a controlar la planta del sistema y en su medida para eliminar las perturbaciones que son sometidas a la planta del sistema.

1.2.1 Control de lazo abierto

Sistema de control que no recibe información del comportamiento de la planta.

Figura 12.

Diagramas de bloques de un control de lazo abierto.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

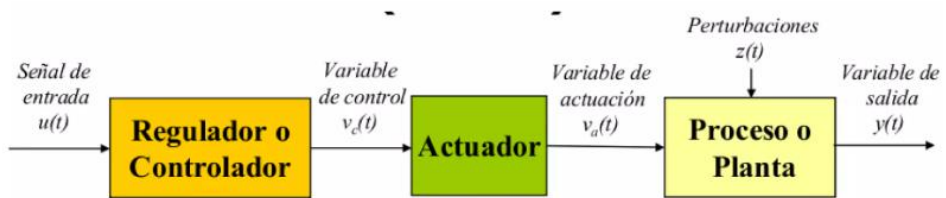
En la Figura 13 la señal de entrada (o referencia) $u(t)$ actúa directamente sobre el dispositivo de control (Regulador), para producir, por medio del Actuador, el efecto deseado en las variables de salida $y(t)$.

El regulador NO comprueba el valor que toma la salida.

Problema: claramente sensible a las perturbaciones que se produzcan sobre la planta.

Figura 13.

Diagramas de bloques de variables del control lazo abierto.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

En la Figura 14 podemos ver algunos ejemplos de sistemas de control que se pueden tener a diario.

Figura 14.

Ejemplos de control lazo abierto.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

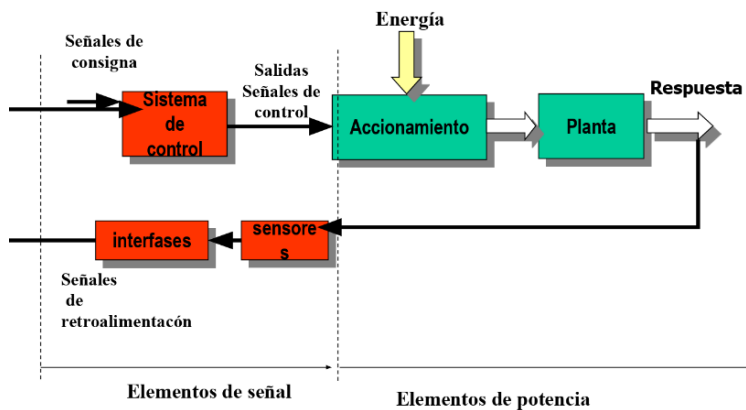
1.2.2 Sistema de control de lazo cerrado

Existe una realimentación a través de los sensores desde la planta hacia el sistema de control.

A este tipo de sensores se les conoce como medida, la medida se relaciona con la variable de entrada llamada set point la cual genera una respuesta que directamente envía al controlador para ser procesada, en la Figura 15 podemos ver un diagrama de bloques de un sistema de control lazo cerrado.

Figura 15.

Diagramas de bloques de un control de lazo cerrado.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

La salida del sistema se mide por medio de un Sensor, y se compara con el valor de la entrada de referencia $u(t)$. De manera

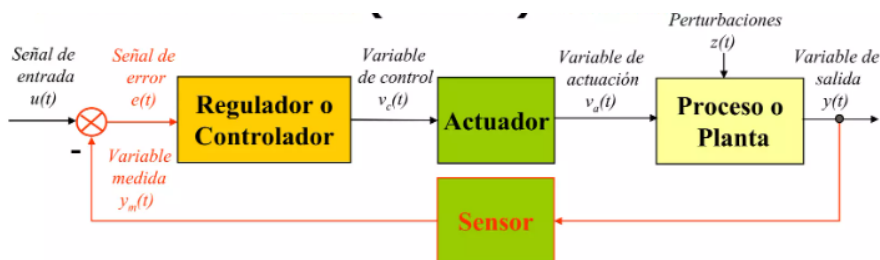
intuitiva se deduce que, de este modo, el sistema de control podría responder mejor ante las perturbaciones que se produzcan sobre el sistema.

La ventaja que posee este tipo de sistemas es que siempre tratará de eliminar las perturbaciones que afectan a la planta.

En la Figura 16 podemos ver un diagrama de bloques con las variables que se generan al ser un sistema de control de lazo cerrado.

Figura 16.

Diagramas de bloques de variables del control lazo cerrado.

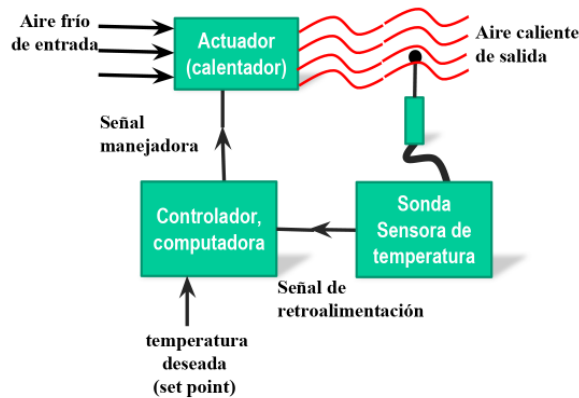


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Un proceso de lazo cerrado que se puede citar como ejemplo es la del control de temperatura como se puede ver en la Figura 17.

Figura 17.

Ejemplos de control lazo cerrado.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.3 Clasificación de las señales

Por señal se entiende cualquier evento que proporcione información útil. En el ámbito de la electrotecnia, estos eventos suelen manifestarse a través de variables eléctricas, como la tensión, la corriente o la resistencia. La información asociada a estas señales puede derivarse de la evaluación de sus características fundamentales, como la magnitud, la frecuencia o la fase (Mok, 2019).

Si una señal continua puede tomar cualquier valor en un intervalo continuo, entonces esa señal recibe el nombre de señal analógica.

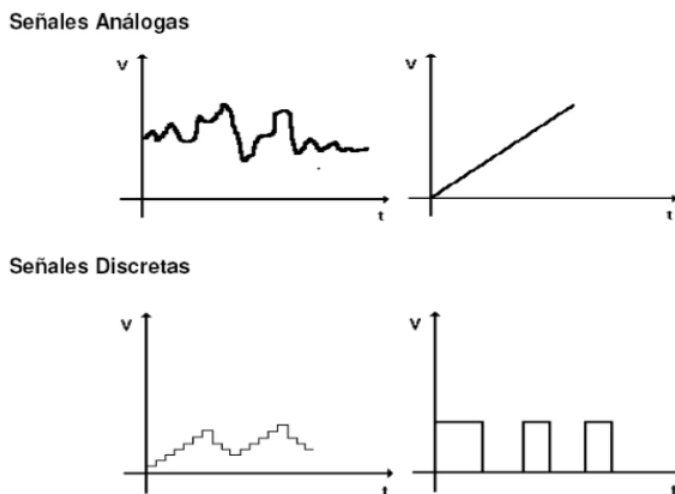
Si una señal discreta $x[n]$ puede tomar únicamente un número finito de valores distintos, recibe el nombre de señal digital.

Ejemplo señal analógica: Señal proviene de un sensor LM35 que pese a ser una señal de corriente continua es analógica.

Ejemplo señal discreta: Una señal de todo o nada como puede ser la señal de un sensor inductivo puede ser 0 o 24 VCC.

Figura 18.

Señales analógicas y señales discretas.



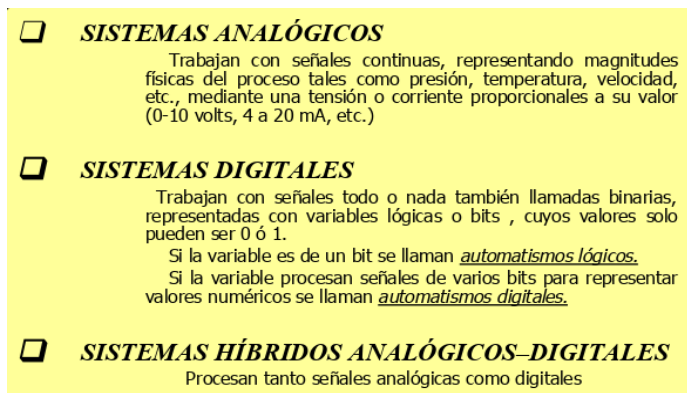
Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.3.1 Sistemas de control según la naturaleza de las señales que intervienen en el proceso

Considerando la naturaleza de las señales que intervienen en un proceso, podemos mencionar los siguientes sistemas, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19.

Sistemas de control según la naturaleza de las señales.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

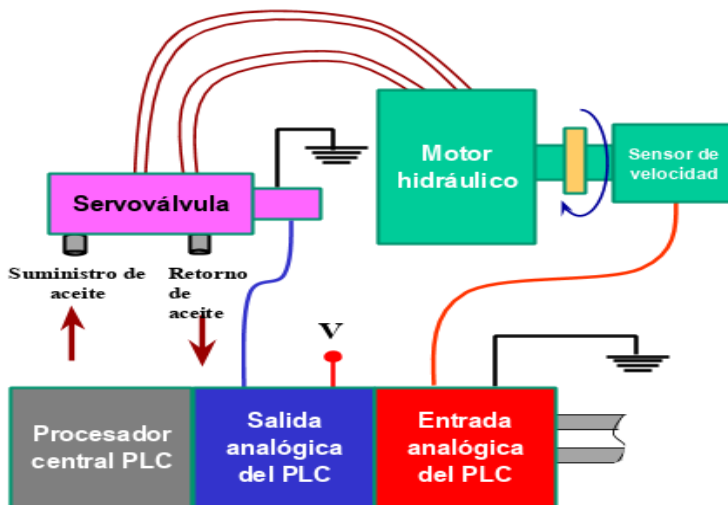
1.3.1.1 Ejemplo de un sistema de control utilizando señales análogas en un PLC

Para explicar como una señal análoga procede en un sistema de control automático PLC se describe en la figura 20, el control mostrado describe el control de lazo cerrado de la velocidad de un motor hidráulico el cual utiliza para realizar este control una señal de tipo análogo proveniente de un sensor llamado encoder de velocidad, la

gran mayoría de encoders de velocidad entregan niveles de tensión continua análoga o PWM. La señal proveniente del sensor ingresa al controlador para procesar la información (para ello el PLC debe tener la capacidad de aceptar entradas análogas), luego de procesar la información el PLC ejecuta una acción enviando un nivel análogo de voltaje a la salida para con este voltaje controlar una servoválvula.

Figura 20.

Ejemplo de un sistema de control utilizando señales análogas.



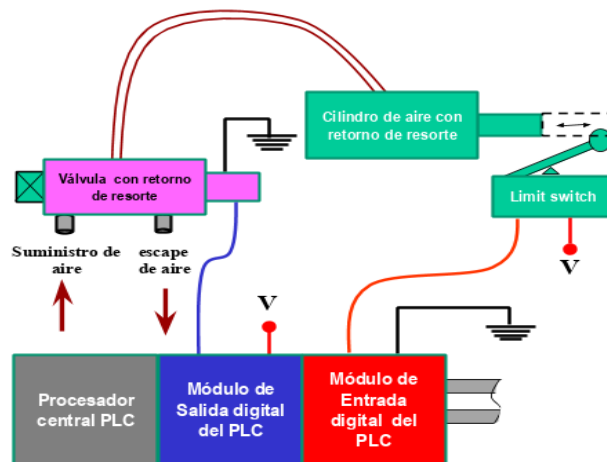
Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.3.1.2 Ejemplo de un sistema de control utilizando señales digitales en un PLC

En este ejemplo para explicar la utilización de las señales digitales en un PLC, se puede ver en la Figura 21 que se está realizando un control de todo y nada, la particularidad en este ejemplo se puede ver marcado en que la señal de entrada al PLC en una señal de todo/nada o verdad /falso la entrada puede leer si está o no abierto el switch de conmutación del final de carrera nada más, esta señal ingresa a ser procesada por el PLC para posteriormente ser ejecutada por medio de una salida digital para que se active o se desactive una electroválvula digital.

Figura 21.

Ejemplo de un sistema de control utilizando señales digitales.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

1.4 Descripción de los componentes que integra un automatismo

Un automatismo es un circuito eléctrico mediante el cual se llevan a cabo una serie de tareas sin que una persona intervenga en su realización. La utilización de los automatismos se ha extendido tanto que los podemos encontrar en industria para controlar un proceso de fabricación como en el ámbito doméstico como por ejemplo el control de las persianas de un hogar.

Pueden existir multitud de razones mediante las cuales nos decidamos a automatizar un proceso, por ejemplo, la eliminación de una tarea concreta que puede resultar peligrosa para las personas, eliminar una tarea repetitiva durante una jornada laboral que al final puede acabar siendo tediosa, la reducción de costes de fabricación, etc.

Al automatizar un proceso se pretende conseguir una serie de objetivos, estos pueden ser:

- Aumentar la producción.
- Mejorar y mantener la calidad obtenida en un producto.
- Reducir costes de fabricación, etc.

Para describir los componentes de un sistema automatizado se realizará en base a los elementos básicos de control que son: parte de mando, parte de control.

1.4.1 Elementos de mando manuales

El pulsador

Los pulsadores son dispositivos mecánicos utilizados para realizar funciones de cierre y apertura en circuitos eléctricos. Su activación requiere la intervención directa del usuario, pero regresan automáticamente a su posición de reposo una vez que la acción cesa. Estos elementos son fundamentales en la interacción hombre-máquina, ya que facilitan la comunicación entre el operador y el sistema de control (Bolton, 2021).

Los pulsadores se clasifican según la naturaleza de su contacto en posición de no pulsados en:

- Normalmente abierto.
- Normalmente cerrado.

Interruptor

Los interruptores y conmutadores son dispositivos diseñados para conectar o desconectar instalaciones y máquinas eléctricas mediante el posicionamiento de una palanca. A diferencia de los pulsadores, estos dispositivos mantienen su posición seleccionada hasta que se realiza una nueva acción sobre ellos, permitiendo un control más sostenido de los sistemas eléctricos (Bolton, 2021).

Selector

Estos dispositivos son similares a los interruptores y conmutadores en cuanto a su funcionamiento, pero suelen incorporar un botón, palanca o llave giratoria (en algunos casos extraíble) para su operación. Esta característica los hace adecuados para aplicaciones específicas donde se requiere un control manual seguro y directo (Bolton, 2021).

1.4.2 Elementos de mando automáticos

Finales de carrera

Los finales de carrera (interruptores de posición) son pulsadores utilizados en el circuito de mando, accionados por elementos mecánicos. Normalmente son utilizados para controlar la posición de una máquina que se mueve. Desde el punto de vista del circuito eléctrico están compuestos por un juego de contactos NA (normalmente abierto) NC (normalmente cerrado) de forma que cuando son accionados cambian las condiciones del circuito.

Detectores

Los termostatos: son dispositivos diseñados para medir la temperatura de un recinto, depósito u otro medio, o para detectar si esta excede un valor predeterminado, conocido como umbral. Se emplean comúnmente

en sistemas de control para regular dicha temperatura. Estos dispositivos funcionan mediante un sensor que, al alcanzar ciertos valores de temperatura, altera el estado de los contactos eléctricos, permitiendo así el control automático del sistema (Bolton, 2021).

Presostatos: el presostato es un mecanismo que abre o cierra unos contactos que posee, en función de la presión que detecta por encima o por debajo de un cierto nivel de referencia. Esta presión puede ser provocada por aire, aceite o agua, dependiendo del tipo de presostato. Se suelen usar en grupos de presión de agua, poniendo en marcha un motor-bomba cuando la presión de la red no es suficiente.

Detectores de Nivel de Líquido: estos dispositivos son capaces de detectar si el nivel de un líquido en depósitos, piscinas u otros contenedores está por debajo de un nivel mínimo de referencia o por encima de un nivel máximo de referencia. Se emplean comúnmente en sistemas de control automático, como estaciones de bombeo, para supervisar y gestionar los límites de altura del líquido que se desea regular (Bolton, 2021).

Sensores de presencia: tienen como finalidad determinar la existencia de un objeto en un intervalo de distancia especificado. Se suelen basar en el cambio provocado en alguna característica del sensor debido a la proximidad del objeto. Básicamente son inductivos, de efecto Hall, ultrasónicos u ópticos.

Detectores de nivel de líquidos: detectan si el nivel de líquidos en depósitos, piscinas, etc., está por debajo de un nivel de referencia mínimo o por encima de un nivel de referencia máximo. De esta forma, se utilizan en el mando automático de estaciones de bombero, para comprobar la altura máxima y mínima del líquido cuyo nivel se pretende controlar.

1.4.3 Dispositivos de señalización

Pilotos de señalización

Los pilotos de señalización desempeñan un papel esencial en el diálogo hombre-máquina, al utilizarse para indicar el estado actual del sistema a través del circuito de mando. Pueden mostrar condiciones como parada, marcha o sentido de giro. Generalmente, están formados por una lámpara o un diodo encapsulado en una envoltura diseñada para adaptarse a las condiciones de trabajo. En el mercado existe una amplia variedad de pilotos disponibles, que varían según las necesidades de uso, como tensión, colores normalizados, consumo energético e iluminación (Bolton, 2021).

1.4.4 Dispositivos de regulación

Los reguladores, también conocidos como controladores, son dispositivos esenciales en sistemas de automatización, ya que permiten que una variable o magnitud física, como la velocidad de una máquina

eléctrica, la posición del eje de un motor o la temperatura de un recinto, se mantenga constantemente dentro de un rango de valores aceptables sin la necesidad de intervención directa de un operador humano. Estos dispositivos aseguran la estabilidad y el correcto desempeño de los procesos industriales (Ogata, 2020).

Un controlador electrónico: es un dispositivo (analógico o digital) que calcula la acción de control necesaria a partir de una cierta ley de control (o algoritmo de control) determinada previamente. Para ello, utiliza las señales de entrada (la consigna y el valor de la variable de salida de la planta). El típico termostato doméstico para el control de la temperatura sería un controlador electrónico.

1.4.5 Contactores y relés

Contactador y telerruptor

El contactor: es un dispositivo de conexión y desconexión, diseñado para operar a distancia y con una única posición de reposo. Vuelve a la posición de desconexión cuando cesa la acción de la fuerza que lo mantenía conectado. Este aparato interviene en el circuito de potencia a través de sus contactos principales y en la lógica del circuito de mando mediante los contactos auxiliares. El tipo más comúnmente utilizado es el contactor electromagnético, ampliamente empleado en aplicaciones industriales debido a su fiabilidad y eficiencia (Bolton, 2021).

Las aplicaciones indicadas para un contactor dependen de la denominada categoría de operación o categoría de servicio que tenga el mismo.

Esta categoría viene indicada en la carcasa del dispositivo y específica para qué tipo de cargas es adecuado el contactor. Las cuatro categorías existentes son las siguientes:

- AC1 (condiciones de servicio ligeras). Contactores indicados para el control de cargas no inductivas o con poco efecto inductivo (excluidos los motores), como lámparas de incandescencia, calefacciones eléctricas, etc.
- AC2 (condiciones de servicio normales). Indicados para usos en corriente alterna y para el arranque e inversión de marcha de motores de anillos, así como en aplicaciones como centrifugadoras, por ejemplo.
- AC3 (condiciones de servicio difíciles). Indicados para arranques largos o a plena carga de motores asíncronos de jaula de ardilla (compresores, grandes ventiladores, aires acondicionados, etc.) y frenados por contracorriente.
- AC4 (condiciones de servicio extremas). Contactores indicados en motores asíncronos para grúas, ascensores, etc., y maniobras por impulsos, frenado por contracorriente e inversión de marcha. Por

maniobras por impulsos debemos entender aquellas que consisten en uno o varios cierres cortos y frecuentes del circuito del motor y mediante los cuales se obtienen pequeños desplazamientos.

Telerruptor: también conocido como relé de remanencia, es un contactor especial cuya configuración es similar a la de un contactor convencional, pero con un funcionamiento distinto. Cada vez que se aplica tensión a su bobina, los contactos cambian de estado: si estaban abiertos, se cierran, y si estaban cerrados, se abren. Gracias a esta característica, el telerruptor permite gestionar una carga de potencia utilizando un solo pulsador para tanto la puesta en marcha como la parada del sistema. Este tipo de dispositivo es especialmente útil para simplificar la operación de circuitos eléctricos en automatización y control (Ogata, 2020).

Los relés

Podríamos decir que un relé es un aparato que hace lo mismo que el contactor, al llegarle corriente a la bobina se abren o cierran sus contactos, la diferencia es sobre todo en el tamaño y en los usos.

Las diferencias fundamentales entre los relés y los contactores son:

- Los contactores disponen de dos tipos de contactos.

- Contactos principales. Destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia.
- Contactos auxiliares. Destinados para abrir y cerrar circuitos de mando, de menor corriente eléctrica que los de potencia.

Los relés disponen únicamente de contactos auxiliares y son más pequeños que los contactores.

Los relés son elementos que suelen operar con cargas pequeñas, mientras que los contactores se conectan con cargas de gran potencia.

Relés temporizadores

También conocidos simplemente como temporizadores, son relés que permiten ajustar los tiempos de conexión y desconexión de este. La temporización puede ajustarse entre algunos milisegundos y algunas horas.

- a) Retardo a la conexión. Los contactos pasan de la posición abierto a cerrado un tiempo después de la conexión de su órgano de mando.
- b) Retardo a la desconexión. Cuando los contactos pasan de cerrado a abierto transcurrido un tiempo de retardo.

1.4.6 Dispositivos de protección

Fusibles

Son dispositivos de protección de sobreintensidad esenciales para la seguridad de los circuitos eléctricos, ya que abren el circuito cuando la intensidad de corriente que lo atraviesa supera un valor determinado, generalmente debido a una sobrecarga o un cortocircuito. Estos dispositivos, como los fusibles o los interruptores automáticos, son fundamentales para prevenir daños a los componentes del sistema y para evitar riesgos de incendio (Bolton, 2021).

Los fusibles generalmente están formados por un cartucho en cuyo interior se encuentra un elemento fusible, típicamente un hilo metálico calibrado, rodeado de un material que actúa como medio de extinción. Este cartucho se aloja en un soporte denominado portafusible, el cual también cumple la función de protector. En algunos casos, los fusibles forman parte de sistemas más complejos de protección y mando, como seccionadores o interruptores, contribuyendo a la seguridad de los circuitos eléctricos ante sobrecargas o cortocircuitos (Laughton & Warne, 2020).

Magnetotérmico

También llamado PIA (pequeño interruptor automático). Es un relé de protección de sobrecargas y cortocircuitos en la instalación.

La protección magnética se encarga de salvaguardar el circuito contra intensidades excesivas, como las que ocurren durante un cortocircuito, mientras que la protección térmica se activa ante sobrecalentamientos, que son causados por intensidades mayores a las nominales durante un tiempo determinado. Ambas protecciones son fundamentales para evitar daños en los equipos y asegurar la estabilidad del sistema eléctrico (Laughton & Warne, 2020).

El principio básico de funcionamiento de un relé térmico se basa en el uso de una lámina bimetálica compuesta por dos metales con diferentes coeficientes de dilatación térmica. Cuando la temperatura aumenta debido a una sobrecarga, la lámina bimetálica se curva hacia un lado debido a la expansión desigual de los metales. Al alcanzar un punto crítico, esta curvatura acciona un mecanismo que abre un contacto, el cual está conectado al mecanismo de disparo, desconectando el circuito y protegiéndolo así de daños por sobrecalentamiento (Bolton, 2021).

Es muy importante que el PIA que proteja un motor no corte la corriente por el pico de corriente que tienen los motores en el arranque. Para los motores se suelen utilizar magnetotérmicos de curvas disparo tipo D.

Interruptor diferencial

Un relé o interruptor diferencial es un aparato destinado a la protección de personas contra los contactos directos e indirectos. En caso de que una persona toque una parte con corriente donde no debería de tener corriente (contacto indirecto), el interruptor diferencial desconectará la instalación en un tiempo lo suficientemente corto como para no provocar daños graves a la persona. El diferencial protege a las personas contra corrientes de fuga.

La sensibilidad es el valor que aparece en catálogo y que identifica al modelo. Sirve para diferenciar el valor de la corriente a la que se quiere que "salte" el diferencial, es decir, valor de corriente de fuga que, si se alcanza en la instalación, ésta se desconectará. El tipo de interruptor diferencial que se usa en las viviendas es de alta sensibilidad (30 mA), ya que son los que quedan por debajo del límite considerado peligroso para el cuerpo humano. En la industria estos valores pueden ser de 300 mA.

Relé térmico

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del receptor (motor habitualmente) contra las sobrecargas y calentamiento. Su misión consiste en desconectar el circuito cuando la intensidad consumida por el motor supera durante un tiempo la intensidad permitida por este, evitando que el bobinado "se quemé".

Esto ocurre gracias a que consta de tres láminas bimetálicas con sus correspondientes bobinas calefactoras que cuando son recorridas por una determinada intensidad, provocan el calentamiento del bimetal y la apertura del relé. La velocidad de corte no es tan rápida como en el interruptor magnetotérmico.

Suele ir "incrustado" en el propio contactor de arranque del motor.

El relé térmico tiene 2 bornes más aparte de los 3 de potencia. Esos se conectan en serie con la bobina del contactor y son los que le cortan la corriente al mismo para apagar el motor en caso de sobrecarga.

La diferencia con el magnetotérmico es que solo protege contra sobrecalentamiento, pero no en caso de cortocircuito. Además, el relé térmico es un dispositivo que provoca el disparo del relé en caso de ausencia de corriente en una fase (funcionamiento monofásico), cosa que no detecta el magnetotérmico.

El guardamotor

Un interruptor-guardamotor es un aparato diseñado para la protección de motores contra sobrecargas y cortocircuitos. El aparato puede incorporar algunos contactos auxiliares para su uso en el circuito de mando. Dispone de un botón regulador-selector de la intensidad de protección. Suele ir conectado antes que el contactor. Realmente es un

magnetotérmico preparado para motores. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobreintensidades transitorias típicas de los arranques de los motores.

1.4.7 Motores

El elemento de salida de cualquier automatismo es uno o varios motores eléctricos. Todos los elementos del automatismo son para controlar estos motores. Los motores eléctricos puedes verlos explicados en los siguientes enlaces:

- El Motor Eléctrico.
- Motores Monofásicos.
- Motor Trifásico.

Estos son los aparatos eléctricos más usados en las instalaciones de automatismos, ahora veamos las normas para representar los automatismos en los esquemas.

1.4.8 Representación de automatismos

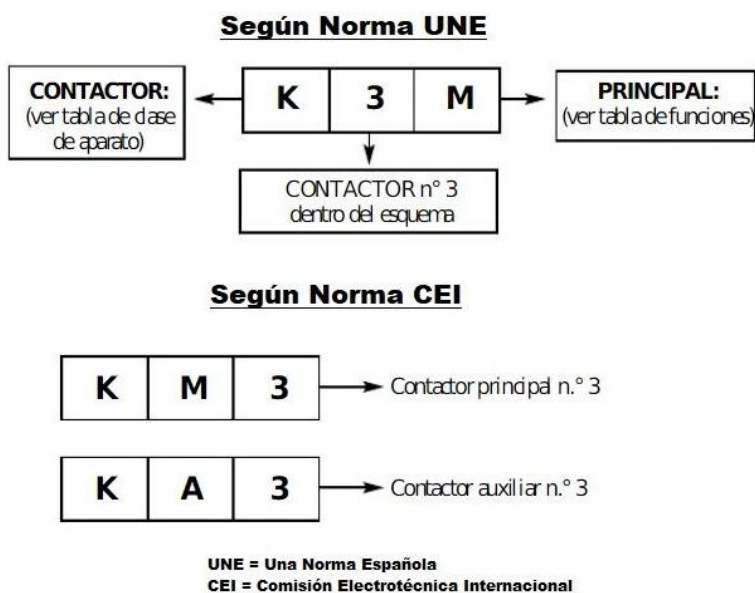
Para la identificación de aparatos de un automatismo se deberá tomar en cuenta que:

En los cuadros eléctricos se identificarán los aparatos siguiendo unas normas:

1. Una letra que indique el aparato. Más abajo puedes ver la letra para cada aparato.
2. Un número que indica el número del aparato dentro del esquema.
3. Una letra que nos indica la función del aparato. Normalmente M = Main (principal) y A = Auxiliar.

Figura 22.

Representación de automatismos.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Figura 23.*Códigos de identificación de aparatos eléctricos.*

Letra	Clase	Ejemplos de aplicación
A	Grupos constructivos, partes de grupos constructivos.	Amplificadores, amplificadores magnéticos, láser, máser, combinaciones de aparatos.
B	Convertidores de magnitudes no eléctricas en eléctricas y, al contrario.	Trasductores, sondas termoelectricas, células fotoeléctricas, dinamómetros, cristales piezoeléctricos.
C	Condensadores.	---
D	Dispositivos de retardo, dispositivos de memoria, elementos binarios.	Conductores de retardo, elementos de enlace, elementos monoestables, memorias de núcleos, registradores, memorias de discos, aparatos de cinta magnética.
E	Diversos.	Instalaciones de alumbrado, calefacción y otras no indicadas.
F	Dispositivos de protección.	Fusibles, descargador de sobretensión, relés protección y disparador.
G	Generadores.	Generadores rotativos, transformadores de frecuencia rotativos, baterías, equipos de alimentación osciladores.
H	Equipos de señalización.	Aparatos de señalización ópticos y acústicos.
K	Relés, contactores.	Relés auxiliares, intermitentes y de tiempo, contactores de potencia y auxiliares.
L	Inductividad.	Bobinas de reactancia.
M	Motores.	---
N	Amplificadores, reguladores.	Circuitos integrados.
P	Aparatos de medida, equipos de prueba.	Instrumentos de medición, registradores y contadores, emisores de impulsos, relojes.
Q	Aparatos de maniobra para altas intensidades.	Interruptores de potencia y de protección, interruptores automáticos, seccionadores bajo carga con fusibles.

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Simbología

Quien conoce la simbología de una especialidad, puede expresarse mediante los símbolos e interpretar diagramas o esquemas que apelen a los símbolos en lugar de las palabras.

1.4.9 La simbología eléctrica

La simbología es una herramienta indispensable para la representación gráfica de los procesos industriales y de los sistemas de control.

En los sistemas de control eléctrico, se emplean principalmente las normas americanas (ANSI) y las normas europeas (DIN). Sin embargo, cuando es necesario utilizar una simbología universal, se recurre al estándar internacional establecido por las normas IEC, que aseguran la uniformidad y claridad en el diseño y la documentación de los sistemas eléctricos a nivel mundial (Lynch & Stokes, 2020).

1.4.10 Estándares

Los estándares resultan de acuerdos alcanzados entre muchos y diferentes grupos nacionales e internacionales relacionados con un sector industrial particular. Estos grupos son proveedores, usuarios y gobiernos. Ellos acuerdan las especificaciones del producto y criterios relacionados con la seguridad, confiabilidad y compatibilidad de estos productos y de entre estos la simbología para representarlos (Quintal, 2016).

A continuación, se presentan algunas de estas organizaciones:

1.4.10.1 NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

NEMA (National Electrical Manufacturers Association) es una organización sin fines de lucro respaldada por fabricantes de equipos eléctricos y distribuidores. Esta organización desarrolla una serie de estándares, algunos de los cuales son específicos para la fabricación y desempeño de equipos eléctricos, garantizando la seguridad y eficiencia en su uso en diversas aplicaciones industriales (Haddad, 2019).

- Rangos de potencia en Hp.
- Velocidades.
- Tamaños de los motores y dimensiones.
- Torques y gabinetes.

Tanto NEMA (National Electrical Manufacturers Association) como IEC (International Electrotechnical Commission) son organismos que rigen los estándares para los equipos de control de motores. Sin embargo, existen diferencias en los rangos establecidos por ambas organizaciones para aplicaciones que requieren la misma cantidad de potencia en caballos de fuerza, debido a las diferentes metodologías y criterios utilizados en cada estándar (Biegel, 2021).

Los estándares más utilizados en Norte América para equipos de control de motores son los de NEMA, y pueden ser usados fácilmente

para seleccionar y garantizar productos que nos den un desempeño confiable en una gran variedad de aplicaciones.

Los usuarios de productos estandarizados por NEMA demandan confiabilidad, desempeño, fácil uso y mantenimiento.

1.5 IEC (*International Electrotechnical Commission*)

La Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC) establece y asegura acuerdos sobre los estándares internacionales en electricidad y electrónica. Estos estándares facilitan el comercio internacional de productos eléctricos y electrónicos, asegurando la interoperabilidad y calidad de los productos en mercados globales (Biegel, 2021).

Los estándares de la IEC son ampliamente utilizados en Europa. Además, muchos países de todo el mundo optan por dispositivos y maquinaria basados en IEC debido a su bajo costo, tamaño reducido y requisitos específicos de desempeño (Biegel, 2021).

Cuando se utilizan productos diseñados bajo los estándares de la IEC, el procedimiento de selección es más específico y requiere que se indique claramente cada una de las aplicaciones para alcanzar el nivel de desempeño deseado (Biegel, 2021).

Usted puede utilizar los estándares IEC o NEMA para seleccionar los dispositivos de control para motores y lograr el máximo desempeño y productividad. Sin embargo, es crucial entender las

diferencias entre ambos estándares para alcanzar los resultados deseados (Biegel, 2021).

1.6 *DIN (Deutsches Institut für Normung o Deutsches Industrienormen)*

El Instituto Alemán para la Estandarización, o normas alemanas para la industria, DIN, opera como una organización que busca representar los intereses de la industria y el gobierno alemán, con un impacto tanto a nivel nacional como internacional (Biegel, 2021).

1.6.1.1 *ANSI (American National Standards Institute)*

Este instituto facilita y promueve el uso de los estándares de los Estados Unidos a través del mundo. Éste representa al gobierno y negocios, internacionalmente a través de ISO y de la IEC.

A través de ANSI, los estándares de los Estados Unidos son trasladados a la ISO o IEC, donde a menudo son adoptados como estándares internacionales (Biegel, 2021).

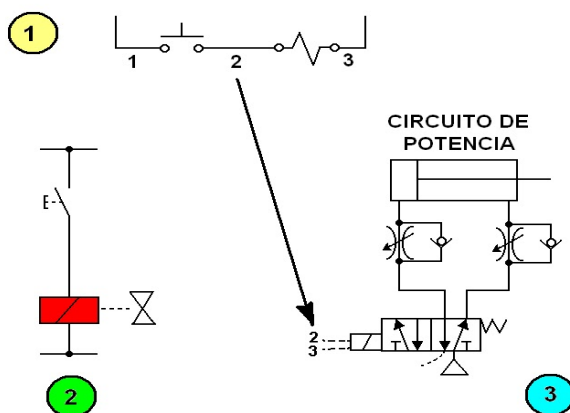
1.6.2 *Diagramas*

Los diagramas son representaciones gráficas, que nos facilitan la interpretación del funcionamiento de las maquinas. Por lo general existen dos tipos de diagramas ya que hay dos tipos de circuitos. El de control (también llamado de mando) y el de potencia.

En el diagrama de la Figura 24 el circuito de control es eléctrico y circuito de potencia es neumático.

Figura 24.

Diagrama de control y potencia neumático.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

En el diagrama se muestran dos representaciones de un mismo circuito (circuito de control 1 y 2), el número 1 es con simbología americana, y el número 2 con simbología europea.

En algunos países europeos los diagramas de control (Figura 24/2), se leen de arriba hacia abajo.

Los diagramas de potencia se leen de abajo hacia arriba (Figura 24/3) ya que la fuente de potencia fluídica se encuentra en la parte inferior.

La fuente de la potencia fluida se representa con una punta de flecha en este caso por ser aire comprimido va de color blanco.

Después de la válvula de control de dirección.


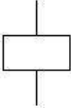

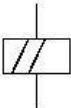

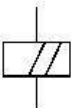
Tanto a la salida como a la entrada del cilindro de doble efecto, se tienen válvulas de regulación que regulan la velocidad de salida y de entrada del vástago del cilindro.

1.6.3 Relación de símbolos americanos y europeos

El relé

Figura 25.

Diagrama de relé.







Relé		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
Relé		
Relé enclavado		
Relé desenclavado		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Solenoides y contactos NA/ NC

Figura 26.

Diagrama de Solenoide y contactos.


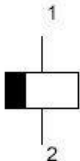
Solenoide		Contactos NA/NC		
Símbolo americano	Símbolo europeo		Símbolo americano	Símbolo europeo
		NA		
		NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Temporizador a la desconexión

Figura 27.

Diagrama de Temporizador a la desconexión.


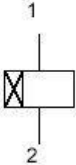
Temporización a la desconexión	
Símbolo americano	Símbolo europeo
	

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Temporizador a la conexión

Figura 28.

Diagrama de temporizador a la conexión.



Temporización a la conexión	
Símbolo americano	Símbolo europeo
	

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Indicador luminoso

Figura 29.

Diagrama de indicador luminoso.



Indicador luminoso	
Símbolo americano	Símbolo europeo
	

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Elemento de calefacción

Figura 30.

Diagrama de elemento de calefacción.

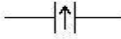

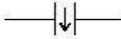

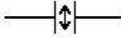

Elemento de calefacción	
Símbolo americano	Símbolo europeo
	

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Contactos de flanco ascendente y descendente

Figura 31.

Diagrama de elemento de contactos de flancos.



Contactos de flanco ascendente/descendente		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
Flanco ascendente		
Flanco descendente		
Flanco ascendente y descendente		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Relé de sobre carga

Figura 32.

Diagrama de relés de sobrecarga.













Relé térmico de sobrecarga	
Símbolo americano	Símbolo europeo
	

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Contactos temporizados

Figura 33.

Diagrama de contactos temporizados.

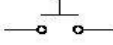

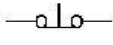

	Símbolo americano	Símbolo europeo
Temporizado a la desconexión NA		
Temporizado a la desconexión NC		
Temporizado a la conexión NA		
Temporizado a la conexión NC		
Temporizado a la desconexión y a la conexión NA		
Temporizado a la desconexión y a la conexión NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Pulsadores

Figura 34.

Diagrama de pulsadores.

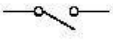

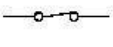
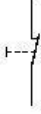
Pulsador NA/NC		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Interruptores

Figura 35.

Diagrama de interruptores.

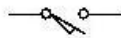
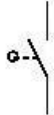
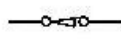
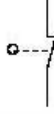
Interruptores NA/NC		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Figura 36.

Diagrama de interruptores posición mecánica.

Interruptores de posición mecánica NA/NC

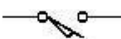
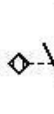

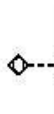
	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Figura 37.

Diagrama de interruptores de proximidad.

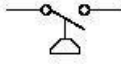

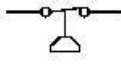
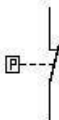
Interruptores de proximidad NA/NC

	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Figura 38.


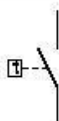
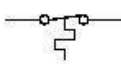

Diagrama de interruptores de presión.

Interruptores de presión NA/NC		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Figura 39.

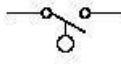

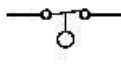
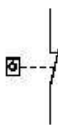
Interruptores térmicos.

Interruptores térmicos NA/NC		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Figura 40.

Interruptores de nivel.



Interruptores de nivel NA/NC		
	Símbolo americano	Símbolo europeo
NA		
NC		

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Térmicos

Figura 41.

Relés térmicos de sobrecarga.


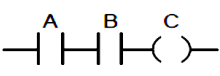

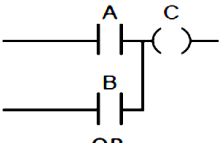

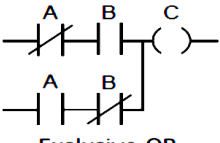

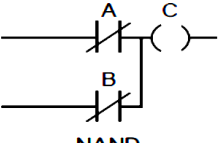

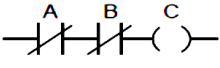
Relé térmico de sobrecarga	
Símbolo americano	Símbolo europeo
	

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Diagramas lógicos y Ladder

Figura 42.

Equivalencias de diagramas lógicos y Ladder.

Logic Diagram	Truth Table	Ladder Diagram															
 <p>AND Gate</p>	<table border="1" data-bbox="598 523 792 637"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	 <p>AND Equivalent Circuit</p>
A	B	C															
0	0	0															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															
 <p>OR Gate</p>	<table border="1" data-bbox="598 733 792 847"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	 <p>OR Equivalent Circuit</p>
A	B	C															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	1															
 <p>Exclusive-OR Gate</p>	<table border="1" data-bbox="598 942 792 1056"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	 <p>Exclusive-OR Equivalent Circuit</p>
A	B	C															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
 <p>NAND Gate</p>	<table border="1" data-bbox="598 1151 792 1266"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	 <p>NAND Equivalent Circuit</p>
A	B	C															
0	0	1															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															
 <p>NOR Gate</p>	<table border="1" data-bbox="598 1361 792 1475"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	 <p>NOR Equivalent Circuit</p>
A	B	C															
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	0															

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por J. Quintal, 2016.

Actividades Unidad 1

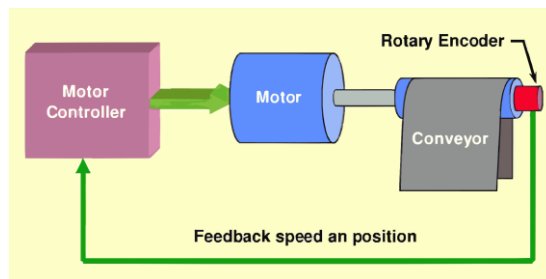
Actividad 1: Preguntas:

1. ¿Qué es el Modicon (MODular DIGital CONTroller)?
2. ¿En qué década fue instalado el primer PLC en la planta de General Motors?
3. ¿A qué se refiere el protocolo MAP?
4. ¿Qué es lo que busca impulsar en la industria?
5. ¿Qué es un sistema de control?
6. ¿De qué consta un sistema automatizado?
7. ¿Qué elementos intervienen en la parte Operativa?
8. ¿Cuál es la definición de Servomecanismo?
9. ¿Qué entiende por Perturbación?
10. ¿Qué es un sistema de control de lazo cerrado?
11. ¿Cuál es la diferencia entre una Señal Análoga y una Señal Discreta?
12. ¿Cuál es la diferencia entre un sistema de control manual y un automático?
13. ¿Qué elementos integran los dispositivos de señalización?
14. ¿Cuál es la forma de representar los elementos de los automatismos?
15. ¿Cuál es la diferencia principal en la normativa europea y La americana para la representación de diagramas eléctricos de automatizamos?

Actividad 2: Ejercicios prácticos

1.- Desarrollar un sistema de control de lazo abierto en la que se pueda controlar el riego de un invernadero. Realice el diagrama de bloques respectivo e identifique sus partes.

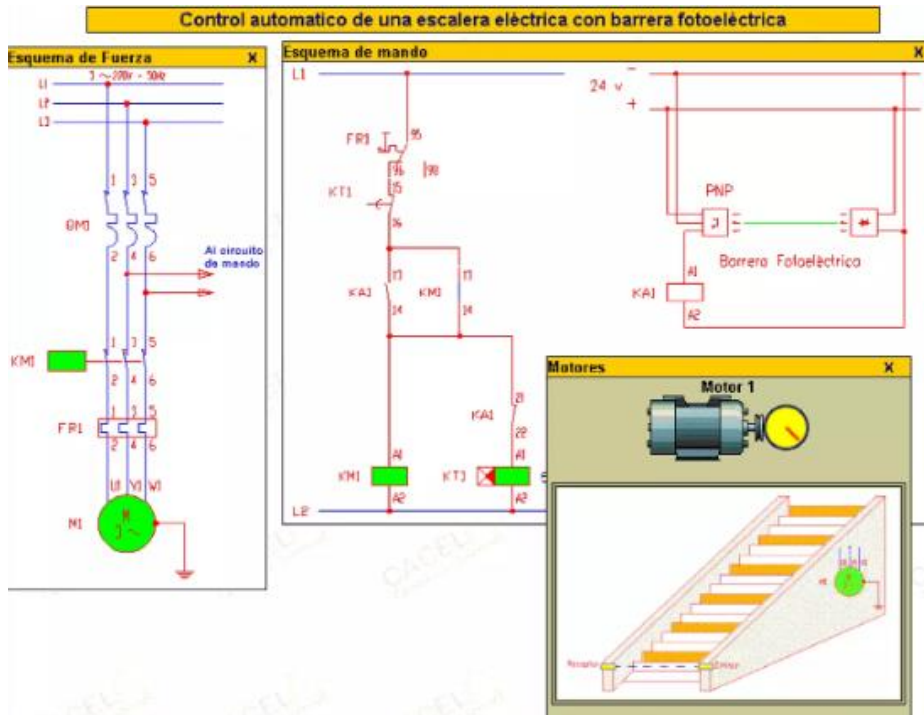
2.- Dado el siguiente sistema verificar a que sistema de control corresponde realizando un diagrama de bloques.



3.- Realice un esquema de un sistema de control para mantener una temperatura constante de 40 °C, mencione que elementos se necesita y explique su funcionamiento

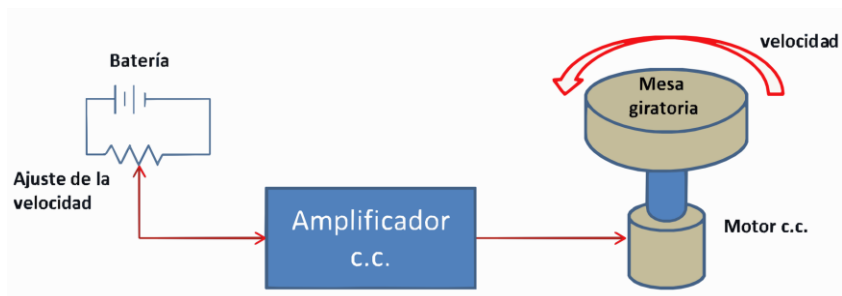
4.-Realizar la conversión de las coordenadas generadas en el primer ejercicio a coordenadas cilíndricas

5.- Dado el siguiente esquema eléctrico verifique cuál es el funcionamiento de este según los elementos eléctricos que lo conforman.



Actividad 3: Autoevaluación

1.- Dado el siguiente sistema, realice el diagrama de control correspondiente:



2.- Llene la siguiente tabla en base a sus conocimientos:

COMPUERTA	DIAGRAMA EN CONTACTOS LADDER	DIAGRAMA EN CONTACTOS BOQUES DE PROGRAMACIÓN
NOR		
XOR		
XNOR		
SR		

3.- Los elementos de un sistema básico de control pueden ser:

- a) Control, actuador, sensor.
- b) Control, actuador, planta.
- c) Control, sensor, transductor.

4.- ¿Los sistemas control transforman las señales de consigna en señales de control?

Verdad

Falso

¿Por qué?:

5.- ¿El ser humano tiene un sistema control?

Verdad

Falso

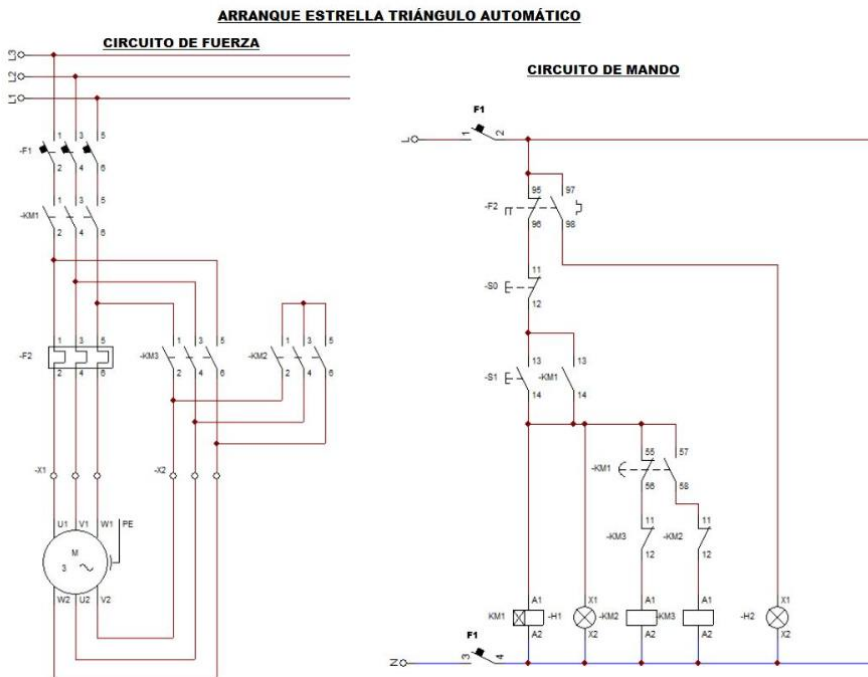
Porqué?:

6.- La definición “sistema de control realimentado en el que la entrada de referencia y/o la salida deseada varían lentamente con el tiempo”. ¿A qué elemento hace referencia?

- a) Sistema de regulación automática.
- b) Control en lazo abierto.
- c) Realimentación.

7.- Realice un sistema de control por bloques en la que se pueda eliminar la perturbación del medio.

8.- Dado el siguiente sistema identificar que realiza el mismo.



UNIDAD 2

Estructura de los controladores lógicos programables PLC'S



2

Unidad 2

Unidad 2: Estructura de los controladores lógicos programables PLC'S

Resultados de aprendizaje:		Comprende los principios de funcionamiento de un PLC		
Contenidos de la unidad 2	Horas/ Semana	Actividades de aprendizaje		
		Actividades de docencia	Actividades de aplicación / Prácticas	Actividades de trabajo autónomo
<ul style="list-style-type: none"> - Reseña de la evolución de los PLC. - Características generales de los PLC. - Campos de Aplicación. - Estructura física del PLC. - Configuración y direccionamiento del PLC. - Introducción a las redes de comunicación entre autómatas. 	18 horas 3 semanas	<ul style="list-style-type: none"> - Videoconferencia relacionada a los contenidos de la unidad en curso. - Aprendizaje con simulación y videos. - Tutorías síncronas y asíncronas personalizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocimiento de la estructura de un autómata. - Identificación de sistemas de control de lazo abierto y lazo cerrado. - Manejo simbología industrial de automatismos para la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultas online. - Foros. - Chats. - Blogs. - Cuestionario.

Metodología

Estrategia metodológica	Recursos didácticos
Constructivista-participativa	Diapositivas
Aprendizaje basado en problemas	Bibliografía Guías prácticas Internet Manuales Guía didáctica
Aprendizaje en línea	Aula virtual Herramientas web 2.0 Internet Guía didáctica
Aprendizaje por descubrimiento	Guía didáctica Manuales Internet Periódicos Bibliografía Guías prácticas

Ponderación para la evaluación del estudiante

Criterios de Evaluación: Se analiza el desempeño del estudiante al comprobar los conocimientos alcanzados a través de las actividades de aprendizaje planteadas			
Métodos	Diagnóstica	Formativa	Sumativa
Técnicas	Documentación	Encuesta	Análisis de grabación de audio o video
	Encuesta	Evaluación compartida o colaborativa	Evaluación compartida o colaborativa
	Autoevaluación	Documentación	Observación directa del alumno
Instrumentos	Cuestionario	Cuestionario	Cuestionario
	Exposiciones	Pruebas orales de actuación	Examen
	Entrevista	Informes	Prueba objetiva
	Foros de discusión	Trabajo escrito	Actividades prácticas
Ponderación	N/A	65%	35%

Desarrollo de la unidad estructura de los controladores lógicos programables PLC'S

2.1 Reseña de la evolución de los PLC

Una reseña más amplia se enfatiza a inicio del capítulo de la unidad 1, en la misma se realiza una reseña a partir de los años 60.

El control automático, como actualmente lo conocemos, tiene su primer antecedente en el Regulador de Watt, el famoso sistema que controlaba la velocidad de una turbina de vapor en el año 1774. A partir de aquel regulador, se desarrollaron innumerables aplicaciones prácticas.

Las industrias de procesos contiguos tuvieron sus primeras necesidades al requerir mantener las variables de proceso en un determinado rango, a fin de lograr los objetivos de diseño.

En las primeras etapas de la industrialización, el control de las variables de proceso se realizaba de manera manual, con operadores que observaban el estado de las operaciones a través de indicadores situados en cañerías, recipientes y equipos. Este enfoque requería la intervención constante de los operadores para asegurar el correcto funcionamiento del sistema (Roca Cusido, 2023).

El operador conocía el valor deseado de la variable a controlar, y en función del error tomaba acciones correctivas sobre un elemento final de control a fin de minimizarlo.

Por supuesto, el control manual era descentralizado. Cuando las plantas de producción crecieron y se tornaron más complejas, se requirió cada vez mayor cantidad de mano de obra.

El primer intento de reemplazar al hombre en las tareas de control se llevó a cabo mediante el uso de elementos mecánicos. Mecanismos como las válvulas de control de nivel a flotante permitieron a los operadores delegar estas funciones de forma automática (Beasley, 2022).

Sin embargo, el hecho de que el elemento mecánico de control estuviera ubicado directamente sobre el proceso mantenía la necesidad de que los operadores acudieran al campo para conocer el verdadero estado de las variables, además de exponer los elementos de regulación

a las condiciones ambientales, lo que comprometía su precisión y durabilidad (Beasley, 2022).

A medida que las plantas crecían, surgió la necesidad de obtener más información de manera ordenada y accesible. Así, comenzaron a aparecer los primeros tableros de control, ubicados frecuentemente cerca de los equipos de proceso y transportando las variables a medir hasta el indicador instalado en el panel (Beasley, 2022).

2.2 Características generales de los PLC

En esta sección se dará una definición de un PLC, así como también se podrá verificar que tipo de señales maneja, su clasificación, la forma general en la que trabaja en base a sus características.

2.2.1 ¿Qué es un PLC?

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos, un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, lo que permite la implementación de funciones específicas como lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas, con el objetivo de controlar máquinas y procesos (Smith, 2023).

Un PLC también se puede definir como un equipo electrónico que ejecuta un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar tareas de mayor prioridad, pero lo más importante es garantizar la ejecución completa del programa principal. Estos controladores se utilizan en ambientes industriales donde la toma de decisiones y acciones debe ser rápida, para responder en tiempo real (Brown & White, 2022).

Los PLC son utilizados en aplicaciones donde se requieren tanto controles lógicos como secuenciales, o ambos de manera simultánea. Estos dispositivos permiten gestionar de forma eficiente tareas complejas de control en diversos sistemas industriales (Smith & Johnson, 2023).

En la Figura 43 se puede mostrar un PLC básico más utilizado es un logo de Siemens en este caso en la versión 8.

Figura 43.

PLC LOGO! V8.



Nota. Fuente: Autores.

2.2.2 Tipo de señales físicas que maneja un PLC

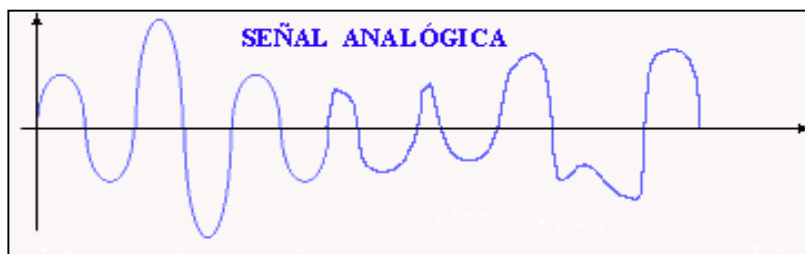
Existen dos tipos de señales físicas que maneja un PLC dentro su capacidad para poder recibirlas, acondicionarlas e interpretarlas. Estas dos señales son: La señal analógica y la señal digital, no todos los PLCs tienen la posibilidad de tener la capacidad de leer ambas señales ya que esto dependerá del tipo, marca y el costo del PLC, por lo general un PLC básico posee solo entradas digitales.

2.2.2.1 Señales analógicas

La velocidad, temperatura, presión, caudal, luminosidad; son señales continuas en el tiempo (o sea que no se interrumpen en ningún momento). A este tipo de señales se las denomina: “señales analógicas”, en la Figura 44 se puede ver un ejemplo de este tipo de señales.

Figura 44.

Señal analógica.



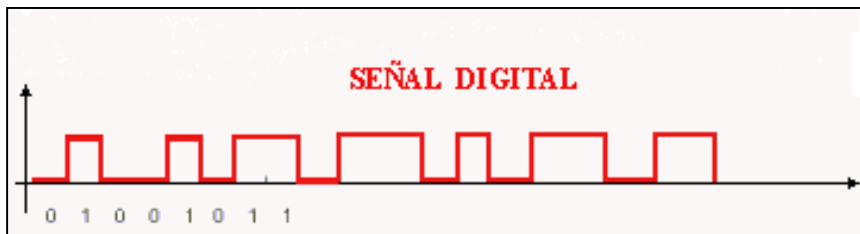
Nota. Fuente: Autores.

2.2.2.2 Señales digitales

Cuando la señal depende de un evento, como por ejemplo presionar la llave de luz (existe o no existe). Se fundamenta en dos posible únicos estados un estado en alto y un estado en bajo A estas se las llaman: “señales digitales”.

Figura 45.

Señal digital.



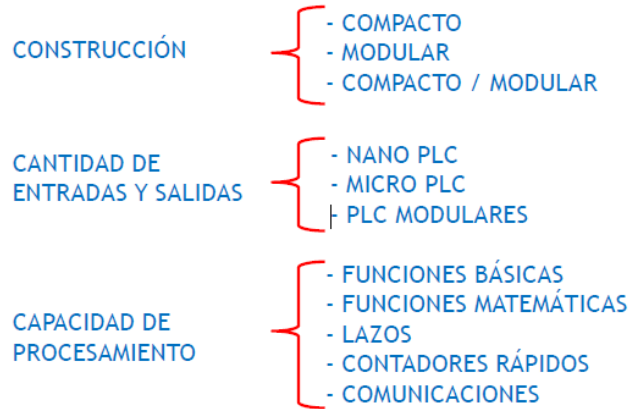
Nota. Fuente: Autores.

2.2.3 Clasificación de un PLC

Según un criterio básico de clasificación podemos catalogar a un PLC o controlador lógico programable, esta clasificación la podemos observar en la Figura 46.

Figura 46.

Clasificación básica de un PLC.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

2.2.3.1 Por su construcción

PLCs Compacto. Tienen todas sus componentes electrónicas en un solo compartimiento.

Figura 47.

PLCs compactos.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

PLCs modulares. Las E/S (entradas, salidas) son módulos o tarjetas independientes con varias E/S, que se acoplan al bus con conectores. Cada módulo debe ser adquirido por separado.

Permite tener un PLC mucho más adaptado a las necesidades reales, pero por lo general suele ser una solución más cara. Se suele emplear en modelos de PLC de gama alta donde el precio no es el inconveniente mayor.

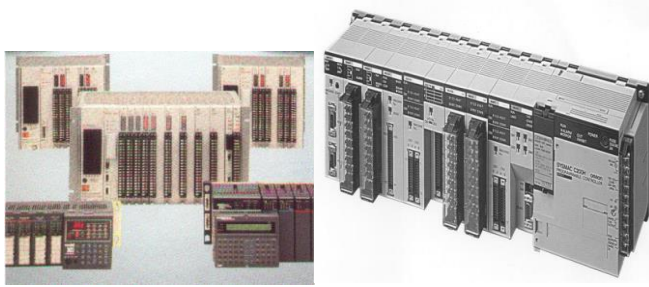
Existen dos estructuras de PLC modulares:

- Estructura americana: en la cual se separan los módulos de entrada/salida del resto del PLC es decir del CPU y la fuente.
- Estructura Europea: cada módulo realiza una función específica; es decir, un módulo es el CPU, otro la fuente de alimentación, etc.

Rieles normalizados. Tanto los PLC de estructura modular como los de estructura compacta, nos dan la posibilidad de fijar sus distintos módulos en rieles normalizados.

Figura 48.

PLCs Modulares.

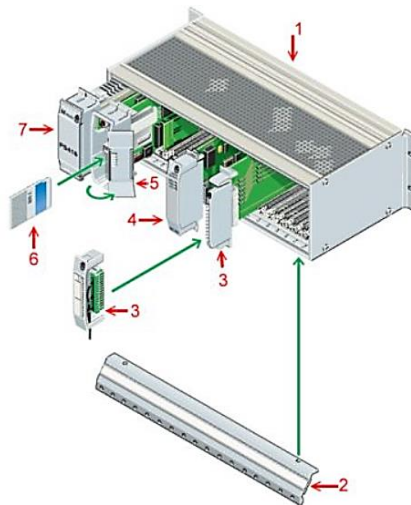


Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Un ejemplo de los elementos de un PLC modular podemos mostrar en la figura 49.

Figura 49.

PLCs modulares y sus partes.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Según la figura 49 podemos listar:

1. Rack.
2. Barra de compensación de potencial.
3. Tarjetas de entradas y salidas.
4. Tarjetas de comunicación.
5. CPU.
6. Tarjeta de memoria.
7. Tarjeta de fuente de alimentación.

2.2.3.2 Por su cantidad de entradas y salida

Podemos dividir a esta sección en tres, esto dependiendo de la gama de la marca del PLC, y estas a su vez estarán definidas por el número de entradas y salidas:

Gama baja. Con un número de entradas y salidas menores a 256.

Gama media. Con un número de entradas y salidas entre 256 y 1024.

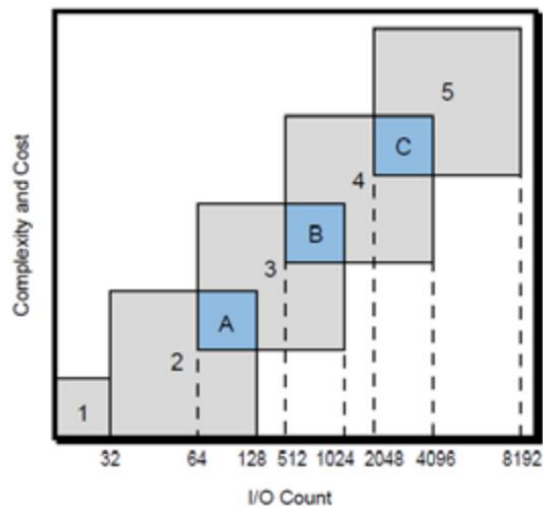
Gama alta. Con un número de entradas y salidas mayores a 1024.

El mercado de los PLCs puede ser segmentado en cinco grupos como se muestra en la Figura 50.

1. Micro PLCs.
2. PLCs pequeños.
3. PLCs medios.
4. PLCs grandes.
5. PLCs muy grandes.

Figura 50.

Segmentación de los PLCs.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

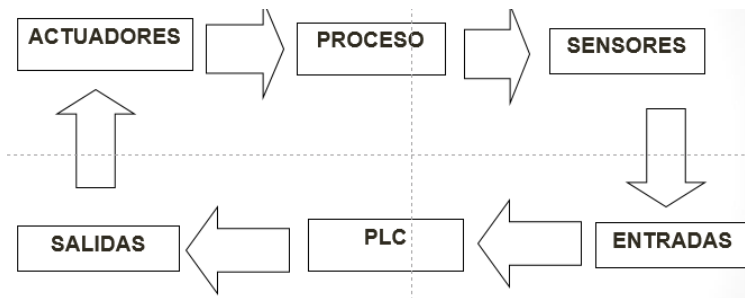
2.2.4 Proceso controlado por PLC

El ciclo de trabajo de un controlador lógico programable siempre estará a la espera de una respuesta de una excitación externa del medio externo para según esta poder ejecutar una orden o proceso programado

en su memoria. En la Figura 51 se puede observar el esquema de un proceso controlado por PLC.

Figura 51.

Esquema de un proceso controlado por un PLC.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

2.3 Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo, para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización. Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras.

Sus reducidas dimensiones, la extrema facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de estos, hace que su eficacia se aprecie principalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maquinaria industrial de plástico.
- Máquinas transfer.
- Maquinaria de embalajes.
- Maniobra de instalaciones: instalación de aire acondicionado, calefacción.
- Instalaciones de seguridad.
- Señalización y control.

En general se puede ver sus aplicaciones en tres grandes sectores, que cuya finalidad es la de realizar un proceso automatizado en la que ayude a mejorar la producción en costos y servicios. Estos tres sectores son:

Sector industrial.

Figura 52.

El PLC en el campo industrial de montaje automatizado.

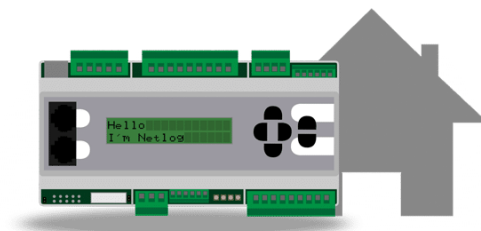


Nota. Adaptado de *Brazos robóticos en la industria automotriz, la tecnología del futuro al servicio de la producción*, por Gobierno del Estado de Guanajuato, 2022. <https://puertointerior.guanajuato.gob.mx/blog/2023/07/21/brazos-roboticos-en-la-industria-automotriz-la-tecnologia-del-futuro-al-servicio-de-la-produccion/>

Sector de la domótica.

Figura 53.

El PLC Netsyst ocupado en la domótica.



Nota. Adaptado de *Netsyst Controllori programmabili IEC61131-3 (PLC)*, por Elsist.biz (s. f.). <https://www.elsist.biz/prodotti/netsyst/>

Sector de micro producción.

Figura 54.

Un PLC ocupado en invernaderos.



Nota. Adaptado de *Control y automatización de un sistema de bombeo de un invernadero para el desarrollo, cultivo e investigación de flora*, por R. M. Díaz Estrada, L.D. García Cornejo y D. A. Espinoza Sánchez (2011). <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10024/1/111.pdf>

2.4 Estructura física del PLC

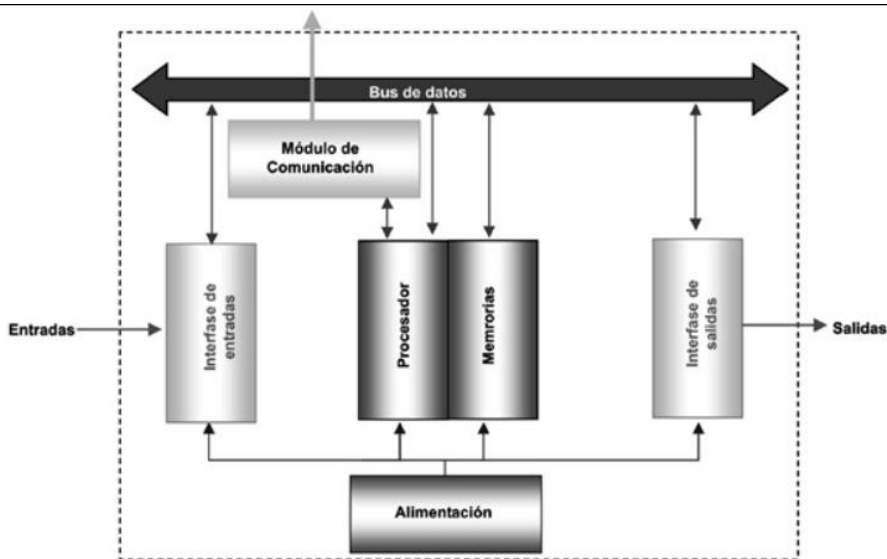
La estructura básica de un PLC está compuesta por:

- La CPU.
- Las interfaces de entradas.
- Las interfaces de salidas.

Esta estructura se puede observar en la Figura 55.

Figura 55.

Estructura básica de un PLC.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

En base a la Figura 55 podemos dar a conocer el significado de cada parte que compone la estructura de un PLC.

2.4.1 Procesador

El procesador es el “cerebro” del PLC, encargado de ejecutar el programa desarrollado por el usuario, gestionando las tareas y operaciones que permiten el control del proceso (Smith & Johnson, 2023).

Tareas principales

- Ejecutar el programa realizado por el usuario.
- Administración de la comunicación entre el dispositivo de programación y la memoria, y entre el microprocesador y los bornes de entrada/ salida.
- Ejecutar los programas de autodiagnósticos.

Para realizar todas estas tareas, el procesador requiere un programa escrito por el fabricante, denominado sistema operativo. Este programa no es accesible para el usuario y se encuentra almacenado en una memoria no volátil, la cual mantiene la información incluso sin alimentación eléctrica (Smith & Johnson, 2023).

2.4.2 Memoria

Los PLC deben ser capaces de almacenar y recuperar información, y para ello disponen de memorias, que consisten en miles de localizaciones donde se puede almacenar información. Estas localizaciones están organizadas de manera eficiente. En las memorias, el PLC debe ser capaz de almacenar diversos tipos de datos (Hernández & Martínez, 2022).

Datos del proceso

- Señales de entradas y salidas.

- Variables internas, de bit y de palabra.
- Datos alfanuméricos y constantes.

Datos de control

- Instrucciones de usuario, programa.
- Configuración del autómata.

Tanto el sistema operativo como el programa de aplicación, las tablas o registros de entradas/ salidas y los registros de variables o bits internos están asociados a distintos tipos de memoria.

La capacidad de almacenamiento de una memoria suele cuantificarse en bits, bytes (grupo de 8 bits) o words (grupo de 16 bits) (González, 2021).

- Un bit es una posición de memoria que puede tomar valor “0” ó “1”.
- Un byte son 8 posiciones de memoria agrupadas.
- Una palabra o word son 16 posiciones de memoria agrupadas.

El sistema operativo viene grabado por el fabricante. Como debe permanecer inalterado y el usuario no debe tener acceso a él, se guarda en una memoria como las ROM (Read Only Memory), que son memorias cuyo contenido no se puede alterar, incluso con ausencia de alimentación (González, 2021).

2.4.2.1 Tipos de memoria

La memoria de datos

También llamada tabla de registros se utiliza tanto para grabar datos necesarios a los fines de la ejecución del programa, como para almacenar datos durante su ejecución y/o retenerlos luego de haber terminado la aplicación. Este tipo de memorias contiene la información sobre el estado presente de los dispositivos de entrada y salida (González, 2021).

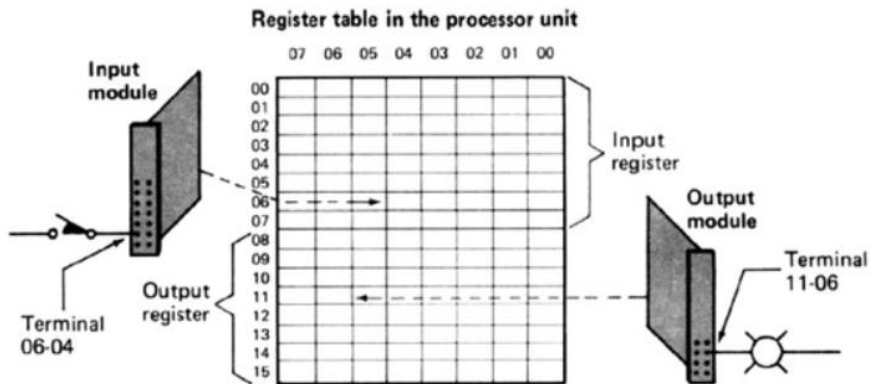
Si un cambio ocurre en los dispositivos de entrada o salida, ese cambio será registrado inmediatamente en esta memoria.

En resumen, esta memoria es capaz de guardar información originada en el microprocesador incluyendo: tiempos, unidades de conteo y relés internos.

En la Figura 56 se puede ver como los terminales de entrada o de salida están relacionados con una localización específica en el registro de entradas/ salidas.

Figura 56.

Registro de tabla en la unidad de procesos.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Los bornes de conexión de los PLC tienen la misma identificación que la dirección de los registros. Por ejemplo, los bornes de la entrada 001 están relacionados con el lugar de la memoria de datos que se encuentra en la palabra 00, bit 01. Como puede verse, esta codificación asigna a una única entrada o salida, una terminal y consecuentemente un dispositivo de entrada o salida (González, 2021).

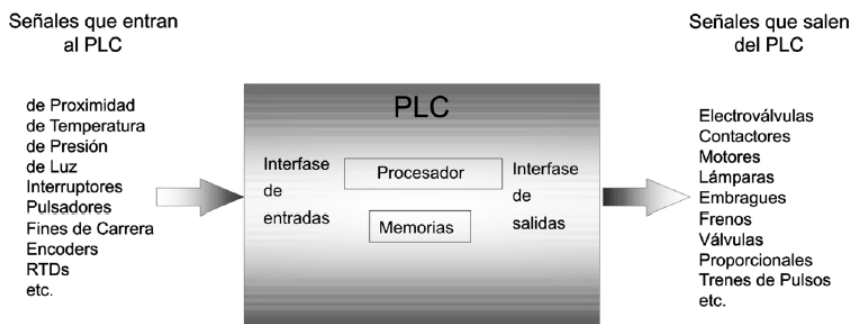
Memoria del usuario

Es la memoria utilizada para guardar el programa. El programa construido por el usuario debe permanecer estable durante el funcionamiento del equipo, además debe ser fácil de leer, escribir o borrar. Por eso es por lo que se usa para su almacenamiento memorias tipo RAM, o EEPROM. A estas memorias se las llama memoria del

usuario o memoria de programa. En el caso de usar memorias tipo RAM será necesario también el uso de pilas, ya que este tipo de memoria se borra con la ausencia de alimentación. En el caso de usar memorias EEPROM, la información no se pierde al quitar la alimentación (González, 2021).

Figura 57.

Proceso de ejecución de memorias.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

La velocidad con que se pueden escribir y leer el estado de las entradas y salidas juega un papel importante en la velocidad de operación del PLC, por tal motivo, para guardar esta información se utilizan memorias tipo RAM (Random Access Memory), que son muy rápidas (González, 2021).

2.4.3 Entradas y salidas

2.4.3.1 Dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada y salida son aquellos equipos que intercambian (o envían) señales con el PLC. Cada dispositivo de entrada es utilizado para conocer una condición particular de su entorno, como temperatura, presión, posición, entre otras. Entre estos dispositivos podemos encontrar: sensores inductivos magnéticos, ópticos, pulsadores, termocuplas, termoresistencias, encoders, etc., (González, 2021).

2.4.3.2 Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida son aquellos que responden a las señales que reciben del PLC, cambiando o modificando su entorno. Entre los dispositivos típicos de salida podemos hallar:

- Contactores de motor.
- Electroválvulas.
- Indicadores luminosos o simples relés.

Generalmente, los dispositivos de entrada, los de salida y el microprocesador trabajan en diferentes niveles de tensión y corriente. En este caso, las señales que entran y salen del PLC deben ser acondicionadas a las tensiones y corrientes que maneja el

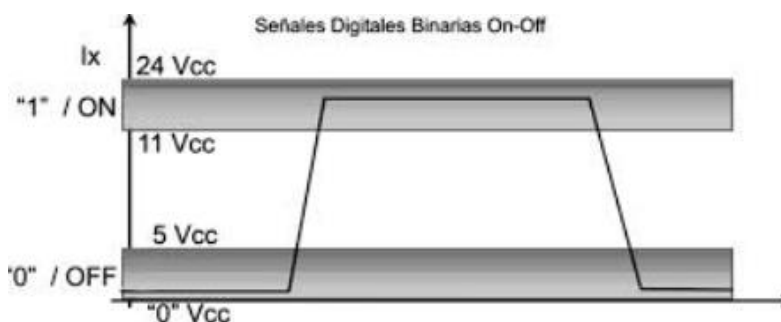
microprocesador, para que éste las pueda reconocer. Ésta es la tarea de las interfaces o módulos de entrada o salida (González, 2021).

2.4.3.3 Entradas digitales

También llamadas binarias u “On-Off”, son las que pueden tomar sólo dos estados: encendido o apagado, estado lógico 1 ó 0. Los módulos de entradas digitales trabajan con señales de tensión. Cuando por un borne de entrada llega tensión, se interpreta como “1” y cuando llega cero tensiones se interpreta como “0”. Existen módulos o interfaces de entradas de corriente continua para tensiones de 5, 12, 24 ó 48 VCC y otros para tensión de 110 ó 220 VCA (Smith, 2022).

Figura 58.

Proceso de ejecución de memorias.



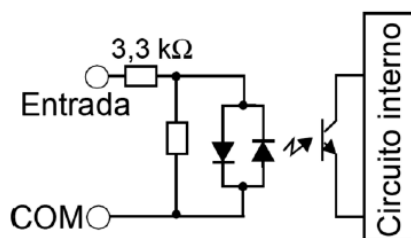
Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Los PLC modernos cuentan con módulos de entrada que permiten conectar dispositivos con salida PNP o NPN de manera indistinta. La diferencia entre estos dispositivos radica en cómo se

conecta la carga (en este caso, la entrada del PLC) respecto al neutro o al positivo. Los dispositivos con salida PNP suministran corriente al dispositivo de entrada, mientras que los de salida NPN extraen corriente de la carga (Brown & Green, 2021).

Figura 59.

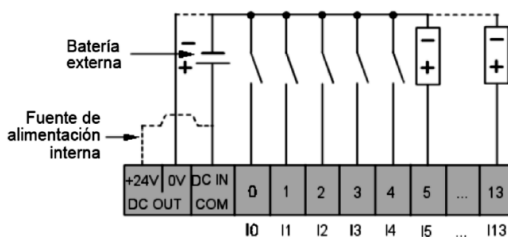
Entrada de común positivo o negativo estándar.



Nota. Adaptado de Automación Micromecánica S.A.I.C., por M. Moreno, 2020.

Figura 60.

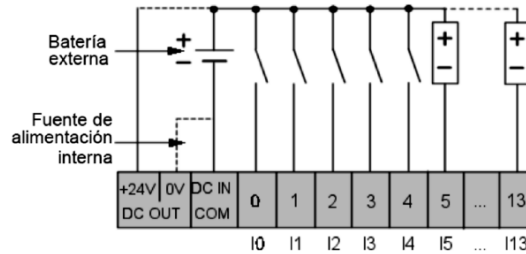
Esquema de cableado de entradas de común negativo de CC de un PLC TWIDO.



Nota. Adaptado de Automación Micromecánica S.A.I.C., por M. Moreno, 2020.

Figura 61.

Esquema de cableado de entradas de común positivo de CC de un PLC TWIDO.



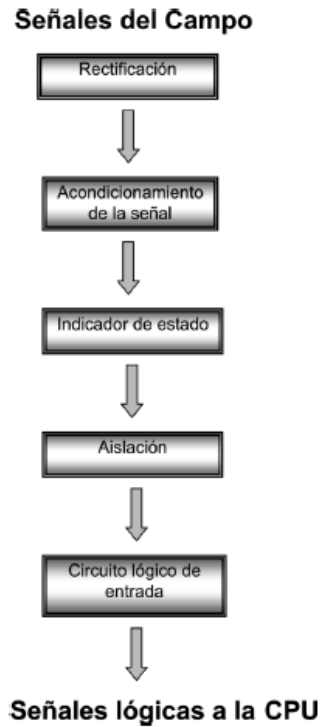
Nota. Adaptado de Automación Micromecánica S.A.I.C., por M. Moreno, 2020.

Las señales digitales, a diferencia de las señales analógicas, no varían de manera continua, sino que cambian en pasos o incrementos discretos dentro de su rango. La mayoría de las señales digitales emplean códigos binarios o de dos estados, lo que las hace fácilmente interpretables por los sistemas electrónicos y computacionales (Smith, 2022).

Las entradas discretas, tanto las de corriente continua como las de corriente alterna, se componen de una estructura típica que se puede descomponer en varios bloques funcionales. Estos bloques son esenciales para garantizar que las señales de entrada sean correctamente procesadas y convertidas en datos útiles para el PLC (Martínez, 2021).

Figura 62.

Estructura típica de captación de señales de un PLC.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Cuando la señal llega hasta los bornes del PLC, debe atravesar todos estos bloques. El tiempo que le toma recorrer este camino se denomina tiempo de respuesta de la entrada (González, 2020).

Un aspecto por analizar es el mínimo tiempo de permanencia o ausencia de una señal requerido para que el PLC la interprete como 0 o 1. Si una variable de proceso pasa al estado lógico 1 y retorna al estado

0 en un tiempo inferior al tiempo de respuesta de la entrada, es posible que el PLC no llegue a leerla (González, 2020).

2.4.3.4 Entradas analógicas

Estos módulos o interfaces admiten como señal de entrada valores de tensión o corriente intermedios dentro de un rango, que puede ser de 4- 20 mA, 0-5 VCC o 0-10 VCC, convirtiéndola en un número. Este número es guardado en una posición de la memoria del PLC.

Los módulos de entradas analógicas son los encargados de traducir una señal de tensión o corriente proveniente de un sensor de temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición, o cualquier otra magnitud física que se quiera medir en un número para que el PLC la pueda interpretar. En particular, es el conversor analógico-digital (A/D) el encargado de realizar esta tarea. Una entrada analógica con un conversor A/D de 8 bits podrá dividir el rango de la señal de entrada en 256 valores (28) (López, 2019).

Ejemplo:

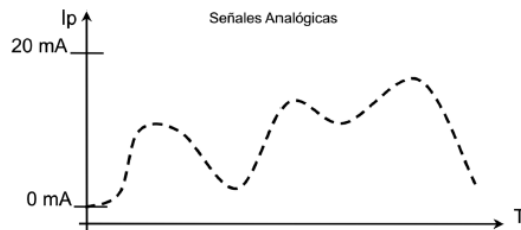
Si la señal de entrada es de una corriente entre 4 y 20 mA la resolución será de $(20-4)/256 = 0.0625$ mA. Recordemos que se define como resolución al mínimo cambio que un conversor puede discriminar en su entrada. Si el conversor A/D fuera de 12 bits se podrá dividir el rango de la señal de entrada en 4096 valores (212), con lo que se logra

una resolución para una señal de 4-20 mA de $(20-4)/4096= 0,0039$ mA. Moreno (2020).

En la medida que el conversor A/D tenga mayor número de bits será capaz de ver o reconocer variaciones más pequeñas de la magnitud física que se observa en la Figura 63.

Figura 63.

Señal analógica.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Los módulos de salida digital permiten al autómatas programable actuar sobre elementos que admitan órdenes de tipo prendido - apagado, todo o nada u “On - Off”.

Los módulos de entradas analógicas son los encargados de traducir una señal de tensión o corriente proveniente de un sensor de temperatura, velocidad, aceleración, presión, posición, o cualquier otra magnitud física que se quiera medir en un número para que el PLC la pueda interpretar. En particular, es el conversor analógico-digital (A/D) el encargado de realizar esta tarea. Una entrada analógica con un

convertor A/D de 8 bits podrá dividir el rango de la señal de entrada en 256 valores (28) (López, 2019).

El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómatas, en el caso de módulos de salidas a relé. Existe una gran cantidad de módulos de salida discreta, todos ellos con la misma estructura que se presenta en la Figura 64 (Pérez, 2021).

Una señal es analógica cuando las magnitudes de esta se representan mediante variables continuas, análogas (relación de semejanza entre cosas distintas) a las magnitudes que dan lugar a la generación de esta señal (Moreno, 2020).

Figura 64.

Estructura típica de proceso de señales de salida de un PLC.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Tiempo de respuesta de la salida: al igual que en las entradas, se denomina tiempo de respuesta de la salida al tiempo que tarda una señal para pasar por todos los bloques.

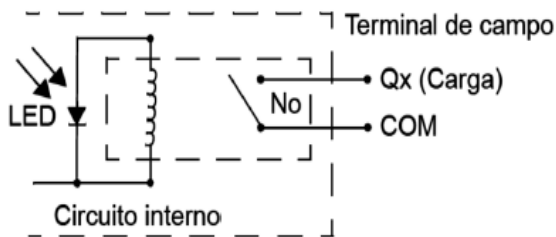
Existen cuatro posibilidades para el circuito de conexión de una salida:

1. Salida a relé

Uno de los tipos más comunes de salidas es aquellas que permiten la conexión tanto de cargas de corriente alterna como continua, soportando hasta 2 A de corriente. Es fundamental asegurarse de que la corriente máxima de la carga esté dentro de las especificaciones de la salida del PLC. Los tiempos de conmutación de estas salidas, tanto para la conexión como para la desconexión, son de aproximadamente 10 milisegundos. Sin embargo, las cargas inductivas presentan desafíos, ya que pueden devolver corriente al circuito, lo que genera picos de voltaje, potencialmente dañinos para la salida del PLC. Para mitigar estos riesgos, se suelen utilizar diodos, varistores u otros circuitos de protección (Moreno, 2020).

Figura 65.

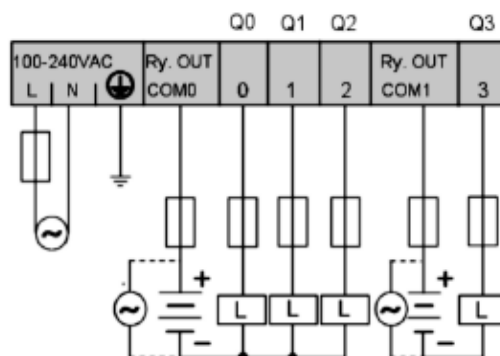
Contacto de salida de relé.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Figura 66.

Modelo de cableado de salidas de relé y de alimentación de CA de un TWIDO.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Los relés son internos al PLC. El circuito típico es el que se muestra en la figura de arriba. Cuando el programa active una salida, el PLC aplicará internamente tensión a la bobina del relé. Esta tensión hará que se cierren los contactos de dicho relé. En ese momento una corriente

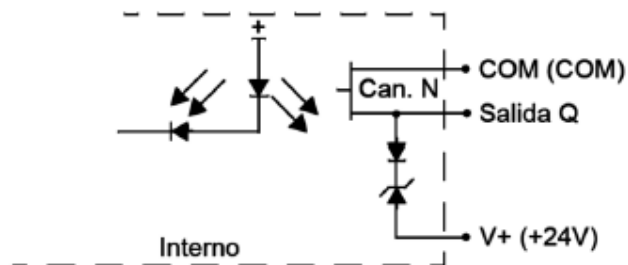
externa pasará a través de esos contactos y así se alimentará la carga. Cuando el programa desactiva una salida, el PLC desactiva la bobina abriendo así los contactos (Moreno, 2020).

2. Salidas a transistor

Sólo son capaces de operar con corriente continua, de baja potencia (hasta 0,5 A) Pero tienen tiempos de conmutación que rondan el milisegundo y una vida útil mucho mayor que la de los relés. En este tipo de salida el transistor es el encargado de conectar la carga externa cuando el programa lo indique (Moreno, 2020).

Figura 67.

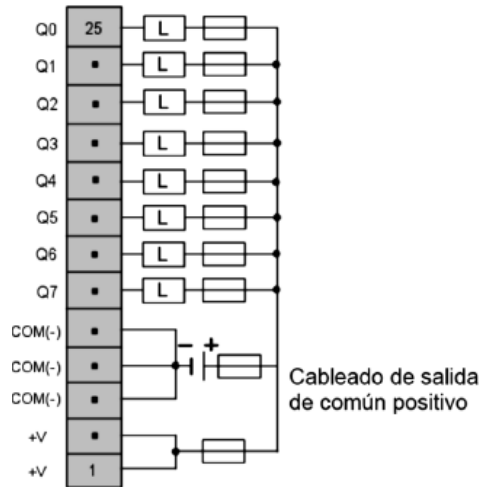
Contacto de salidas de común positivo de transistor.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

Figura 68.

Esquema de cableado de las salidas.



Nota. Adaptado de *Automación Micromecánica S.A.I.C.*, por M. Moreno, 2020.

3. Salidas por TRIAC

Manejan corrientes alternas. Al igual que los transistores, por ser semiconductores tienen una vida útil mucho mayor que la del relé, que es un elemento electromecánico (Moreno, 2020).

4. Salidas analógicas

Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o corriente.

Internamente en el PLC se realiza una conversión digital analógica (D/A), puesto que el autómatas sólo trabaja con señales digitales. Esta conversión se realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y en un intervalo determinado de tiempo (período muestreo).

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico, como pueden ser las válvulas proporcionales, los variadores de velocidad, las etapas de los tiristores de los hornos, los reguladores de temperatura, etc. Permitiendo al autómatas realizar funciones de regulación y control de procesos continuos (Moreno, 2020).

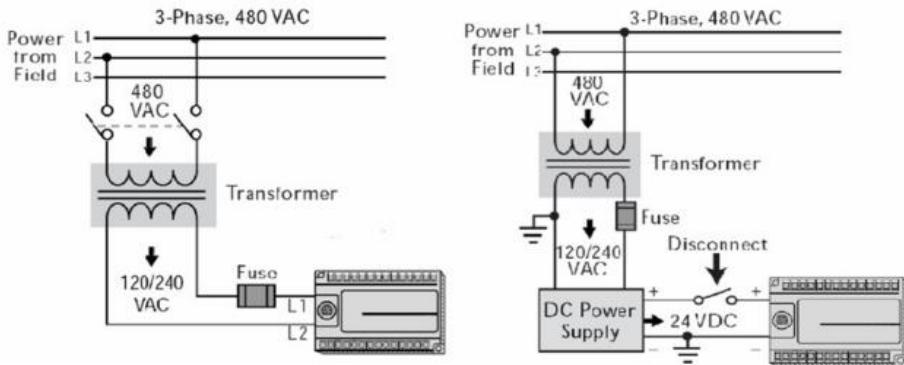
2.4.4 Alimentación

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema. La alimentación a la CPU frecuentemente es de 24 VCC, o de 110/220 VCA. En cualquier caso, es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno. La alimentación a los circuitos E/S puede realizarse, en alterna a 48/110/220 VCA o en continua a 12/24/48 VCC.

En la siguiente imagen se puede ver las formas de realizar la conexión de un PLC ya sea para alimentar un dispositivo autónomo en CA o ya sea para uno en CC.

Figura 69.

Ejemplos de conexión de un PLC.



Nota. Fuente: Autores.

2.4.5 Equipos o Unidades de programación

El autómata debe disponer de alguna forma de programación, la cual se suele realizar empleando algunos de los siguientes elementos:

- Unidad de programación

Suele ser en forma de calculadora. Es la forma básica de programar el autómata, y se suele reservar para pequeñas modificaciones del programa o la lectura de datos en el lugar de colocación del autómata.

Figura 70.

Unidad de programación.



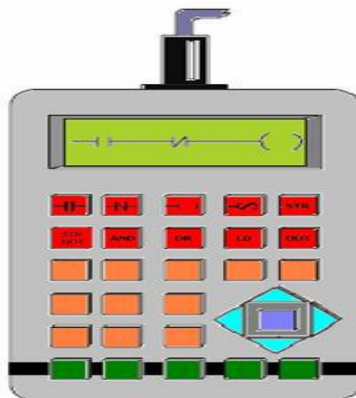
Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

- Consola de programación

Es un terminal a modo de ordenador que proporciona una forma más favorable de realizar el programa de usuario y observar parámetros internos del autómatas. Obsoleto actualmente.

Figura 71.

Unidad de programación.



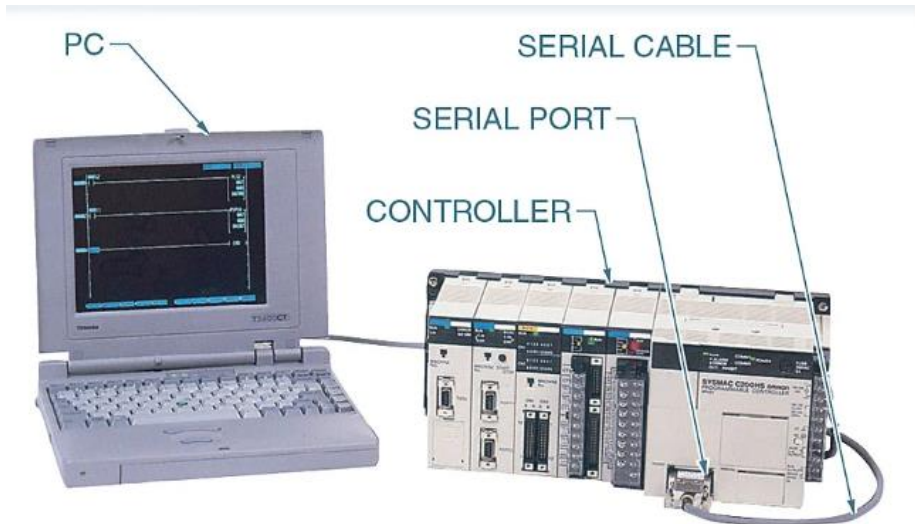
Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

- PC

Es la forma más cómoda empleada en la actualidad. Permite programar desde un ordenador personal estándar, con todo lo que ello supone: herramientas más potentes, posibilidad de almacenamiento en soporte magnético, impresión, transferencia de datos, monitorización mediante software SCADA, entre otros.

Figura 72.

Unidad de programación.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

2.5 Configuración y direccionamiento del PLC

2.5.1 Configuración inicial

La configuración inicial y puesta en marcha de cada PLC difiere en cada marca, pero en general antes de iniciar una programación específica se deberá realizar una configuración previa desde la que se puede dar los siguientes pasos que a continuación enumeramos:

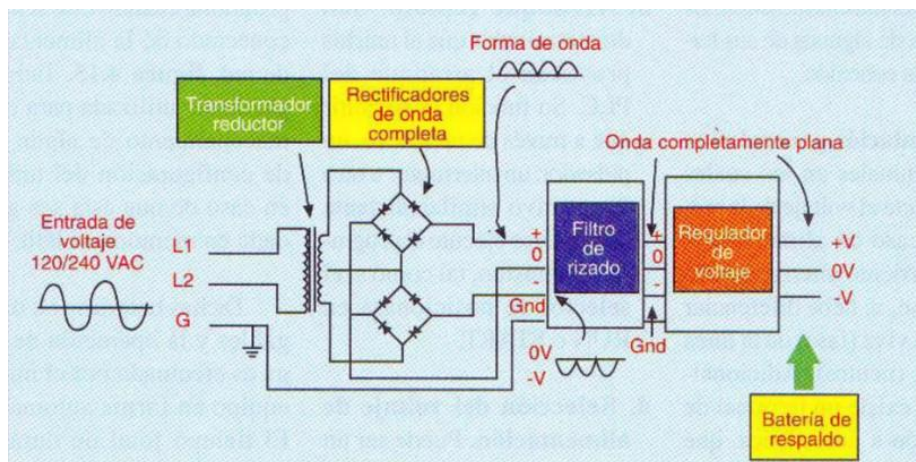
Alimentación del PLC

Para realizar la alimentación de un PLC se debe considerar, el tipo de alimentación que soporta la unidad ya sea en corriente alterna o corriente directa como indica la Figura 73.

Para ello se deberá mencionar cuál es la estructura interna de la fuente de un PLC, en la figura siguiente se puede observar la de un PLC para alimentación en corriente alterna.

Figura 73.

Unidad de programación.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Se recomienda para esta etapa de alimentación distinguir bien la fase del neutro, ya que será indispensable identificar uno de la otra para las conexiones, esto con ayuda de un multímetro en la fuente de alimentación alterna.

Tiempo de SCAN

El PLC tiene un funcionamiento, salvo en el proceso inicial que sigue a un RESET, de tipo secuencial y ciclo, es decir, las operaciones tienen lugar una tras otra, y se va repitiendo continuamente mientras el PLC se mantenga energizado. A este proceso se le conoce como el SCAN del PLC y es un parámetro de especificación importante, ya que

nos da una idea de la velocidad de procesamiento de un PLC. Este ciclo de rastreo consta de 3 pasos (Quintal, 2016):

Paso 1. Checar el status de las entradas.

- El PLC primero le echa un “vistazo” a cada una de las entradas para determinar si están activadas o desactivadas.
- En otras palabras, el PLC pregunta, ¿Estará el sensor conectado en la primera entrada accionado? ¿Cómo está el de la segunda entrada? ¿Y el tercero...? y así sucesivamente
- Guarda estos datos en su memoria para ser usado durante la siguiente etapa.

Paso 2. Ejecución del programa.

- Después, el PLC ejecuta su programa una instrucción a la vez.
- Posiblemente su programa diga que si la primera entrada está activada entonces que se accione la primera salida.
- Ya que, desde la etapa anterior, éste ya sabe que entradas están accionadas o apagadas, será capaz de decidir si la primera salida tendría que prender basándose en el estado de la primera entrada.
- Este guardará los resultados de la ejecución para ser utilizados en la siguiente etapa del ciclo de funcionamiento. Durante este proceso, el PLC actualiza el estado interno de sus salidas en función de las instrucciones programadas y de las condiciones de las entradas, garantizando así una respuesta adecuada al

sistema de control automatizado. Estos resultados se almacenan en la memoria de salida del PLC, aunque las salidas físicas no se actualizan inmediatamente hasta que se alcance la etapa de actualización de salidas.

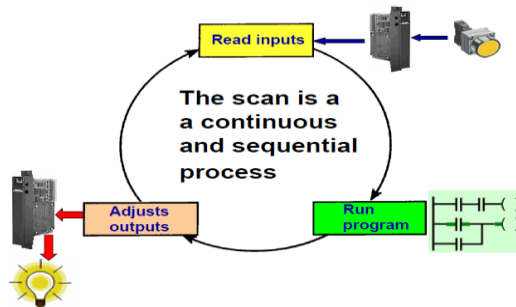
Paso3. Actualización del status de las salidas.

- Finalmente, el PLC actualiza el STATUS de las salidas. Las actualiza de acuerdo con que entradas estuvieron activadas durante el primer paso y los resultados de la ejecución de su programa durante el segundo paso.
- De acuerdo con el ejemplo del paso 2 ahora prendería la primera salida ya que la primera entrada estuvo accionada y su programa dijo, prender la primera salida cuando esta condición sea verdadera.
- Después del tercer paso el PLC retorna al paso 1 y repite los pasos continuamente.

En la Figura 74 se muestra el proceso del SCAN.

Figura 74.

Proceso de SCAN.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Comunicación

En la actualidad la comunicación industrial con PLCs tienen gran demanda e importancia en el sector, por su singularidad cada marca tiene diferente tipo de comunicación, que da lugar al estudio de las redes industriales que se abordará un apéndice en el siguiente temario de esta unidad.

Los principales medios de comunicación que puede soportar un PLC, para establecer una comunicación con un PC o consola de programación y a su vez dar lugar a los protocolos de comunicación son:

- Ethernet Industrial.
- Modbus.
- CAN Bus.
- FieldBus.

- Serial – RS.
- ProfiBus.

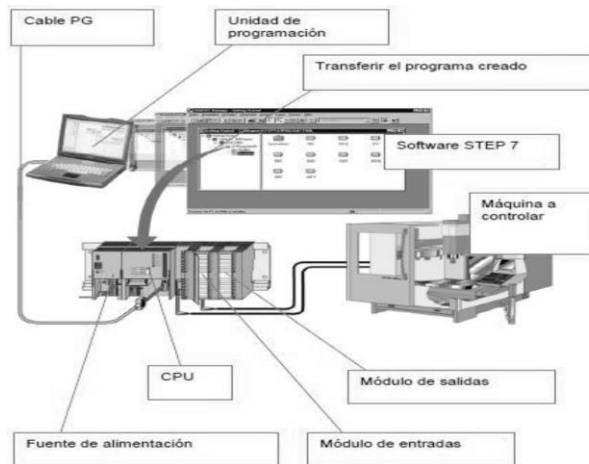
Para lograr establecer una comunicación con el dispositivo PLC, se puede llegar de varias maneras:

- Periféricos de comunicación mediante protocolos.
- Boot directo de programación (pantalla incorporada al PLC).
- Consola de programación (ya poco utilizada).

En la actualidad se establece una comunicación punto a punto con la interfaz permitida por el PLC (Ethernet, Modbus, Serial etc.), como se indica en la Figura 75.

Figura 75.

Comunicación básica inicial de un PLC.



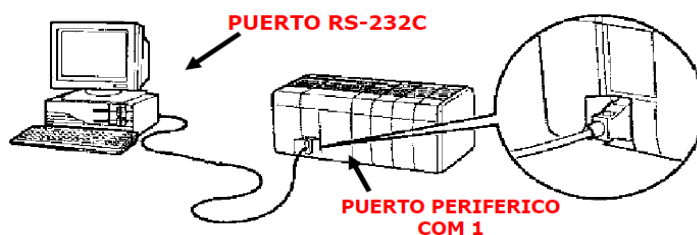
Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Conectividad serial

Conectividad con un Computador Personal Programación Automática, como se muestra en la Figura 76.

Figura 76.

Comunicación Serial.

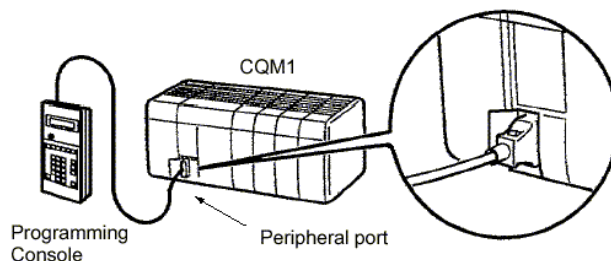


Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Conectividad consola de programación

Figura 77.

Comunicación por consola.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Conectividad por cable propietario de la marca

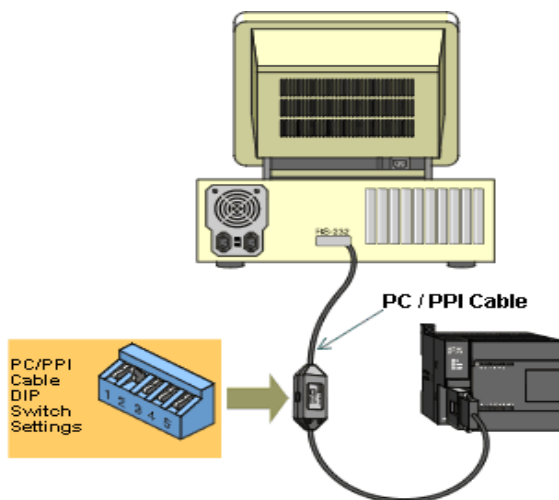
Se requiere un cable especial cuando se usa una PC para programar al PLC.

Este cable llamado PC/PPI, permite que la interfase serie del PLC se comunique con el puerto serie de la PC.

Los DIP switches del cable son usados para seleccionar la velocidad apropiada (baud rate) para pasar la información entre el PLC y la computadora.

Figura 78.

Comunicación por cable PPI.



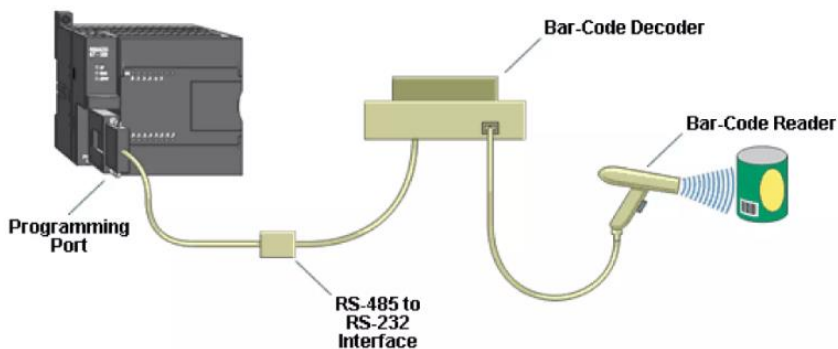
Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Conectividad freeport

El puerto de programación se puede usar en un modo con el cual se puede conectar varios dispositivos sensores inteligentes, tal como un lector de código de barra, llamado modo Freeport.

Figura 79.

Comunicación por cable Freeport.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Conectividad ethernet

La más utilizada para establecer una comunicación inicial previa y realizar configuraciones iniciales en un autómeta es la conectividad Ethernet.

Esta conectividad requiere que se realice una comunicación punto a punto entre el PC y el PLC bajo la misma red utilizando un cable de red tipo directo, es necesario que el PLC tenga el periférico ethernet para realizar esta acción, de no poseerlo en la actualidad hay dispositivos que realizan conversiones a ethernet.

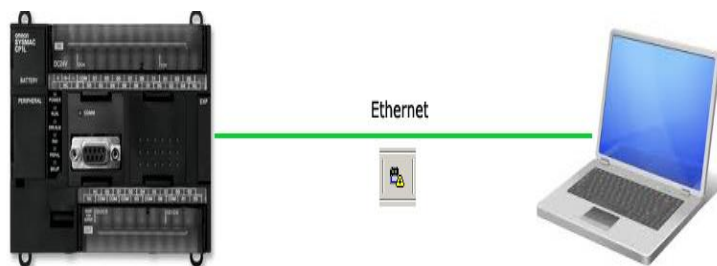
Es decir, el autómata tendrá una dirección en la misma red:
ejemplo: 192.168.1.10

Y en la computadora CPU tendrá la dirección bajo la misma red anterior: ejemplo: 192.168.1.2

En la siguiente Figura se puede ver esta comunicación punto a punto.

Figura 80.

Comunicación por Ethernet.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

2.5.2 Direccionamiento

Para realizar la programación se debe de diferenciar una señal discreta de una análoga, representar las cantidades binarias, estructurar una instrucción de mando, tener presente las reglas básicas para las diferentes representaciones de los lenguajes de programación (Hilariona, 2015).

En temas anteriores se abordaron diversos aspectos sobre los tipos de señales que un PLC es capaz de leer y procesar. En esta ocasión, nos centraremos en las señales digitales que, internamente, un PLC debe procesar durante la ejecución de un programa o en el marco de una comunicación (Moreno, 2020).

2.5.2.1 Representación de las cantidades binarias

Dado que el PLC recibe la información proveniente del proceso ya sea en forma discreta o análoga, donde la información se almacena en forma de una agrupación binaria, es preciso, por lo tanto, disponer de un medio de representación que facilite su manejo y mejore la capacidad de procesamiento.

Para ello, se emplean con mayor frecuencia tres tipos de representación para la información: bit, byte y palabra. En algunos casos, también se utiliza la doble palabra (Moreno, 2020).

Bit

El bit es la unidad más básica de información, y puede tomar solo dos valores: "1" o "0". De esta manera, un solo bit es suficiente para representar una señal binaria (Moreno, 2020).

Byte

El byte es una unidad que consiste en una agrupación de 8 bits, es decir, ocho dígitos binarios. Los bits se numeran del 0 al 7, de derecha a izquierda. Un byte puede representar el estado de hasta ocho señales binarias y puede utilizarse para almacenar un número cuyo valor máximo es 255, ya que el número máximo que se puede representar en un byte es $2^8 - 1$ (García, 2022).

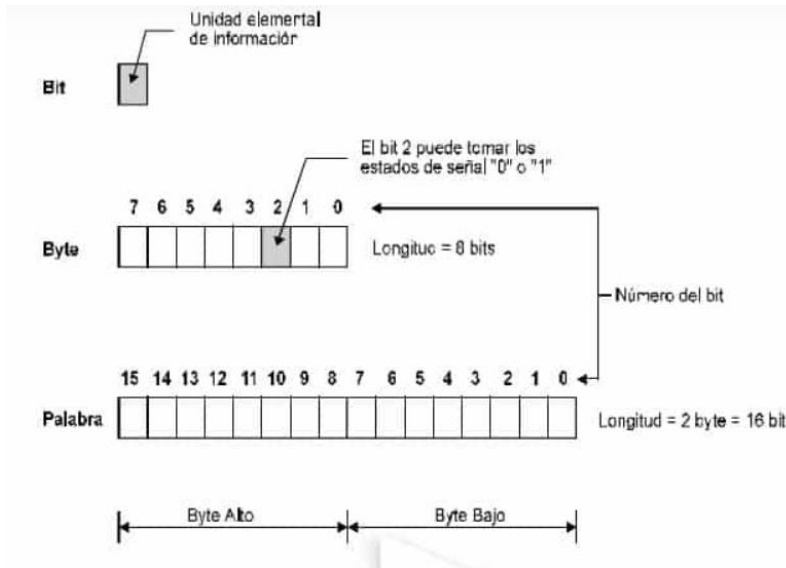
Palabra

Para obtener mayor capacidad de procesamiento a veces se agrupan los bytes formando lo que se denomina las palabras.

La palabra es una unidad de mayor tamaño compuesta por 16 bits, equivalentes a 2 bytes. Los bits de una palabra se agrupan de derecha a izquierda, numerados del 0 al 15. Con una palabra es posible representar hasta 16 señales binarias, y puede almacenar un número cuyo valor máximo sería: Número máximo en una palabra = $2^{16} - 1 = 65,535$ (Moreno, 2020).

Figura 81.

Representaciones de la información.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

2.5.2.2 Direccionamiento de bits

Cuando se elabora un programa de control, se especifican las diferentes instrucciones de mando, en las cuales se indica qué operación se debe ejecutar. Además, se incluye la dirección exacta del módulo y el canal o terminal de conexión de las señales de entrada y salida (E/S) involucradas en el proceso (Moreno, 2020).

El direccionamiento puede realizarse de dos formas:

- Direccionamiento fijo.
- Direccionamiento variable.

Direccionamiento fijo

Cuando la dirección de las señales de entrada y salida (E/S) queda determinada por la posición o puesto de enchufe en que están ubicados los módulos de E/S respecto a la CPU, se dice que el direccionamiento es fijo. Además, un direccionamiento fijo puede ser del tipo octal (byte) o hexadecimal (Moreno, 2020).

Direccionamiento fijo del tipo octal (Byte)

Un direccionamiento del tipo octal queda determinado cuando a cada módulo de E/S se le agrupa los terminales por bytes, es decir, en grupos de 8 bits del (0 al 7).

En este caso, en la dirección se especificará el byte correspondiente al terminal seleccionado y que pertenece al puesto de enchufe según la posición que ocupa (Moreno, 2020).

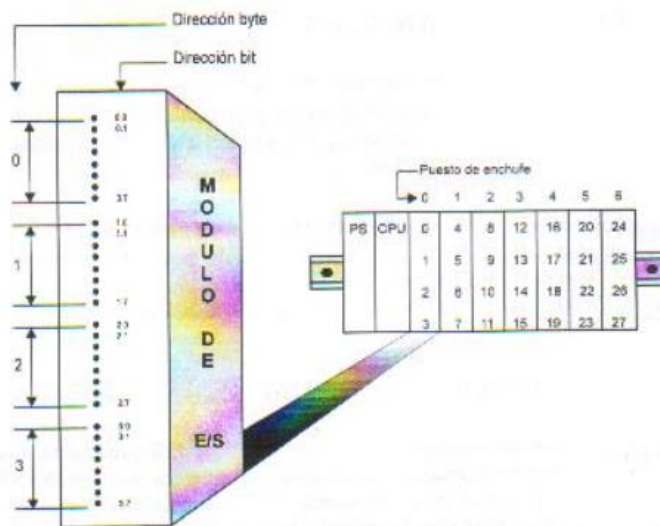
Direccionamiento fijo del tipo hexadecimal

Este direccionamiento se diferencia del anterior en el agrupamiento de los terminales, siendo para este caso del tipo hexadecimal, ósea en grupos de 16 bits del (0 al F).

Este direccionamiento se diferencia del anterior en el agrupamiento de los terminales, siendo para este caso del tipo hexadecimal, en grupos de 16 bits del (0 al F) (Moreno, 2020).

Figura 82.

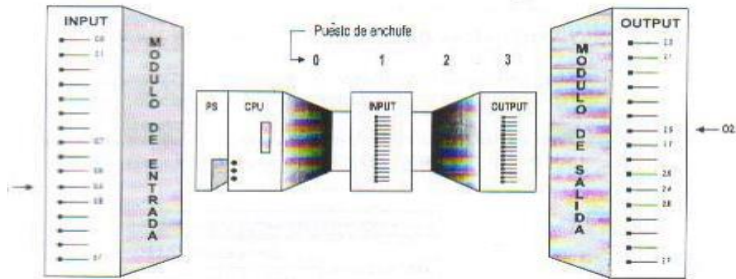
Direccionamiento.



Nota. Adaptado de *Módulo didáctico para prácticas de laboratorio con controladores lógicos programables,* por Hilariona, 2015.
<http://eprints.uanl.mx/9535/1/1080214939.pdf>

Figura 83.

Direccionamiento relación entradas salidas.



Nota. Adaptado de *Módulo didáctico para prácticas de laboratorio con controladores lógicos programables*, por Hilariona, 2015. <http://eprints.uanl.mx/9535/1/1080214939.pdf>

2.6 Introducción a las redes de comunicación entre autómatas.

El flujo de información entre dispositivos inteligentes tales como PLCs, computadoras, variadores de velocidad, actuadores y sensores frecuentemente es realizado a través de redes de área locales (LAN).

En el pasado estas redes eran frecuentemente diseñadas con los estándares de sistemas propietarios de algún vendedor específico. Siemens ha sido un líder en promover el uso de sistemas abiertos basado en estándares internacionales desarrollados por Asociaciones de Industrias.

El PROFIBUS-DP y el AS-i (Actuador Sensor Interfaz) son algunos ejemplos de estas redes abiertas.

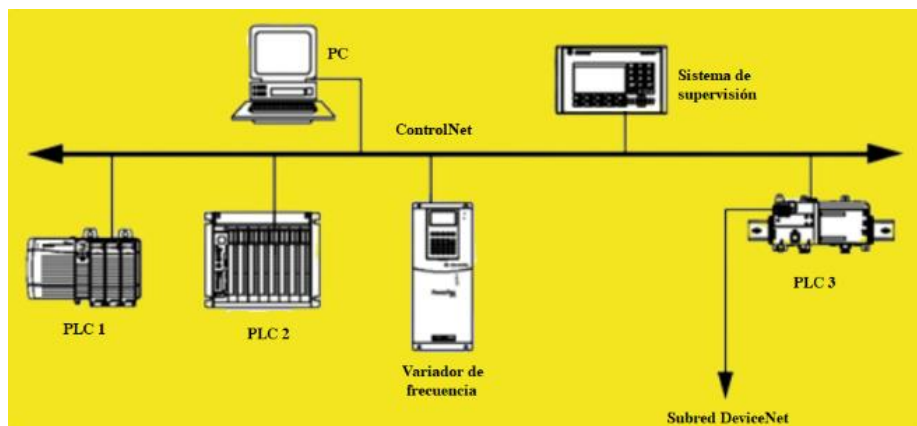
El módulo PROFIBUS-DP EM277 le permite al CPU S7-200 conectarse con una red PROFIBUS-DP como un esclavo. El procesador de comunicación CP243-2 permite comunicación entre dispositivos AS-i y PLCs S7-200.

Lo que se busca con las redes industriales es poder establecer una comunicación con diferentes tipos de autómatas de diferentes marcas, esto sin duda dio lugar al inicio de las redes industriales.

Para ello lo que se pretende es establecer una comunicación desde un PLC o autómatas maestro y poder tener control sobre mas dispositivos del mismo o diferente tipo llamados esclavos. Como se puede observar en la siguiente Figura.

Figura 84.

Esquema básico de una red industrial de PLCs.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

El poder establecer diferentes medios de comunicación entre varias marcas de PLCs dio lugar a establecer protocolos de comunicación en base a estándares, de los cuales podemos citar los principales (Quintal, s.f.).

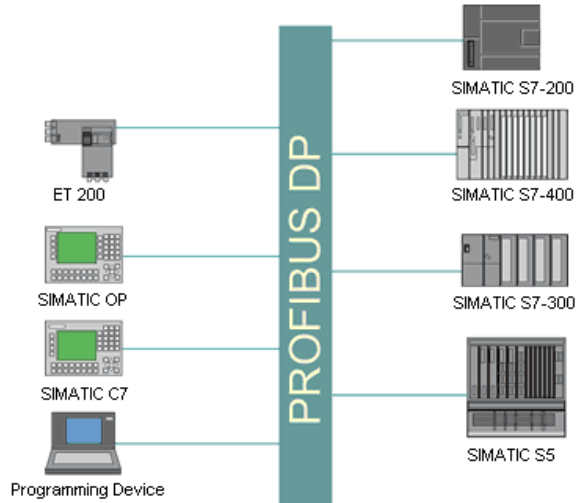
2.7 Profibus-DP

Es un estándar de bus abierto para un amplio rango de aplicaciones en manufactura y automatización. Trabaja a nivel de dispositivos de campo tales como medidores de potencia, protectores de motor, circuitos ruptores y controles de alumbrado (Quintal, s.f.).

El PROFIBUS-DP permite usar plenamente las habilidades del PLC S7-200 en sistemas distribuidos. Otra ventaja es que permite una comunicación uniforme entre todos los dispositivos de SIMATIC en la red PROFIBUS-DP y los dispositivos PROFIBUS-DP de otros fabricantes (Siemens AG, 2021).

Figura 85.

Red de comunicación Profibus DP.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

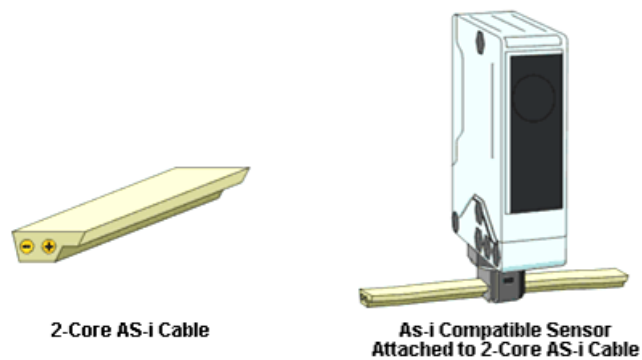
2.8 AS-i (Actuator Sensor Interfase) Interfase de Sensor Actuador

Es un sistema para conectar en red dispositivos binarios tal como sensores. Todavía hasta hace poco, era necesario un extenso alambrado paralelo de control para conectar sensores para controlar dispositivos (Quintal, s.f.).

AS-i reemplaza el alambrado complejo con un simple cable de 2 hilos. El cable está diseñado de tal forma que el dispositivo solo pueda ser conectado correctamente (Quintal, 2016).

Figura 86.

Conexión AS-i.



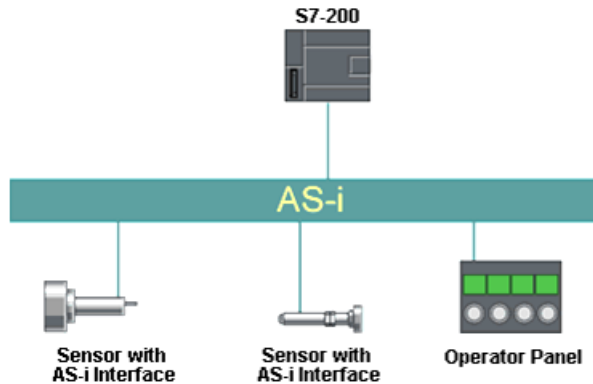
Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Los PLCs usan módulos de E/S para recibir entradas de dispositivos binarios tales como sensores.

Las salidas binarias son usadas para prender o apagar procesos como el resultado de una entrada.

Figura 87.

Red conexión AS-i.



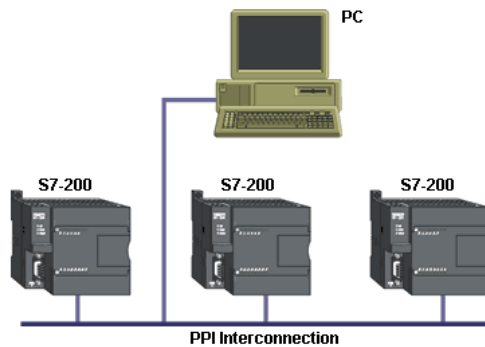
Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Es posible usar un sólo dispositivo de programación para direccionar varios S7-200 con el mismo cable de comunicación.

Se pueden interconectar hasta 31 unidades sin repetidor como se muestra en la Figura 88.

Figura 88.

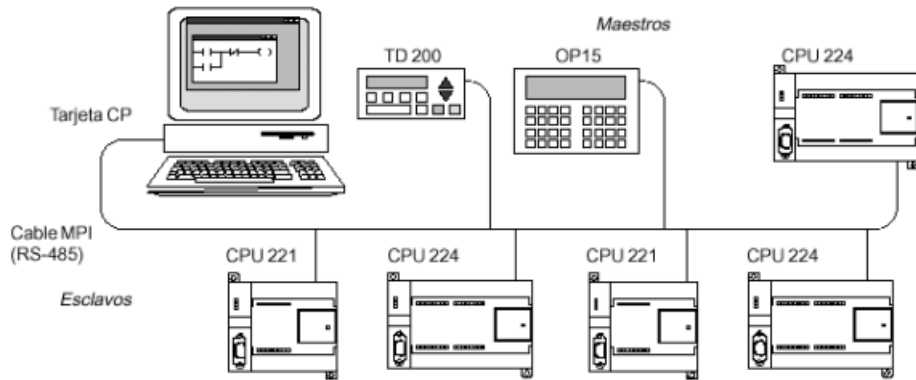
Red interconexión S7-200.



Nota. Adaptado de *Estructura de los PLC's*, por C. Quintal (s.f.-a).

Figura 89.

Red interconexión S7-200 con cable PPI.



Nota. Adaptado de Estructura de los PLC's, por C. Quintal (s.f.-a).

Actividades Unidad 2

Actividad 1: Preguntas

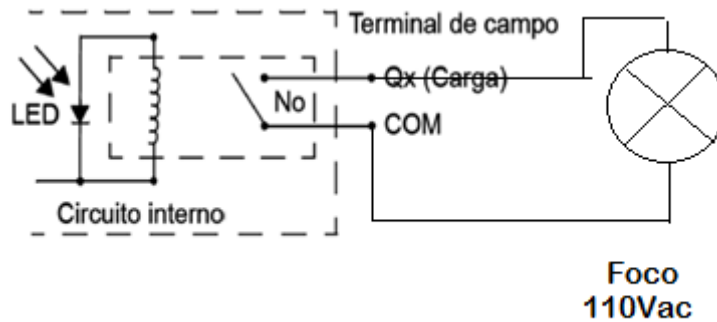
1. ¿Por qué un PLC y un CPU no son iguales?
2. ¿Cuál es la definición resumida de un PLC?
3. ¿Liste el tipo de señales físicas que puede manejar un PLC?
4. ¿Por qué una señal análoga puede ser de tipo corriente directa y corriente alterna?
5. ¿Las señales digitales, en la industrial que niveles de tensión pueden manejar?
6. ¿De qué depende para clasificar a los PLCs?
7. ¿La gama media de PLCs, qué número de entradas y salidas puede manejar?
8. ¿Qué interviene en un ciclo de trabajo de los PLCs?
9. ¿Cuáles son los sectores principales de aplicación de los PLCs?
10. ¿De qué está compuesto la estructura básica de un PLC?
11. ¿Qué datos manejan la memoria de un PLC?
12. ¿Cuáles son los tipos de memoria de un PLC?
13. Listar los tipos de conexión de una salida que puede tener un PLC.
14. Cuáles son las formas más comunes de alimentar un PLC.
15. ¿Cuáles son los posibles elementos mediante los cuales se puede realizar la programación de un PLC?
16. ¿Qué se debe configurar para iniciar un PLC?

17. ¿En qué consiste el tiempo de SCAN de un PLC?
18. ¿Cuándo se da un direccionamiento fijo dentro de la comunicación en el PLC?
19. ¿Para qué sirve el estándar Profibus-DP?
20. ¿Cuál es la principal característica de la Interfase de Sensor Actuador

Actividad 2: Ejercicios prácticos

- 1.- Dibuje la arquitectura interna de un PLC y la de un Arduino para observar cómo se relacionan entre ellas.
- 2.- Dibuje un esquema eléctrico de cómo se debería conectar la alimentación de un PLC que necesita una alimentación de 230VCA.
- 3.- Realice un esquema de conexión de dos sensores inductivos PNP y NPN a las entradas digitales de un PLC cuya conexión cierra con la fase de la alimentación principal.
- 4.- ¿Cuál será la forma de la señal proveniente de un sensor de temperatura PT100, y a qué tipo de entrada se le deberá conectar a la entrada de un PLC?
- 5.- Si la señal de entrada es de una corriente esta entre 3 y 25 mA la resolución será?

6.- ¿El siguiente diagrama de conexión de salidas de un PLC, es correcto? De no estarlo realice las correcciones necesarias.



7.- ¿Cómo se puede determinar la fase del neutro en un sistema de alimentación, previo a la conexión al PLC? Describa los pasos para hacerlo.

8.- Dado un sensor pt 100 de 3 hilos, ¿cómo se puede realizar las conexiones a un PLC? Identifique que tipo de PLC se debe utilizar (tipo de alimentación, tipos de entradas y salidas que gama de PLC).



9.- Se dispone de 4 sensores, 2 inductivos y dos capacitivos de 3 hilos PNP, y dos salidas un motor de 220VCA, y un ventilador de 24VCC ¿Qué gama de PLC seleccionaría para este proceso?, ¿Las entradas y

salidas de que tipo deberán ser? Realice las conexiones a adecuadas que se deberán hacer tanto a las entradas y salidas sin ningún orden para las entradas y salidas definidas.

UNIDAD 3

Programación de los controladores lógicos programables (PLC)



3

Unidad 3

Unidad 3: Programación de los controladores lógicos programables (PLC)

Resultados de aprendizaje:		Estructura y desarrolla aplicaciones con los controladores lógicos programables para la creación de sistemas automáticos.		
Contenidos de la unidad 3	Horas/ Semana	Actividades de aprendizaje		
		Actividades de docencia	Actividades de aplicación / Prácticas	Actividades de trabajo autónomo
<ul style="list-style-type: none"> - Tipos de programación. - Estructura GRAFCET. - Elementos de programación. - Bit. - Byte. - Elementos de Programación Avanzada. - Temporizadores. - Contadores. - Comparadores. - Operaciones Aritméticas. - Funciones Especiales. - Programación Ladder. - Programación mediante bloques funcionales. - Lista de Instrucciones. - Programación en lenguaje Basic. 	<p>30 horas 5semanas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Videoconferencia relacionada a los contenidos de la Unidad en curso. - Aprendizaje con simulación y videos. - Tutorías síncronas y asíncronas personalizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de LOGO!Soft Comfort V7, V8. - Manejo de CadeSimu, con vinculación a PLCS logo, S7-1200. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultas online. - Foros. - Chats. - Blogs. - Cuestionario.

Metodología:

Estrategia metodológica	Recursos didácticos
Constructivista-participativa Aprendizaje basado en problemas	Diapositivas Bibliografía Guías prácticas Internet Manuales Guía didáctica
Aprendizaje en línea	Aula virtual Herramientas web 2.0 Internet Guía didáctica
Aprendizaje por descubrimiento	Guía didáctica Manuales Internet Periódicos Bibliografía Guías prácticas

Ponderación para la evaluación del estudiante

Criterios de Evaluación: Se analiza el desempeño del estudiante al comprobar los conocimientos alcanzados a través de las actividades de aprendizaje planteadas

Métodos	Diagnóstica	Formativa	Sumativa
Técnicas	Documentación	Encuesta	Análisis de grabación de audio o video
	Encuesta	Evaluación compartida o colaborativa	Evaluación compartida o colaborativa
	Autoevaluación	Documentación	Observación directa del alumno
Instrumentos	Cuestionario	Cuestionario	Cuestionario
	Exposiciones	Pruebas orales de actuación	Examen
	Entrevista	Informes	Prueba objetiva
	Foros de discusión	Trabajo escrito	Actividades prácticas
Ponderación	N/A	65%	35%

Desarrollo de la unidad programación de los controladores lógicos programables (PLC)

3.1 Tipos de programación

Para poder tener una idea de los tipos y condiciones a programar sobre un autómata programable es recomendado saber e informarse sobre la IEC -61131-3 el estándar internacional para programación de PLCs, en este se define 5 lenguajes de programación que pueden ser usados para definir los procedimientos de control y automatización.

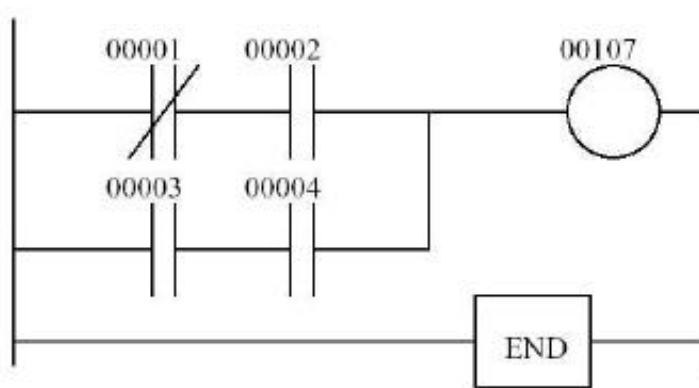
1. Lógica de escalera (Ladder Logic).
2. Diagrama de bloques funcionales (Function Block Diagram).
3. Diagrama de funciones secuenciales SFC (Sequential Function Chart).
4. Lista de instrucciones.
5. Texto estructurado.

Lógica de escalera (Ladder Logic)

Es un lenguaje de programación gráfica que mantiene la estructura de los diagramas eléctricos de control, facilitando la comprensión y el diseño de sistemas automatizados (Johnson, 2022).

Figura 90.

Ejemplo de diagrama escalera.



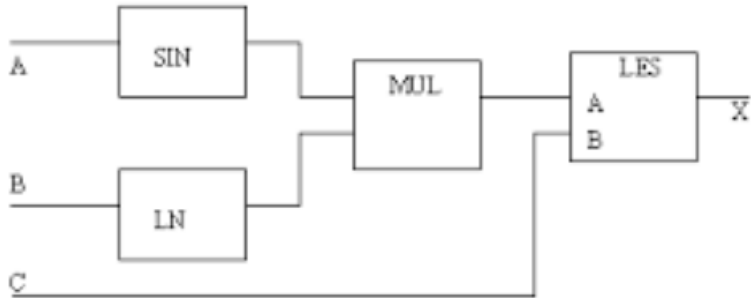
Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Diagrama de bloques funcionales (Function Block Diagram)

El diagrama de bloques funcionales es un lenguaje gráfico que permite a los usuarios desarrollar procedimientos complejos al interconectar bloques funcionales predefinidos, lo que facilita la programación visual de sistemas automatizados y su comprensión (Smith, 2022).

Figura 91.

Ejemplo de diagrama de bloques funcionales.

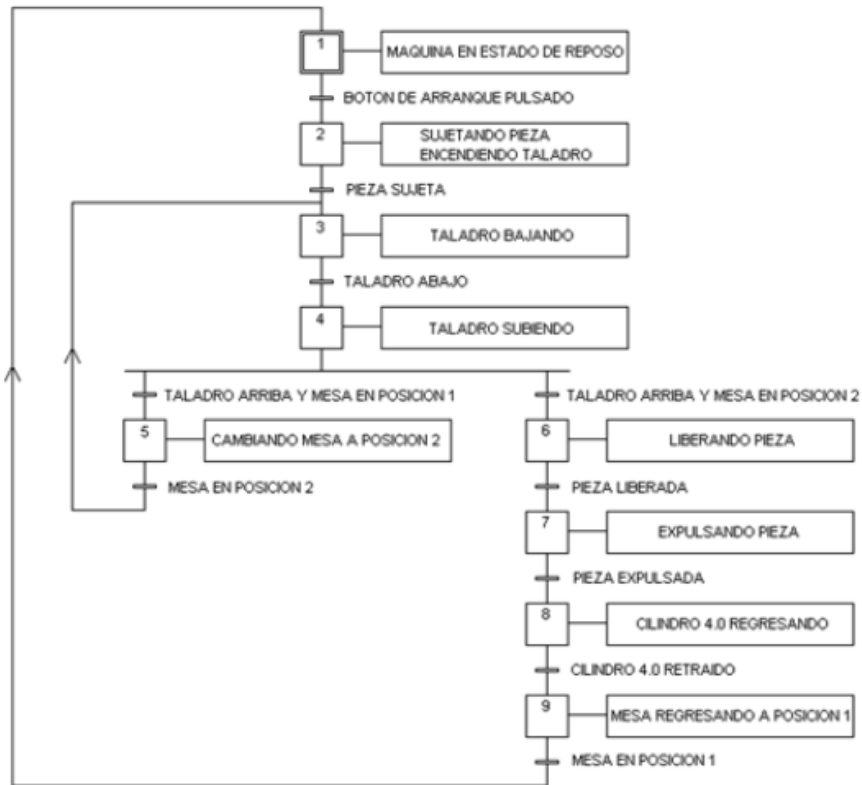


Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Diagrama de funciones secuenciales SFC (Sequential Function Chart)

Este lenguaje divide el ciclo de proceso en pasos claramente definidos, con transiciones que los separan. Es el núcleo del estándar IEC 1131-3, y otros lenguajes se emplean para detallar las acciones realizadas en cada paso, así como las condiciones lógicas necesarias para pasar de una etapa a otra (Smith, 2023).

Figura 92.



Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Lista de instrucciones

Es un lenguaje de bajo nivel basado en operaciones Booleanas, cuya estructura es similar al código del lenguaje ensamblador, lo que facilita su comprensión y uso en sistemas de control (Johnson, 2022).

Figura 93.

Ejemplo de código de programación en base a lista de instrucciones.

ETIQUETA	INSTRUCCIÓN	OPERANDO
00001	LD	00001
00002	LDN	00002
00003	AND	
00004	LD	00003
00005	LD	00004
00006	AND	
00007	OR	
00008	ST	00107
00009	END	

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Texto estructurado

Este lenguaje es estructurado y de alto nivel, similar al PASCAL, pero con un enfoque más intuitivo para los ingenieros de control. Se utiliza principalmente para implementar procedimientos complejos que no pueden expresarse de manera eficiente mediante lenguajes gráficos (Smith, 2021).

Figura 94.

Ejemplo de código de programación con texto estructurado.

N7:0: =0;
REPEAT
N7:0: =N7:0+1
UNTIL N7:0 >= 10;
END_REPEAT;

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001




3.2 Programación Ladder

Los diagramas de escalera son similares a los diagramas de lógica cableada utilizados para representar circuitos de control a relés. La principal diferencia radica en que, en la programación en escalera, todas las entradas se representan mediante símbolos de contacto (-| | -), las salidas mediante bobinas de salida (- () -), y las operaciones numéricas están integradas en el conjunto de instrucciones del lenguaje (Rodríguez, 2020).

Todos sus símbolos están Normalizados bajo la norma IEC, empleados por todos los fabricantes.

Figura 95.

Ejemplo de código de programación con texto estructurado.

	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO
	ASIGNACIÓN DE SALIDA

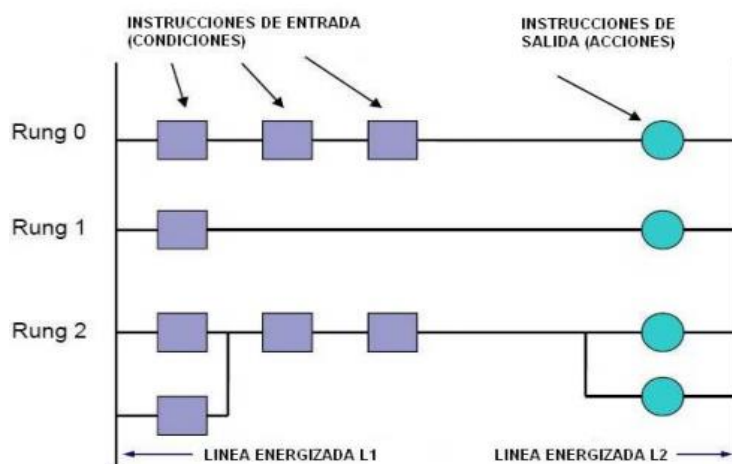
Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

3.2.1 Descripción de los componentes de un diagrama Ladder

Con base en la Figura 96 se podrá describir los componentes de un diagrama Ladder.

Figura 96.

Componentes de un diagrama Ladder.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Características

- Instrucciones de entrada se introducen a la izquierda.
- Instrucciones de salida se situarán en el derecho.
- Los carriles de alimentación son las líneas de suministro de energía L1 y L2 para los circuitos de corriente alterna, 24 V y tierra para los circuitos de CC.

- La mayoría de los PLC permiten más de una salida por cada renglón (Rung).
- El procesador (o "controlador") explora peldaños de la escalera de arriba a abajo y de izquierda a derecha.

El conjunto de instrucciones gráficas disponibles representa:

- Las entradas / Salidas físicas del PLC (Pulsadores, sensores, relés auxiliares, luces pilotos, etc.).
- Las funciones internas del PLC (Temporizadores, contadores, programadores cíclicos, etc.).
- Las operaciones matemáticas (Suma, división, AND, XOR, etc.).
- Las operaciones de comparación y manipulación de datos ($A < B$, $A = B$, Desplazar, rotar, etc.).
- Las variables internas al PLC (bits, palabras, etc.).

Acciones que no se pueden darse en un diagrama Ladder

- Una bobina no puede venir conectada directamente a la barra de inicio, en tal caso es necesario interponer un contacto siempre cerrado.
- A la derecha de una bobina no es posible programar ningún contacto.



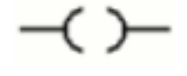
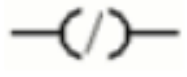
- El número de contactos posibles en serie o en paralelo es prácticamente limitado.

3.2.2 Elementos básicos Ladder

En base a la siguiente tabla se puede mostrar los diferentes elementos que se pueden usar para formar el diagrama Ladder en base al principio de contactos eléctricos (Núñez, 2019e).

Tabla 1

Simbología elementos básicos para un diagrama Ladder.

Símbolo	Nombre	Descripción
	CONTACTO NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	CONTACTO NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	BOBINA NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	BOBINA NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.

Símbolo	Nombre	Descripción
The symbol consists of a horizontal line with a circle in the center containing the letter 'S'. The line extends to the left and right of the circle.	BOBINA SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bobina RESET dan una enorme potencia en la programación.
The symbol consists of a horizontal line with a circle in the center containing the letter 'R'. The line extends to the left and right of the circle.	BOBINA RESET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

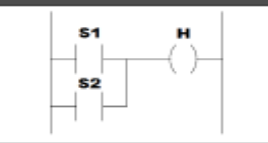
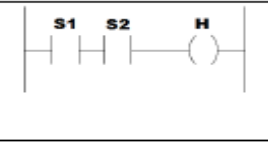
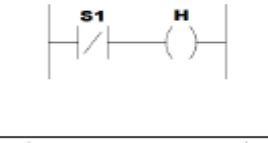
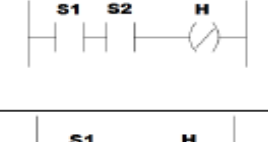
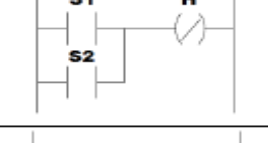
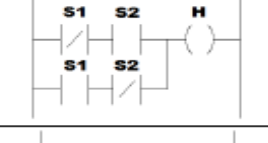
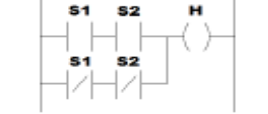
Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

3.2.3 Funciones lógicas para diagramas Ladder

En base a la ubicación de los contactos antes mencionados, como cuando se emplean contactos eléctricos para realizar instalaciones eléctricas para encendido de cargas de iluminación dependerá de cómo se ubiquen los contactos para obtener una respuesta a las posibles conmutaciones de las entradas, de la misma forma en Ladder se deberá ubicar los contactos para que de tal manera estos entreguen una respuesta a la conmutación de sus posibles estados lógicos.

Tabla 2

Simbología de funciones lógicas para diagramas Ladder.

OR "O"	Se representa con el signo + Son dos interruptores en paralelo Implica activar una señal de dos lugares diferentes	$H = S1 + S2$	
AND "Y"	Se representa con el signo • Son dos interruptores en serie Implica activar una señal solo si activo dos interruptores a la vez	$H = S1 \cdot S2$	
NOT "NO"	Se representa con el signo — en la parte superior de la variable Es la negación de una señal Es decir si activo una señal la salida se desactiva	$H = \bar{S1}$	
AND NOT (NO "Y")	Es la negación de una operación AND Primero realizo la operación AND y luego la niego	$H = \bar{S1} \cdot S2$	
NOT OR (NOR) (No "O")	Es la negación de una operación OR Primero realizo la operación OR y luego la niego	$H = \bar{S1 + S2}$	
OR EXCLUSIVO	Es la conexión de dos conmutadores Es decir puedo prender o apagar una señal solo si activo o desactivo solo una señal de entrada	$H = \bar{S1} \cdot S2 + S1 \cdot \bar{S2}$	
Nor exclusivo	Es la negación de un circuito OR exclusivo	$H = S1 \cdot S2 + \bar{S1} \cdot \bar{S2}$	

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

3.2.4 Ecuaciones a partir del diagrama Ladder

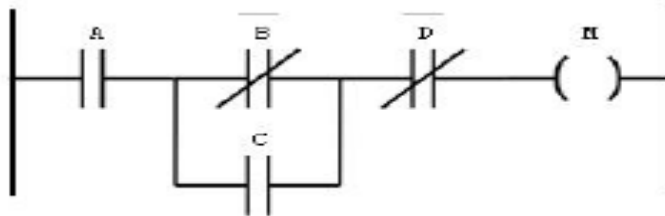
Como se puede observar en la anterior tabla es posible obtener ecuaciones a partir de diagramas Ladder, esto hace que en base a

cualquier esquema Ladder observando sus operadores de contactos poder obtener una respuesta, ya sea para un operador en serie (multiplicación) o para un operador en paralelo (suma).

En base a esto se puede obtener la respuesta de una ecuación a partir de un diagrama Ladder como se muestra a continuación.

Figura 97.

Esquema Ladder.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Con base en la figura 97 podemos obtener la siguiente ecuación:

$$M = A * (\bar{B} + C) * \bar{D}$$

3.2.5 Enclavamiento o memorización diagrama Ladder

El término enclavamiento viene de la conexión tradicional para realizar una función de memoria en los circuitos con relés, es el llamado circuito con auto alimentación.

Se consigue mediante la conexión de un contacto NA del relé (o contactor) en paralelo con el pulsador de marcha.

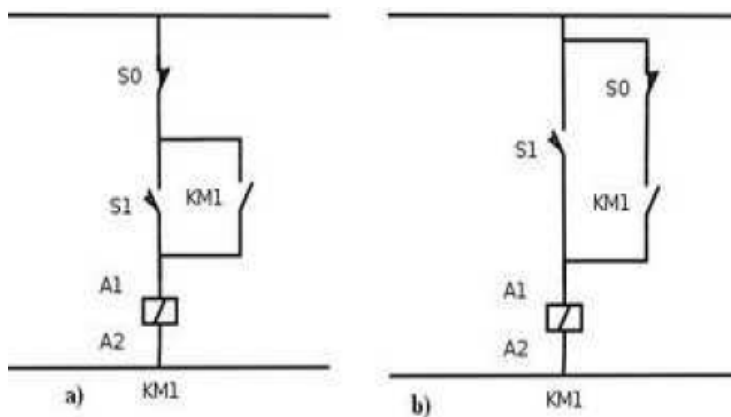
Existen dos maneras de realizar un enclavamiento eléctrico con contactos como se muestra en la Figura 98.

Figura 98.

Circuitos eléctricos con auto alimentación:

a) con prioridad a la desconexión

b) prioridad a la conexión.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e..

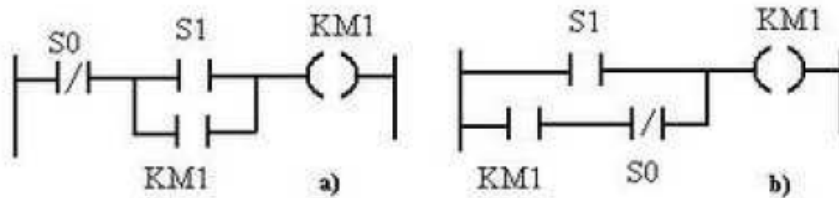
En base a los esquemas mostrados en la anterior figura se puede llevar a diagramas Ladder como se muestra en la Figura 99.

Figura 99.

Diagrama Ladder con enclavamiento:

a) con prioridad a la desconexión

b) prioridad a la conexión.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Y de la misma forma se podrá obtener las ecuaciones por cada representación:

a) $KM1 = \underline{S0} (S1 + KM1)$

b) $KM1 = S1 + KM1 \cdot \underline{S0}$

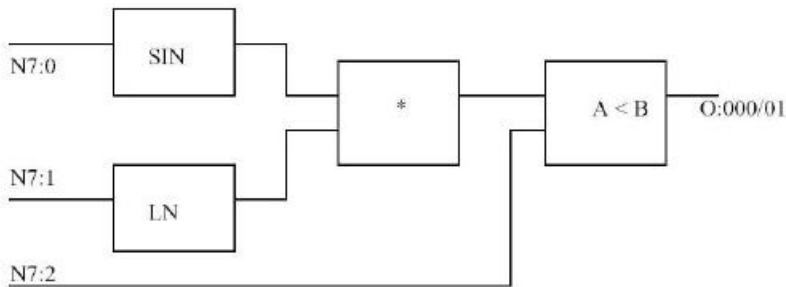
3.3 Programación mediante bloques funcionales

Este es un procedimiento de programación que hace remembranza de los diagramas de bloques. Al formar parte del estándar IEC 1131, cuenta con características típicas como:

- a. Existen diferentes tipos de datos en las líneas de conexión.

Figura 100.

Ejemplo de programación con bloques funcionales.

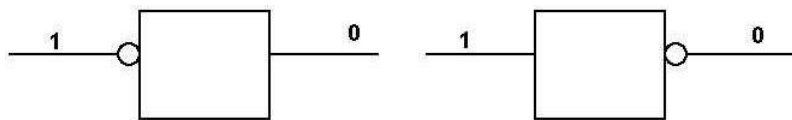


Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001

- b. Las entradas y las salidas se pueden “negar” mediante la adición de un bloque inversor.

Figura 101.

Bloques de negación.

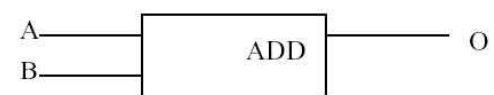


Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001

- c. Las funciones en los diagramas están basadas en otras funciones disponibles. Las entradas a una función van por la izquierda, mientras que la salida emerge por la derecha.

Figura 102.

Ejemplo de equivalencia entre texto estructurado y bloques funcionales.

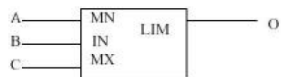

Texto estructurado	Equivalente bloques funcionales
O:=ADD(A,B)	

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001

- d. Algunas funciones pueden poseer un número variables de argumentos de entrada**

Figura 103.

Funciones de tres argumentos.

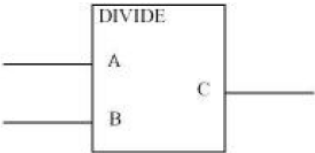
Texto estructurado	Equivalente bloques funcionales
O:=LIM(MN:=A, IN:=B, MX:=C)	
O:=LIM(MN:=A, IN:=B)	

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001

- e. Se pueden desarrollar bloques función usando texto estructurado, LADDER u otros lenguajes de programación.**

Figura 104.

Desarrollos de bloques funcionales.

Texto estructurado	Equivalente bloques funcionales
<pre>FUNCTION_BLOCK DIVIDE VAR_INPUT A: INT; B: INT; END_VAR VAR_OUTPUT C: INT; END_VAR IF B <> 0 THEN C := A / B; ELSE C := 0; END_IF; END_FUNCTION_BLOCK</pre>	

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001

3.3.1 Bloques funcionales como compuertas lógicas, bajo un sistema normalizado

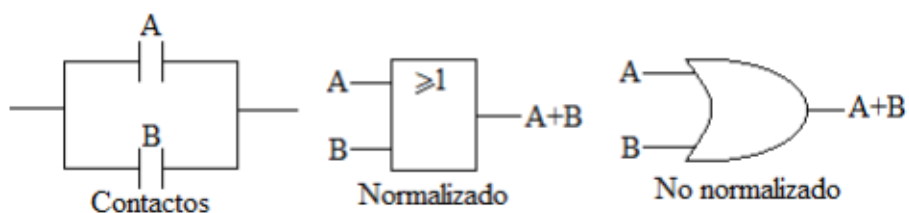
Los bloques funcionales también pueden utilizarse para generar condiciones lógicas, comúnmente la marca de PLC que utiliza este tipo de programación es Siemens bajo su gama media baja como es Logo.

A continuación, se muestran imágenes que referencia una analogía a partir de los diagramas Ladder.

Compuerta OR

Figura 105.

Bloques funcionales Compuerta OR.

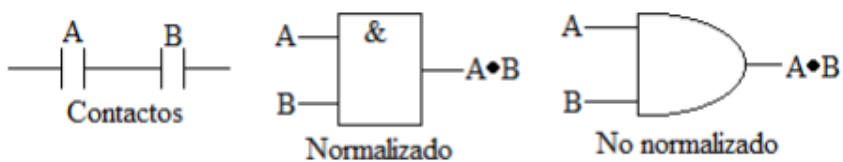


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Compuerta AND

Figura 106.

Bloques funcionales Compuerta AND.

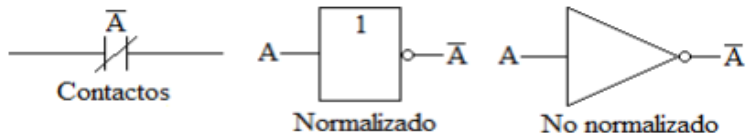


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Compuerta NOT

Figura 107.

Bloques funcionales Compuerta NOT.

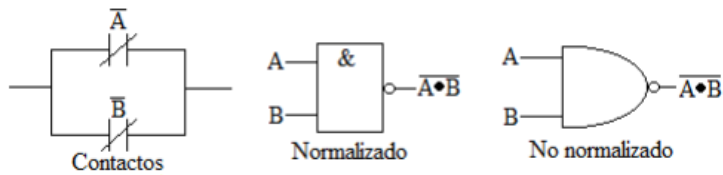


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Compuerta NAND

Figura 108.

Bloques funcionales Compuerta NAND.

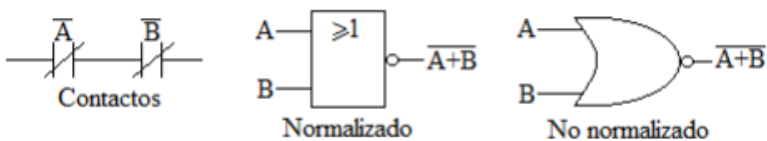


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Compuerta NOR

Figura 109.

Bloques funcionales Compuerta NOR.

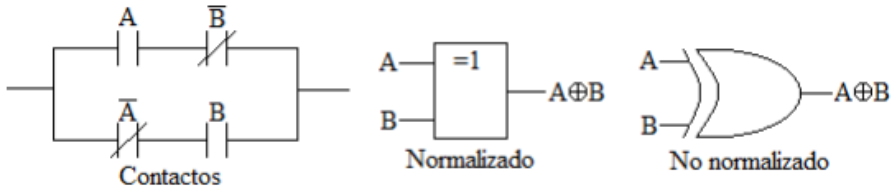


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Figura 110.

Bloques funcionales Compuerta XOR.

Compuerta XOR

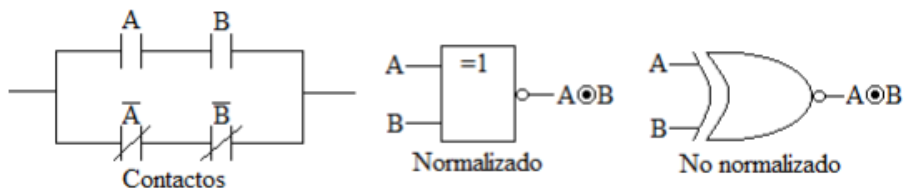


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Compuerta XNOR

Figura 111.

Bloques funcionales Compuerta XOR.

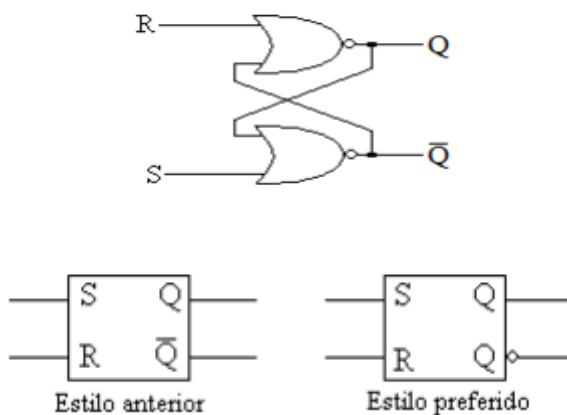


Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Compuerta SR

Figura 112.

Bloques funcionales Compuerta SR.



Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Bajo el mismo método de programación que utiliza Logo de marca Siemens cabe mencionar que existe también, funciones especiales para este tipo de programación que pueden ser utilizadas en conjunto con los diagramas de compuertas lógicas, estudiadas anteriormente, estas funciones especiales son: Temporizadores, contadores, Detectores de flancos de subida, Detectores de flancos de bajada, etc.

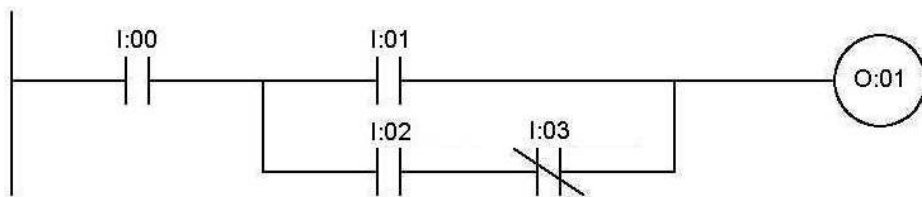
3.4 Lista de instrucciones

Corresponde al nivel más fundamental de lenguajes de programación definidos en el estándar IEC 1131. De hecho, todos los otros lenguajes de programación de PLCs pueden ser convertidos a lista de instrucciones o Nemónicos. Este tipo de programación consiste en elaborar un listado de instrucciones **BOOLEANAS** (únicamente operaciones sobre Bits) que se asocian a los símbolos y contactos de un diagrama eléctrico de control, y las cuales representarán la combinación lógica que exista entre dichos contactos.

La forma más fácil de llevar un diagrama Ladder a una lista de instrucciones, es transformando dicho diagrama a una ecuación o funciones vitas en el tema anterior.

Figura 113.

Diagrama escalera.



Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001

En el diagrama escalera anterior contiene 4 entradas y 1 salida. Esta red puede ser representada mediante la ecuación Booleana que aparece justo abajo.

$$\boxed{O:01 = I:00 \text{ AND } (I:01 \text{ OR } (I:02 \text{ AND NOT } I:03))}$$

Igualmente, esta ecuación puede ser convertida a una lista de instrucciones usando los Nemónicos que se muestran en la figura 114.

Figura 114.

Lista de nemónicos del ejemplo anterior.

Etiqueta	Cod. Ope.	Operando	Comentario
START:	LD	% 1:00	(*Carga la entrada 00*)
	AMD(	% 1:01	(*Comienza una ramay carga la entrada 01 *)
	OR(		(*Carga la entrada 02*)
	ANDN	% 1:02	(*Carga la entrada 03 y la invierte*)
	)	% 1:03	(* Asigna la salida 00 *)
)		
	ST	% 0:01	

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001

El comienzo del programa corresponde a la etiqueta “START”. En este punto se carga el primer valor, y el resto de la ecuación es dividida en pequeños segmentos. El único cambio significativo es que el “AND NOT” cambia por “ADN”.

Tabla 3.

Operadores y nemónicos que establece el estándar IEC 1131.

NEMÓNICO	MODIF.	TIPO DE DATOS	DESCRIPCION
LD	N	VARIADO	Cargue el valor leído
ST	N	VARIADO	Almacene el resultado en la locación
S,R		BOOLEANO	Set o Reset el valor actual(flip-flop)
AND , &	N, (	BOOLEANO	AND Booleana
OR	N, (	BOOLEANO	OR Booleana
XOR	N, (	BOOLEANO	OR Exclusiva Booleana
ADD	(	VARIADO	Suma
SUB	(	VARIADO	Sustracción
MUL	(	VARIADO	Multiplicación
DIV	(	VARIADO	División
GT	(	VARIADO	Mayor que (>)
GE	(	VARIADO	Mayor o igual que (>=)
EQ	(	VARIADO	Igual que(=)
EN	(	VARIADO	Distinto que(<>)
LE	(	VARIADO	Menor que(<)
LT	(	VARIADO	Menor o igual que(<=)
JMP	C, N	ETIQUETA	Salto a la dirección
CAL	C, N	NOMBRE	Llamada a subrutina
RET	C, N	NOMBRE	Retorno subrutina
)			Leer del “stack”

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

Tabla 4.

Tabla de equivalencias diagrama escalera - Lista de instrucciones.

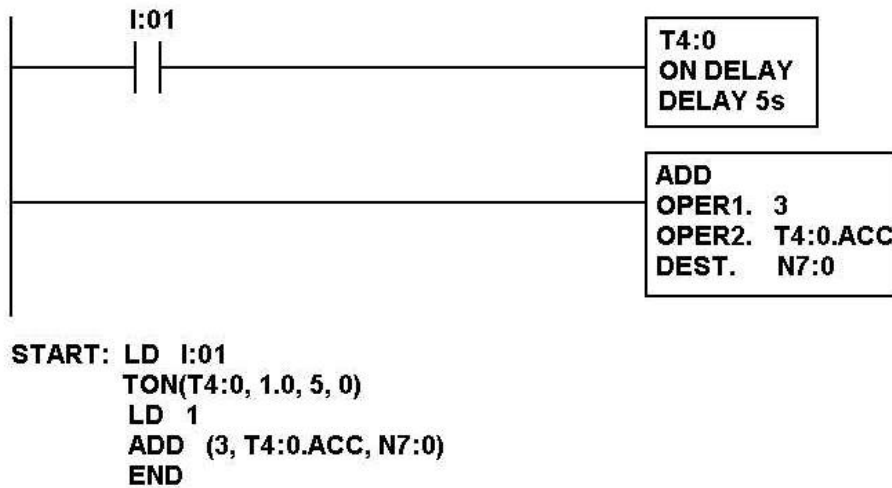
DIAGRAMA ESCALERA	LISTA
	LD A ST X
	LDN A ST X
	LD A AND B ST X
	LD A OR B AND C ST X
	LD A LD B OR C ANB ST X
	LD A OR B LD C OR D ANB ST X

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Con el lenguaje lista de instrucciones también se pueden representar instrucciones más complejas como la que se muestra en la Figura 115.

Figura 115.

Función compleja programada en lista de instrucciones.



Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

En esta instrucción se suma el valor decimal 3 con el contenido del acumulador del temporizador T4:0, y se almacena en la dirección de memoria N7.0.

3.5 Programación en texto estructurada (orientado al lenguaje Basic)

Es un lenguaje de programación similar al C, al Pascal, al BASIC estructurado, etc. Formando parte del estándar IEC 1131, sus características generales son:

- a) El lenguaje puede usar tanto las direcciones de memorias normales de I/O como nombres de variables. TESTER, I, I:000, T4:0, T4:0/ACC, MOTOR, TANQUE, I:000/00.
- b) Los nombres de las variables pueden ser cualquiera excepto nombres de instrucciones y los listados a continuación:
START, DATA, PROJECT, SFC, LADDER, I/O, ASCII, CAR, FORCE, PLC2, CONFIG, INC, ALL, YES, NO, STRUCTURED TEXT.
- c) Las variables se declaran de la siguiente forma:

Tabla 5.

Declaración de variables.

Declaración	Descripción
VAR	Declaración general de variables
VAR_INPUT	Declaración de variables de entradas a una función
VAR_OUTPUT	Declaración de variables de salida de una función
VAR_IN_OUT	Declara variables de entrada / salida de una función
VAR_EXTERNAL	

Declaración	Descripción
VAR_GLOBAL	Declaración de variable global
VAR_ACCESS	
RETAIN	Variable memorizada ante un corte de energía
CONSTANT	Valor que no cambia

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

- d) Las instrucciones pueden usar indistintamente mayúsculas o minúsculas.
- e) Las instrucciones pueden ser concatenadas o anidadas.
- f) Los comentarios deben estar en líneas que comienzan con “;”.
- g) El sistema numérico corresponde al siguiente:

Tabla 6.

Sistema numérico.

Tipo de Número	Ejemplos
Enteros	-100, 0, 100
Reales	-100.0, 0.0, 100.0
Exponentes	-1.0E-2, 0.0E0, 1.0E2
Binarios	2#111111111
Octales	8#123, 8#777, 8#14
Hexadecimal	16#FF, 16#FF, 16#9a, 16#01
Booleano	0, FALSE, TRUE

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

h) Las cadenas de caracteres usables se muestran a continuación:

Tabla 7.

Cadenas de caracteres válidos.

Ejemplos	Descripción
''	Cadena vacía.
' ', 'a', '\$', '\$\$'	Un espacio, un carácter, una comilla, símbolo \$(dólar)
'\$R\$L', '\$r\$1'', '\$0D\$0A'	Produce la combinación ASCII <CR>, <LF>
'\$P', '\$p'	Avance página.
'\$T', '\$t'	Tabulador <TAB>

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

i) Las bases de tiempo típicas se muestran a continuación:

Tabla 8.

Bases de tiempo típicas.

Valores de tiempo	Ejemplos
2.5 ms	T#25ms, T#25. 0ms, TIME#25.0ms, T#-25ms, t#25ms
5.5 horas	TIME#5.3h. T#5.3h, T#5h_30m. T#5h30m
3 días, 5 horas, 6 min, 46 seg.	TIME#3d5h6m36s, T#3d_5h_6m_36s

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

- j) Variables calendario se usan para comparar fechas y tiempos en el sistema.

Tabla 9.

Variables tipo calendario.

Descripción	Ejemplos
Fechas	DATE#1996-12-25. D#1996-12-25
Hora	TIME_OF_DAY#12:42:50.92.
Fecha y Hora	DATE_AND_TIME#1996-12-25-12:42:50.92. DT#1996-12-25-12:42:50.92

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

- k) Funciones matemáticas básicas.

Tabla 10.

Funciones matemáticas.

Función	Descripción
:=	Asigna una variable
+	Suma
-	Sustracción
/	División
*	Multiplicación
MOD(A, B)	Módulo. Provee el entero resultante de dividir A/B
SQR(A)	Raíz cuadrada
FRD(A)	Convertir de BCD a Decimal
TOD(A)	Convertir de Decimal a BCD
NEG(A)	Cambiar de signo +/-
LN(A)	Logaritmo natural
LOG(A)	Logatirmo base 10

Función	Descripción
DEG(A)	Convertir de radianes a grados
RAD(A)	Convertir de grados a radianes
SIN(A)	Seno
COS(A)	Coseno
TAN(A)	Tangente
ASN(A)	Arcoseno
ACS(A)	Arcocoseno
ATN(A)	Arcotangente
TAN(A)	Arcotangente
XPY(A,B)	“A” elevado a la “B”
A**B	“A” elevado a la “B”

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

I) Funciones lógicas de comparación.

Tabla 11.

Funciones lógicas de comparación.

Función	Descripción
>	Mayor que
>=	Mayor o igual que
=	Igual que
<=	Menor o igual que
<	Menor que
<>	Diferente de

Nota. Adaptado de *Sistemas de automatización industrial*, por C. Núñez, 2019e.

m) Funciones de lógica Booleana.

Tabla 12.

Funciones de lógica Booleana.

Función	Descripción
AND(A,B)	“Y” lógica
OR(A,B)	“O” lógica
XOR(A,B)	“O” exclusiva
NOTA(A)	Negación o inversión lógica
!	Negación o inversión lógica

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

n) Estructuras de ejecución y lazos.

Tabla 13.

Estructuras de ejecución y lazos.

Instrucción	Descripción
RETAIN()	Causa que un bit sea memorizado
IIN();	Actualiza una entrada (Immediate Input Update)
EXIT;	Sale de un lazo FOR o While
EMPTY	

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

o) Instrucciones especiales.

Tabla 14.

Instrucciones especiales.

Instrucción	Descripción
RETAIN()	Causa que un bit sea memorizado
IIN();	Actualiza una entrada (Immediate Input Update)
EXIT;	Sale de un lazo FOR o While
EMPTY	

Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

En el siguiente ejemplo, se acepta una entrada en BCD proveniente de la dirección (I:000) y se usa para cambiar el tiempo de retardo de un temporizado “al trabajo” que en combinación con el estado de la entrada (I:002/00) activa la salida (O:001/00).

```
FRD (I:000, DELAY_TIME);  
IF (I:002/00) THEN  
    TON (T4:0, 1.0, DELAY_TIME, 0);  
ELSE  
    RES (T4:0);  
END_IF;  
O:001/00 := T4:0.DN;
```

3.6 Elementos de programación

La memoria en una computadora se hace posible a través de la organización de los bits en carriles de longitud fija llamadas unidades modulares.

Una de las dos unidades modulares utilizadas es el byte, que es un carril de ocho bits que puede representar un número del 0 al 255, o un código (por ejemplo, una letra, numeral o signo de puntuación).

La otra unidad modular es la palabra (Word), la cual tiene una longitud definida por el hardware de la máquina; típicamente es un byte o algún múltiplo par de un byte (16, 32, 64, 128). Una palabra se refiere

al número de bits que se manejan como unidad dentro del bus de un sistema de computación en particular o durante el procesamiento interno. De manera que una palabra en una máquina de 16 bits contiene 2 bytes, y una palabra doble (o una palabra simple de 32 bits) contendría cuatro bytes.

3.6.1 Bit

Bit es la abreviación de Binary Digit (digito binario), la cual en términos técnicos es la menor unidad de información de una computadora. Un bit tiene solamente un valor (que puede ser 0 o 1). Varios bits combinados entre sí dan origen a otras unidades, como “byte”, “mega”, “giga” y “Tera”.

Toda la información procesada por una computadora se mide y codifica en bits. Los tamaños de los archivos se expresan en bits, las tasas de transferencia se miden en bits, y toda la información ingresada por el usuario es convertida a bits para que la computadora pueda interpretarla.

3.6.2 Byte

Un byte es la unidad fundamental de datos en los ordenadores personales, un byte son ocho bits contiguos. El byte es también la unidad de medida básica para memoria, almacenando el equivalente a un carácter.

3.6.3 Memorias

El Bit es la unidad de una señal binaria. 1 bit es la menor unidad de información y puede adoptar los estados “1” ó “0”.

Un Byte está formado por 8 caracteres binarios sucesivos. Así pues, un byte tiene una longitud de 8 bits. En un P.L.C. esto permite agrupar en un byte de entrada (IB), un byte de salida (QB) los estados de señal de 8 entradas u 8 salidas binarias. De la misma manera que para las entradas/salidas, se hablará de byte de marca interna (MB) o de byte de memoria especial (VB).

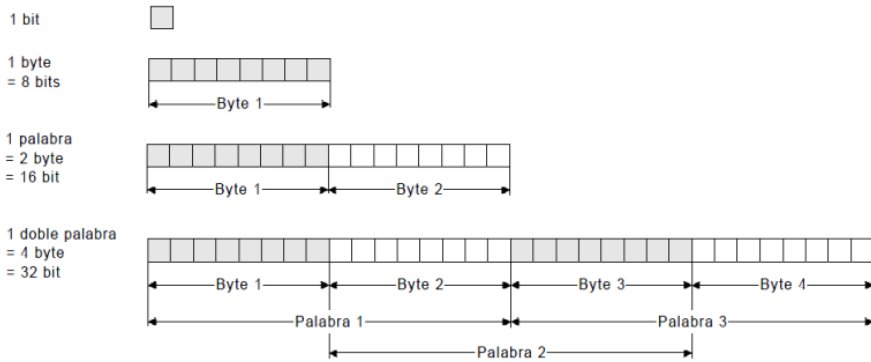
Si se agrupan 2 byte - es decir, 16 bit - formando una unidad, entonces las 16 posiciones binarias forman una palabra. En el P.L.C. los estados de señal de 16 entradas o 16 salidas se agrupan en una palabra de entrada (IW), una palabra de salida (QW), una palabra de marca interna (MW), o en una palabra de memoria variable (VW).

Si finalmente agrupamos dos palabras, obtenemos una doble palabra que estará formada por 32 bits. Los PLC más avanzados permiten trabajar con dobles palabras de entradas, salidas, marcas internas y memoria de variables, lo que permite un manejo más eficiente de grandes cantidades de datos en aplicaciones complejas (López, 2018).

Manejo de rangos por tramos según bit, byte o palabra.

Figura 116.

Manejo de rangos por tramos según bit, byte o palabra.



Nota. Fuente: *Programación en s7200* (s. f.).

Tabla 15.

Indicadores de tamaño de los datos.

Tamaño de los datos	Margen de enteros sin signo		Margen de enteros con signo	
	Decimal	Hexadecimal	Decimal	Hexadecimal
B (byte): valor de 8 bits	0 a 255	0 a FF	-128 a 127	80 a 7F
W (palabra): valor de 16 bits	0 a 65.535	0 a FFFF	-32.768 a 32.767	8000 a 7FFF
D (palabra doble): valor de 32 bits	0 a 4.294.967.295)	0 a FFFF FFFF	-2.147.483.648 a 2.147.483.647	8000 0000 a 7FFF FFFF

Nota. Fuente: *Programación en s7200* (s. f.).

3.6.4 Acceso a un Bit

Para acceder a un bit en especial cuando se trabajó bajo la marca Siemens S7 200 se utiliza el siguiente proceso

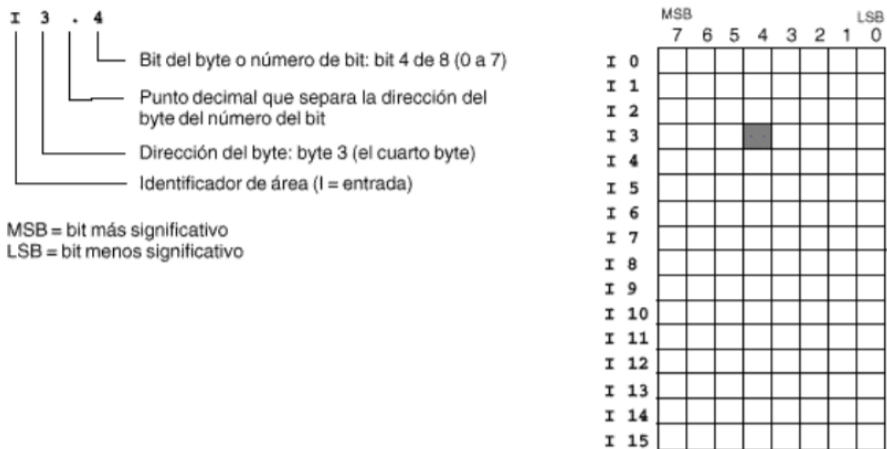
“Identificador de área” “dirección del byte” “Nº del bit”

Ejemplo: I 0.0 -> el bit 0 del byte 0 de las entradas

Manejo según tabla de direccionamiento:

Figura 117.

Manejo de tabla de direccionamiento.



Nota. Fuente: *Programación en s7200* (s. f.).

3.7 Elementos de programación avanzada

A continuación, se verán los diferentes tipos de funciones avanzadas, en base a una metodología por señales de mando con la finalidad de entender el funcionamiento de cada función en forma general y así se pueda dar una visión general para todas las marcas de PLCs.

3.7.1 Temporizadores

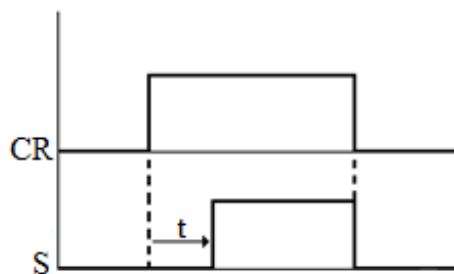
3.7.1.1 Función temporización a la excitación

La salida es una señal que hace el paso del estado lógico “0” al estado lógico “1” un tiempo t después de que lo haya hecho la señal de mando, y se mantiene en ese estado hasta que la entrada se desenergice, es en ese momento cuando la salida vuelve a su estado original.

Diagrama de tiempo

Figura 118.

Diagrama de tiempo función temporización a la excitación.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

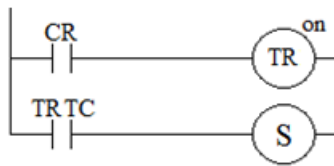
Ecuación:

$$S = CR^{te}$$

Diagrama Ladder

Figura 119.

Diagrama Ladder función temporización a la excitación.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

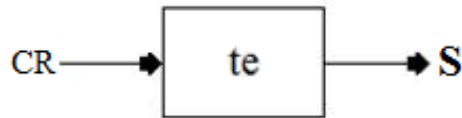
El circuito Ladder contiene un interruptor, el cual, al ser presionado energiza una bobina cerrando así un contacto NA asociado a la bobina previamente energizada. Este contacto como se encuentra en estado cerrado permite el paso de la corriente, energizando la bobina de temporización TR ON, la cual retarda un tiempo t programado para que se presente el cierre del contacto TR TC, para obtener finalmente, la señal de salida.

Diagrama de bloque

El diagrama de bloque mostrado de la siguiente figura representa el diagrama Ladder de la función temporización a la excitación.

Figura 120.

Bloque función temporización a la excitación.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinatoriales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

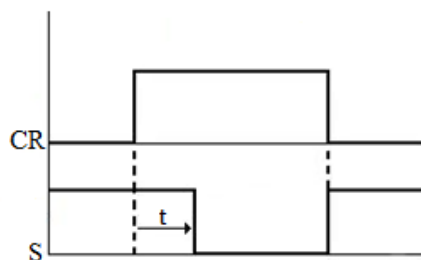
3.7.1.2 Función temporización a la excitación negada

La salida es una señal que hace el paso del estado lógico "1" al estado lógico "0" un tiempo t después de que lo haya hecho la señal de mando, y se mantiene en ese estado hasta que la entrada se desenergice, es en ese momento cuando la salida vuelve a su estado original.

Diagrama de tiempo

Figura 121.

Diagrama de tiempo función temporización a la excitación negada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinatoriales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

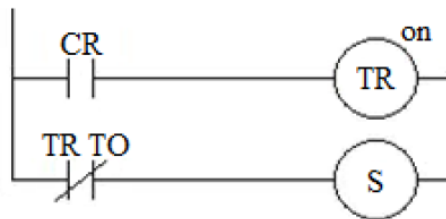
Ecuación:

$$S = \overline{CR}^{te}$$

Diagrama Ladder

Figura 122.

Diagrama Ladder función temporización a la excitación negada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

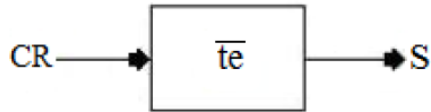
El circuito Ladder contiene un interruptor, el cual, al ser presionado energiza una bobina cerrando así un contacto NA asociado a la bobina previamente energizada. Este contacto como se encuentra en estado cerrado permite el paso de la corriente, energizando la bobina de temporización TR ON la cual retarda un tiempo t programado para abrir el contacto TR TO, desenergizando así la señal de salida.

Diagrama de bloque

El diagrama de bloque mostrado en la siguiente figura representa el diagrama Ladder de la función temporización a la excitación negada.

Figura 123.

Bloque función temporización a la excitación negada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

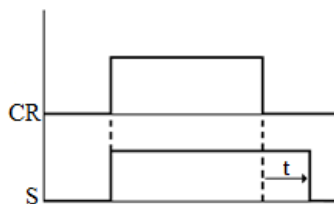
3.7.1.3 Función temporización a la desexcitación

La salida es una señal que hace el cambio del estado lógico “0” al estado lógico “1” cuando la señal de mando hace su aparición, el comportamiento de esta función se observa una vez la señal de entrada es desenergizada, es entonces cuando la salida se retarda un tiempo t para que efectúe el cambio de estado lógico “1” al estado lógico “0” o vuelva a su posición original.

Diagrama de tiempo

Figura 124.

Diagrama de tiempo función temporización a la desexcitación.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

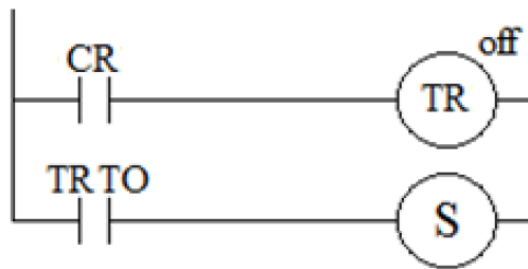
Ecuación:

$$S = CR^{td}$$

Diagrama Ladder

Figura 125.

Diagrama Ladder función temporización a la desexcitación.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

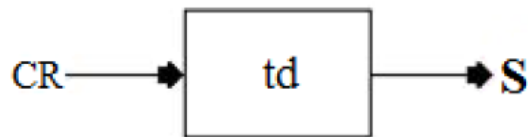
El circuito Ladder contiene un pulsador, que al ser accionado energiza una bobina que cierra un contacto NA, permitiendo el flujo de corriente energizando la bobina de temporización TR OFF, el contacto TR TO asociado a esta bobina funciona como un contacto instantáneo, haciendo que se presente la señal de salida. La función muestra su comportamiento una vez se deje de presionar el pulsador, es decir, que la bobina de temporización esté desenergizada, es entonces, cuando actúa contando un tiempo t programado para desenergizar la señal de salida.

Diagrama de bloque

El diagrama de bloque mostrado en la siguiente figura representa el diagrama Ladder de la función temporización a la desexcitación.

Figura 126.

Bloque función temporización a la desexcitación.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

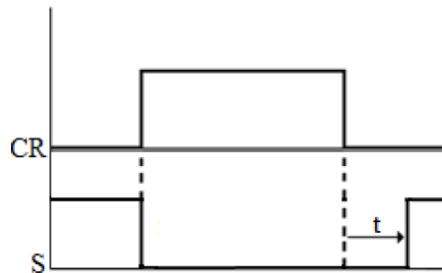
3.7.1.4 Función temporización a la desexcitación negada

La salida es una señal que cambia del estado lógico “1” al estado lógico “0” una vez la señal de mando haga su aparición, cuando la entrada es desenergizada, la salida se retarda un tiempo t para hacer el cambio del estado lógico “0” al estado lógico “1”.

Diagrama de tiempo

Figura 127.

Diagrama de tiempo función temporización a la desexcitación negada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

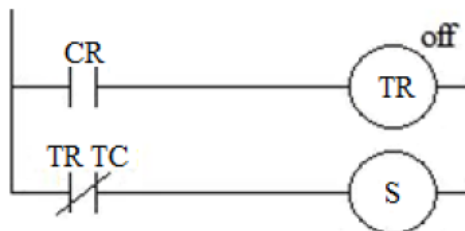
Ecuación:

$$S = \overline{CR^t d}$$

Diagrama Ladder

Figura 128.

Diagrama Ladder función temporización a la desexcitación negada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

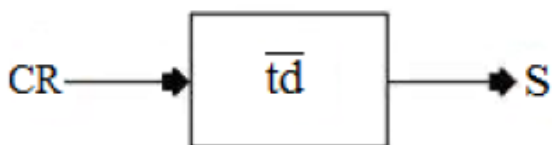
El circuito Ladder contiene un pulsador, que al ser presionado energiza un contacto NA energizando la bobina de temporización. El contacto TR TC asociado a esta bobina, actúa de forma instantánea desenergizando la señal de salida. El comportamiento de esta función se presenta cuando se deja de accionar el pulsador y la bobina temporizada se desenergiza, ahí es cuando, transcurrido el tiempo t programado, el contacto TR TC se cierra y se presenta nuevamente la señal de salida.

Diagrama de bloque

El diagrama de bloque mostrado en la Figura 129 representa el diagrama Ladder de la función temporización a la desexcitación negada.

Figura 129.

Bloque función temporización a la desexcitación negada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

3.7.2 Contadores

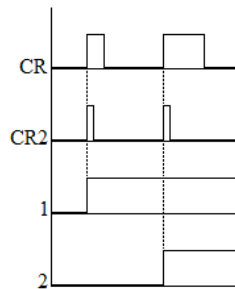
3.7.2.1 Función contador flancos de subida

La cantidad de veces que se desea contar cuando se presenta un flanco de subida, es el número de salidas que se van a obtener en el diagrama de tiempo. La salida es una señal que hace el cambio del estado lógico “0” al estado lógico “1” una vez la señal de mando se energice.

Diagrama de tiempo

Figura 130.

Diagrama de tiempo función contador flancos de subida.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

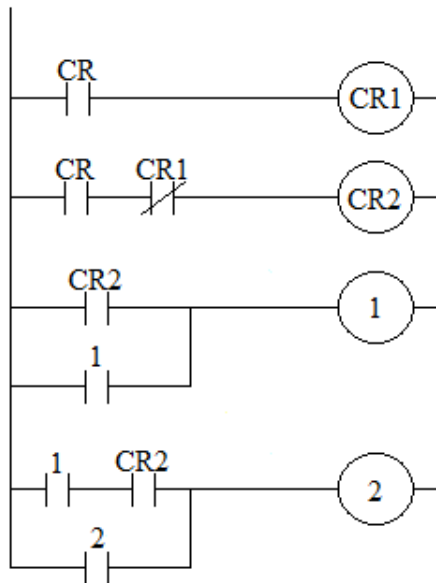
Ecuación

$$S = CR^{\#C\uparrow}$$

Diagrama Ladder

Figura 131.

Diagrama de tiempo función contador flancos de subida.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

El circuito Ladder cuenta las veces que se presiona un pulsador por medio del conteo de los de flancos de subida.

Diagrama de bloque

El diagrama de bloque mostrado en la Figura 132 representa el diagrama Ladder de la función contador flancos de subida.

Figura 132.

Bloque función contador flancos de subida.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

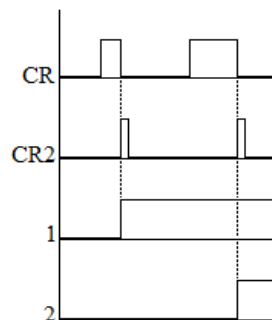
3.7.2.2 Función contador flancos de bajada

La cantidad de veces que se desea contar cuando se presenta un flanco de bajada, es el número de salidas que se van a obtener en el diagrama de tiempo. La salida es una señal que hace el cambio del estado lógico “0” al estado lógico “1” una vez la señal de mando se desenergice.

Diagrama de tiempo

Figura 133.

Diagrama de tiempo función contador flancos de bajada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

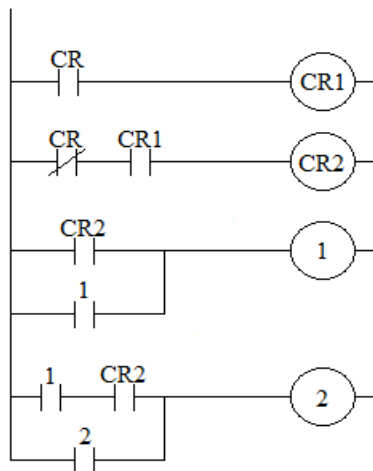
Ecuación:

$$S = CR \# C \downarrow$$

Diagrama Ladder

Figura 134.

Diagrama de tiempo función contador flancos de bajada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

El circuito Ladder cuenta las veces que se presiona un pulsador por medio del conteo de los de flancos de bajada.

Diagrama de bloque

El diagrama de bloque mostrado en la Figura 135 siguiente representa el diagrama Ladder de la función contador flancos de bajada.

Figura 135.

Bloque función contador flancos de bajada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

3.7.2.3 Función contador flancos de subida y bajada

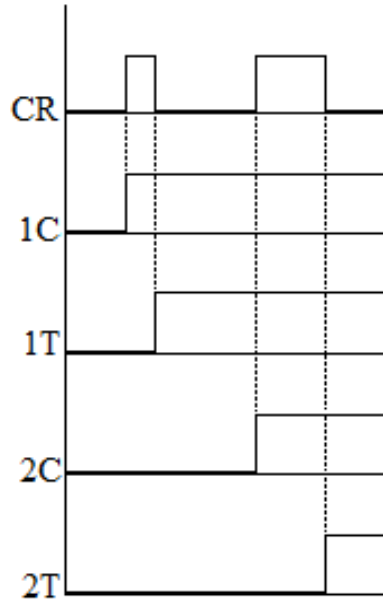
En esta función, el número de salidas está determinado por la cantidad de veces que se desea contar tanto los flancos de subida como los flancos de bajada.

Una señal de salida hace el cambio de estado lógico “0” al estado lógico “1” cuando la señal de mando es activada, y otra señal de salida efectúa el mismo cambio de estado lógico, cuando la señal de mando es desactivada.

Diagrama de tiempo

Figura 136.

Diagrama de tiempo función contador flancos de bajada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

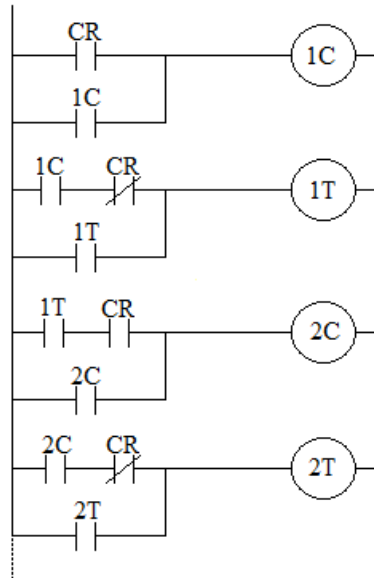
Ecuación:

$$S = CR^{\#C\downarrow}$$

Diagrama Ladder

Figura 137.

Diagrama de tiempo función contador flancos de subida y bajada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

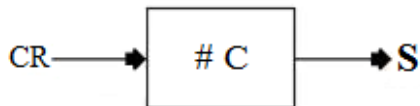
El circuito Ladder cuenta las veces que se presiona un pulsador y las veces que se suelta, haciendo uso del conteo de flancos de subida y flancos de bajada.

Diagrama de bloque

El diagrama de bloque mostrado en la figura siguiente representa el diagrama Ladder de la función contador flancos de subida y bajada.

Figura 138.

Bloque función contador flancos de bajada.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

3.7.3 Comparadores

Para ejecutar operaciones de comparación se necesitan manejar bloques de funciones especiales que determinen comparaciones entre dos o más variables de entrada, para esto se necesitan conocer de algunas funciones de operación de comparación como las que veremos a continuación:

EQU, NEQ, LES, LEQ, GRT, GEQ, MEQ, LIM

La mayoría de las instrucciones de comparación usan dos parámetros:

- Source A (origen A) y Source B (origen B).
(MEQ y LIM tienen un parámetro adicional).

No pueden ser valores inmediatos ambos orígenes.

Los rangos válidos de estas instrucciones son:

- De -32768 a 32767 (palabra).
- De -2,147,483,648 a 2,147,483,647 (palabra larga).

3.7.3.1 EQU (Equal) / NEQ (Not Equal)

La instrucción EQU se usa para probar si un valor es igual a otro valor.

La instrucción NEQ se usa para probar si un valor no es igual a otro valor, como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 16.

Relaciones variables según la función EQU/NEQ.

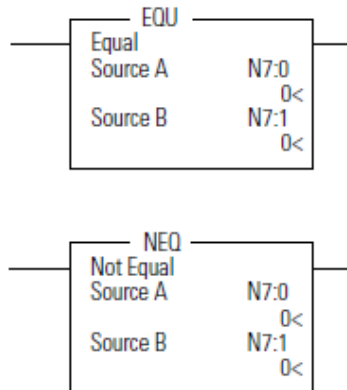
Instrucción	Relación de valores de origen	Estado del renglón resultante
EQU	$A = B$	Verdadero
	$A \neq B$	Falso
NEQ	$A = B$	Falso
	$A \neq B$	Verdadero

Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

Funciones utilizadas en algunas maracas de PLC corresponden o tienen la siguiente forma.

Figura 139.

Bloque función EQU/NEQ para una marca PLC Siemens.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

3.7.3.2 GRT (Greater Than) / LES (Less Than)

La instrucción GRT se usa para probar si un valor es mayor que otro valor. La instrucción LES se usa para probar si un valor es menor que otro valor.

Tabla 17.

Relaciones variables según la función GRT/LES.

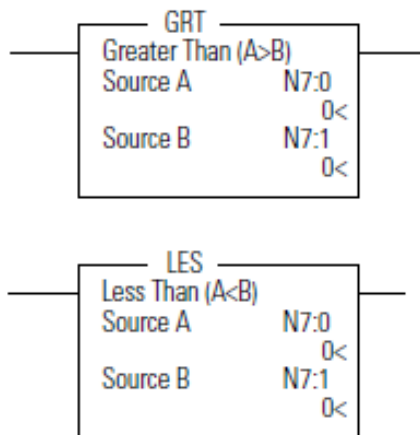
Instrucción	Relación de valores de origen	Estado del renglón resultante
GRT	$A > B$	Verdadero
	$A \leq B$	Falso
LESS	$A \geq B$	Falso
	$A < B$	Verdadero

Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

Funciones utilizadas en algunas marcas de PLC corresponden o tienen la siguiente forma.

Figura 140.

Bloque función GRT/LES para una marca PLC Siemens.



Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

3.7.3.3 GEQ (*Greater than or Equal to*) / LEQ (*Less Than or to*)

La instrucción GEQ se usa para probar si un valor es mayor o igual que otro valor. La instrucción LEQ se usa para probar si un valor es menor o igual que otro valor.

Tabla 18.

Relaciones variables según la función GEQ/LEQ.

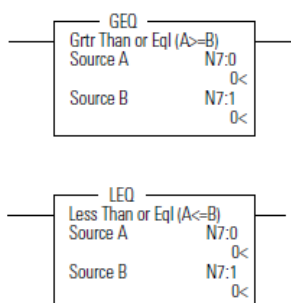
Instrucción	Relación de valores de origen	Estado del renglón resultante
GEQ	$A \geq B$	Verdadero
	$A < B$	Falso
LEQ	$A > B$	Falso
	$A \leq B$	Verdadero

Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

Funciones utilizadas en algunas marcas de PLC corresponden o tienen la siguiente forma.

Figura 141.

Bloque función GEQ/LEQ para una marca PLC Siemens.



Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

3.7.3.4 MEQ (Mask Compare for equal)

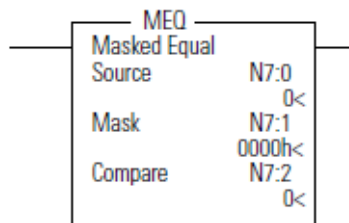
La instrucción MEQ se usa para comparar si un valor (origen) es igual que otro valor (comparación) a través de una máscara.

- El valor de origen y comparación se unen lógicamente mediante AND con la máscara.
- Luego estos resultados se comparan uno con otro. Si los valores resultantes son iguales, el estado del renglón es verdadero.
- Si los valores resultantes no son iguales, el estado del renglón es falso.

Funciones utilizadas en algunas marcas de PLC corresponden o tienen la siguiente forma.

Figura 142.

Bloque función MEQ para una marca PLC Siemens.



Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

LIM (Limit Test)

La instrucción LIM se usa para probar si los valores están dentro o fuera de un rango especificado. La instrucción LIM se evalúa basada

en los valores de los parámetros Low Limit, Test y High Limit, tal como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 19.

Relaciones variables según la función LIM.

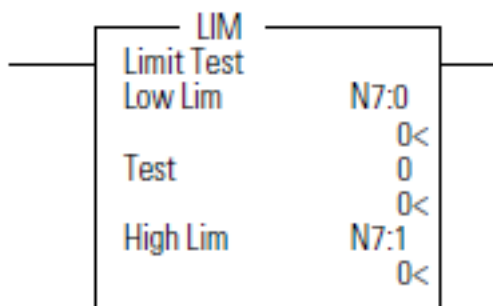
Cuando	Y:	Estado del renglón
$Low\ Limit \leq High\ Limit$	$Low\ Limit \leq Test \leq High\ Limit$	verdadero
$Low\ Limit \leq High\ Limit$	$Test < Low\ Limit$ o $Test > High\ Limit$	falso
$High\ Limit < Low\ Limit$	$High\ Limit < Test < Low\ Limit$	falso
$High\ Limit < Low\ Limit$	$Test \geq High\ Limit$ o $Test \leq Low\ Limit$	verdadero

Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

Funciones utilizadas en algunas marcas de PLC corresponden o tienen la siguiente forma.

Figura 143.

Bloque función LIM para una marca PLC Siemens.



Nota. Adaptado de *Instrucciones de Comparación*, por Quintal (s.f.-b).

Los valores de los parámetros Low Limit, Test y High Limit pueden ser direcciones de palabra o constantes, restringidos a las siguientes combinaciones:

- Si el parámetro Test es una constante, los parámetros Low Limit y High Limit deben ser direcciones de palabra o palabra larga.
- Si el parámetro Test es una dirección de palabra o palabra larga, los parámetros Low Limit y High Limit pueden ser una dirección de palabra, palabra larga o constante.
- Pero los parámetros Low Limit y High Limit no pueden ser ambos constantes, si el test también es una constante.

La combinación de parámetros de diferentes tamaños requiere que todos los parámetros se adapten al formato del parámetro de mayor tamaño. Por ejemplo, cuando se utilizan una palabra y una palabra larga, la palabra debe convertirse en una palabra larga para mantener la consistencia en el formato (López, 2018).

Los rangos de los datos son:

- De -32768 a 32767 (palabra).
- De -2,147,483,648 a 2,147,483,647 (palabra larga).

3.7.4 Funciones especiales

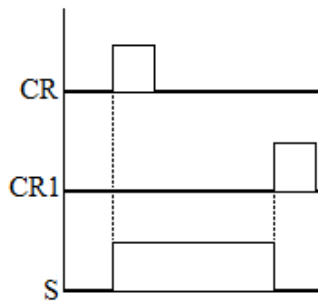
3.7.4.1 Función relé de enclavamiento

La salida es una señal que hace el cambio del estado lógico “0” al estado lógico “1” cuando la primera señal de entrada es energizada, la señal de salida se mantiene en ese estado hasta que una segunda señal de entrada se presente, es en ese momento cuando la salida se desenergiza pasando del estado lógico “1” al estado lógico “0”.

Diagrama de tiempo

Figura 144.

Diagrama de tiempo relé de enclavamiento.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

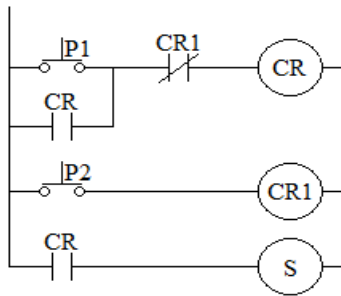
Ecuación:

$$S = CR \bullet \overline{CR1}$$

Diagrama Ladder

Figura 145.

Diagrama Ladder relé de enclavamiento.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

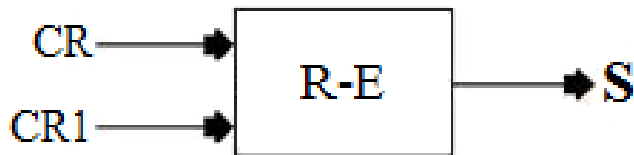
El circuito Ladder contiene dos pulsadores, un pulsador P1 encargado de energizar una bobina principal CR, que se mantiene en ese estado gracias a su contacto de sello, la cual a su vez permite la energización de la salida. Cuando se quiere desenergizar la salida es necesario presionar el pulsador P2, ya que este energiza la bobina CR1 que es la encargada de desenergizar la bobina principal.

Diagrama de bloques

El diagrama de bloque mostrado en la Figura 146 siguiente representa el diagrama Ladder de la función relé de enclavamiento.

Figura 146.

Diagrama de Bloques relé de enclavamiento.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

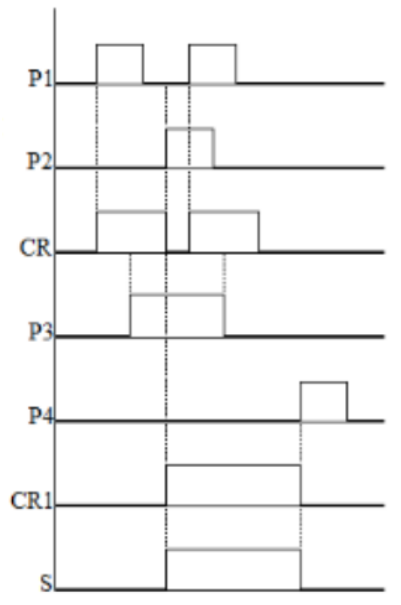
3.8 Función relé de auto-retención

La salida es una señal que se activa siempre y cuando se presente una señal de mando que produzca el cambio de un estado lógico “0” a un estado lógico “1”, además de que la señal de bloqueo se encuentre desactivada. La señal de bloqueo sólo interrumpe el cambio de un estado bajo a un estado alto en la señal de salida, por tal motivo, al momento de querer desactivar la salida se hace necesaria la utilización de otra señal de mando.

Diagrama de tiempo:

Figura 147.

Diagrama de tiempo función Relé de auto-retención.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

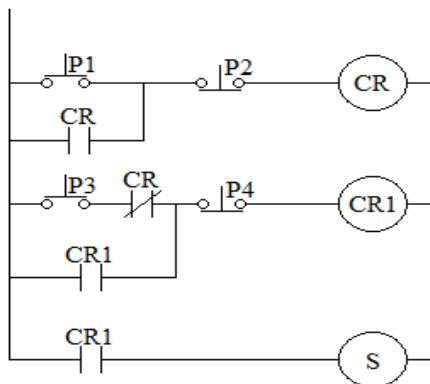
Ecuación:

$$S = (P_3 \bullet \overline{(P_1 + CR) \bullet P_2}) + CR1 \bullet P_4$$

Diagrama Ladder:

Figura 148.

Diagrama Ladder función relé de auto-retención.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

El circuito Ladder contiene dos pulsadores P1 y P2 que controlan la activación y desactivación de la bobina de bloqueo CR, y otros dos pulsadores P3 y P4 que controlan la energización y desenergización de la bobina CR1. Cuando se acciona P1, se activa la bobina CR cerrando su contacto de sello y abriendo el contacto NC asociado a esta bobina, en ese momento, aunque se presione P3 la bobina CR1 no se activa por lo que la salida S no se presenta, cuando se presiona P2 la bobina CR se desenergiza y sus contactos vuelven a su estado original. Si se presiona P3 de nuevo se activa la bobina CR1 cerrando sus contactos asociados NA y permitiendo que la salida S pase a un estado lógico alto, y se mantiene en ese estado hasta que se presione P4, sin importar que la bobina CR se energice nuevamente y abra el contacto NC asociado a ella.

Diagrama de bloque:

El diagrama de bloque mostrado en la Figura 149 representa el diagrama Ladder de la función relé de auto-retención.

Figura 149.

Diagrama de bloque función relé de auto-retención.



Nota. Adaptado de *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*, por M. A. B. Saldarriaga & J. S.G. .Betancourt, 2010.

3.9 Estructura GRAFCET

La mayoría de los procesos funcionan secuencialmente, pero con un solo estado activo a la vez. Sin embargo, existen máquinas más complejas que son diseñadas para realizar varias operaciones al mismo tiempo. Este último tipo de máquina o proceso amerita que el controlador sea capaz de realizar procesos concurrentes. Es decir, el procesador debe ser capaz de realizar las actividades correspondientes a dos o más etapas que estén activas al mismo tiempo. Este último requerimiento puede lograrse con técnicas tales como los Gráficos de Funciones Secuenciales (SFC: Sequential Function Charts), conocido también como el estándar IEC 848, o sencillamente como GRAFCET (Gráficos Funcionales de Control de Etapas y Transiciones).

Creado en Francia, en el año 1977, por AFCET (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique) y ADEPA (Association pour le Développement de Production Automatisée). Surge ante la necesidad de disponer de un método de descripción de procesos secuenciales que fuera eficaz, simple e interpretable por técnicos de diferentes campos.

3.9.1 Definición GRAFCET

GRAFCET es un método gráfico de sintaxis simple, para especificar la automatización industrial, el cual está compuesto por comandos concisos y poderosos (Núñez, 2019c).

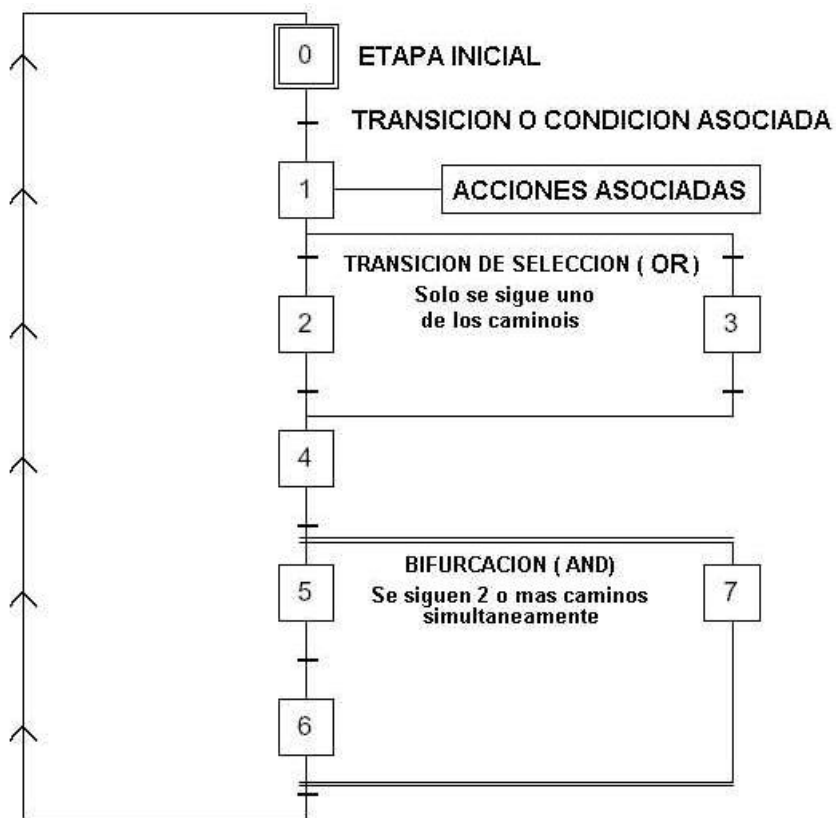
El GRAFCET es un método gráfico ampliamente utilizado para describir las especificaciones de cualquier automatismo. Entre sus principales ventajas destaca que permite la programación directa desde el propio gráfico, sin necesidad de traducirlo a otros lenguajes como el de contactos o LADDER. Además, facilita el seguimiento etapa por etapa del proceso automatizado, lo que permite localizar problemas de manera sistemática, optimizando así los tiempos de diagnóstico y solución (López, 2018).

El GRAFCET permite la representación de los sistemas secuenciales mediante la sucesión alternada de etapas y transiciones.

Los elementos básicos de una carta GRAFCET típica se muestran a continuación.

Figura 150.

Elementos básicos de una carta GRAFCET.



Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

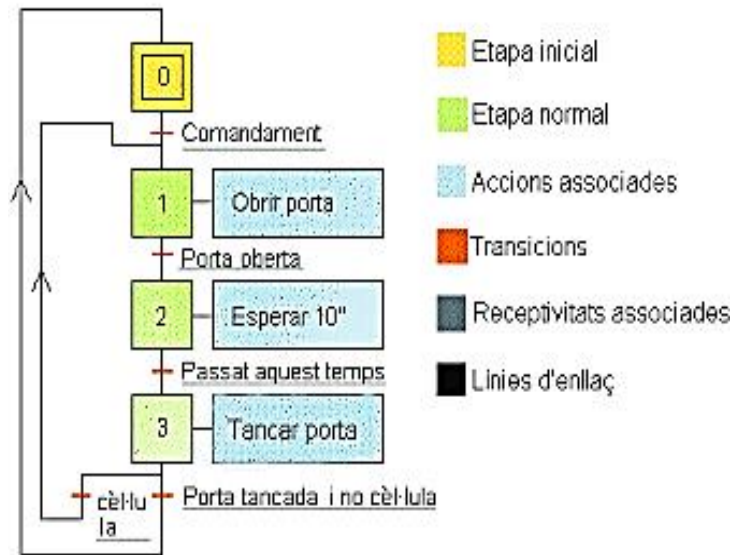
3.9.2 Elementos del GRAFCET

Se puede listar los elementos que comprenden un GRAFCET:

1. Etapas iniciales.
2. Etapas normales.
3. Acciones asociadas.
4. Transiciones.
5. Acciones asociadas condicionadas.
6. Transiciones Líneas de enlace.

Figura 151.

Elementos de un GRAFCET.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

3.9.2.1 Etapas

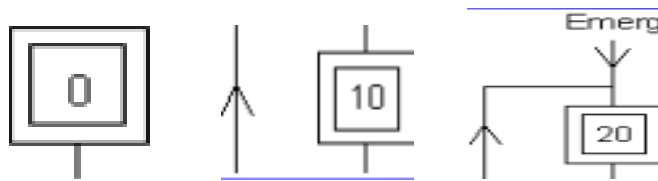
Etapas iniciales: una etapa inicial se representa con un doble cuadrado. Las etapas iniciales de un sistema se activan al iniciar el GRAFCET. Una vez se han iniciado, las etapas iniciales tienen el mismo tratamiento que las otras etapas. Un sistema debe tener como mínimo una etapa inicial.

Tipos

- Etapa inicial sin retorno.
- Etapa inicial con retorno.
- Etapa inicial con retorno y con activación forzada.

Figura 152.

Tipos de etapas.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

3.9.2.2 Acciones asociadas

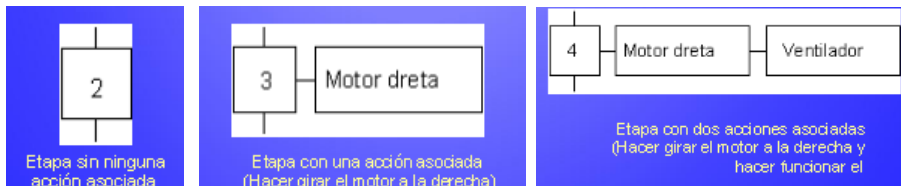
Una etapa sin ninguna acción asociada puede servir para hacer detener una acción mono estable que se realizaba en la etapa anterior, o como etapa de espera. Una acción asociada indica que al estar activa la etapa la acción se ejecuta.

En una etapa puede haber múltiples acciones asociadas. Si en un sistema en un momento concreto hay una sola etapa activa, entonces, solamente estarán funcionando los elementos activados por las acciones asociadas en esa etapa (a no ser que en otra etapa se haya activado de forma biestable (set-reset) otra acción).

3.9.2.3 Tipos de acciones asociadas

Figura 153.

Tipos de acciones asociadas.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

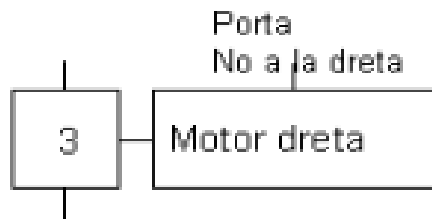
3.9.2.4 Acciones asociadas condicionadas

La acción por realizar en una o más de las acciones asociadas a una etapa, puede estar condicionada a una función booleana adicional. En el rectángulo donde se representa la acción asociada, hay una entrada para las condiciones.

Ejemplo: en este caso el motor girara a la derecha mientras esté activa la etapa 3 y además la puerta no haya llegado ya a la derecha.

Figura 154.

Ejemplo de acciones asociadas condicionada.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

3.9.2.5 Transiciones

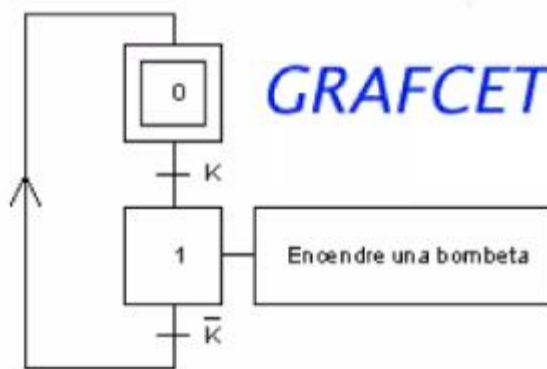
Las transiciones representan las condiciones que el sistema debe superar para poder pasar de una etapa a la siguiente. Al pasar una transición, el sistema deja de estar en una etapa e inmediatamente va a la siguiente. Validar la transición implica un cambio en las etapas activas del GRAFCET.

Las transiciones se representan con un pequeño segmento horizontal que corta la línea de enlace entre dos etapas. Son etapas de entrada a una transición, todas las que conducen a una transición.

Son etapas de salida a una transición, las etapas que salen de una transición.

Figura 155.

Ejemplo de transiciones.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

3.9.2.6 Líneas de enlace

Las líneas de enlace son líneas verticales u horizontales, que unen con una dirección significativa (a no ser que se indique lo contrario de arriba a abajo), las distintas etapas con las transiciones, y las transiciones con las etapas.

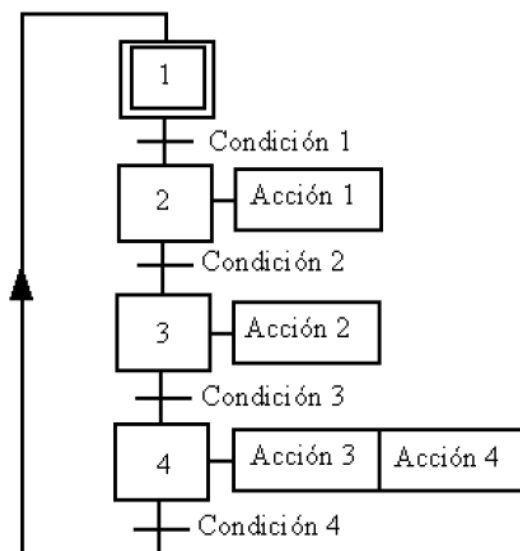
3.9.3 El proceso de un GRAFCET

En las secuencias lineales el ciclo lo componen una sucesión lineal de etapas. El programa ira activando cada una de las etapas y desactivando la anterior conforme se vaya cumpliendo cada una de las condiciones.

En base al siguiente GRAFCET se ira detallando el proceso y seguimiento de un GRAFCET básico lineal.

Figura 156.

Ejemplo de un proceso GRAFCET.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

En base a la Figura 147 se dirá que:

Con la etapa 1 activa tras arrancar el programa , al cumplirse la ‘Condición 1’, se activará la etapa 2, se desactivará la 1, y se realizará la ‘Acción 1’, al cumplirse la ‘Condición 2’ , se activará la etapa 3, se desactivará la 2, y se realizará la ‘Acción 2’, al cumplirse la ‘Condición 3’, activará la etapa 4, se desactivará la 3, y se realizará simultáneamente la ‘Acción3’ y la ‘Acción 4’, al cumplirse la ‘ Condición 4’, se activará la etapa 1, se desactivará la 4, completando la secuencia y volviendo a repetir el ciclo.

3.9.4 Tipos de GRAFCET

GRAFCET de Nivel 1 -Descripción funcional- Se trabaja con las especificaciones funcionales del automatismo, de forma independiente a la tecnología que lo llevará a la práctica. Describe las acciones que se deben efectuar y los elementos de control que intervendrán, sin indicar los elementos concretos que serán utilizados.

GRAFCET de Nivel 2 -Descripción tecnológica- Deben indicarse todas las especificaciones de los órganos operativos. Deben detallarse los elementos tecnológicos que intervendrán.

GRAFCET de Nivel 3 -Descripción operativa- Deben especificarse todos los elementos, con los distintivos propios de las entradas y salidas, así como las marcas o relés internos que serán utilizados.

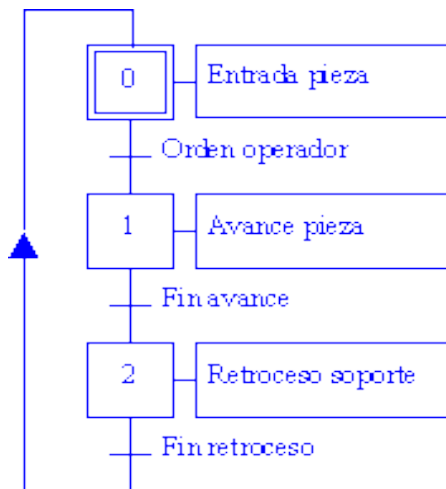
3.9.4.1 GRAFCET de nivel 1: Descripción funcional

En el primer nivel interesa una descripción global (normalmente poco detallada) del automatismo que permita comprender rápidamente su función.

Este GRAFCET no debe contener ninguna referencia a las tecnologías utilizadas; es decir no se especifica cómo hacemos avanzar la pieza (cilindro neumático, motor y cadena, cinta transportadora, etc.), ni cómo detectamos su posición (fin de carrera, detector capacitivo, detector fotoeléctrico, etc.), ni tan solo el tipo de automatismo utilizado (autómata programable, neumática, ordenador industrial, etc.) (Núñez, 2019c).

Figura 157.

Ejemplo de un GRAFCET nivel 1.



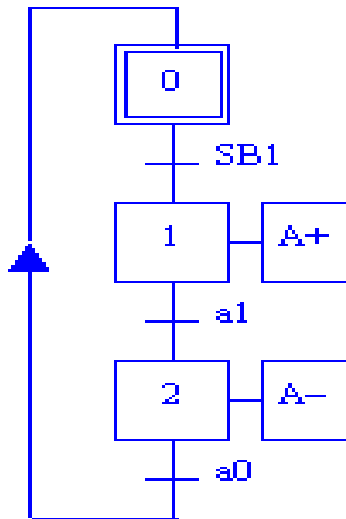
Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

3.9.4.2 GRAFCET de nivel 2: Descripción tecnológica

En este nivel se hace una descripción a nivel tecnológico y operativo del automatismo. Quedan perfectamente definidas las diferentes tecnologías utilizadas para cada función. El GRAFCET describe las tareas que han de realizar los elementos escogidos. En este nivel completamos la estructura de la máquina y nos falta el automatismo que la controla.

Figura 158.

Ejemplo de un GRAFCET nivel 2.



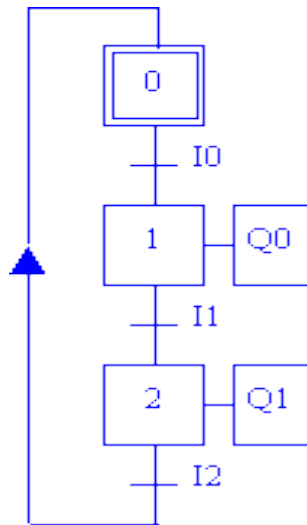
Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

3.9.4.3 GRAFCET de nivel 3: Descripción operativa

En este nivel se implementa el automatismo. El GRAFCET definirá la secuencia de actuaciones que realizará este automatismo. En el caso de que se trate, por ejemplo, de un autómatas programable, definirá la evolución del automatismo y la activación de las salidas en función de la evolución de las entradas.

Figura 159.

Ejemplo de un GRAFCET nivel 3.



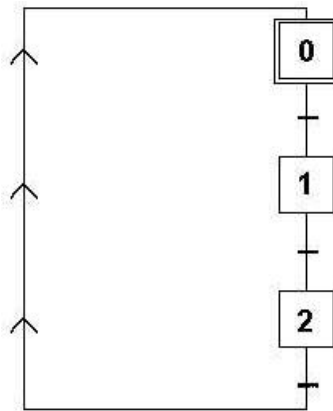
Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019c.

3.9.5 Reglas para construcción del GRAFCET

- a) El diagrama debe dibujarse en sucesión alternada de etapas y transiciones. En ese sentido no puede haber ni dos etapas ni dos transiciones seguidas.
- b) El GRAFCET es de secuencia única cuando en el diagrama sólo hay una rama. El conjunto de etapas se irá activando consecutivamente una a la vez, después de validarse las recepciones asociadas a las transiciones.

Figura 160.

GRAFCET de secuencia única.



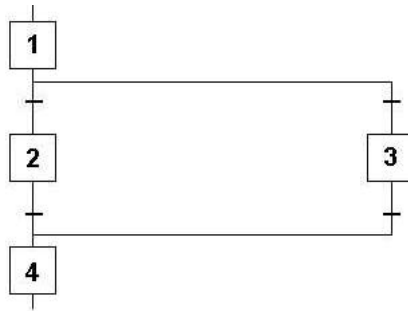
Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

- c) El GRAFCET es de Bifurcación u OR cuando a la salida de una etapa hay una selección de secuencias. En este punto, el flujo seguirá por una sola de ellas. Aunque no es necesario que las

diferentes secuencias posean igual número de etapas y transiciones, lo que si es conveniente es que sean excluyentes entre sí.

Figura 161.

GRAFCET de tipo OR.

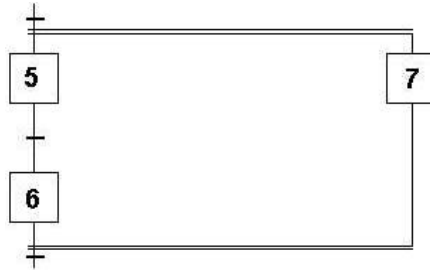


Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

- d) El GRAFCET es de Concurrencia o AND cuando a la salida de una transición, el flujo debe evolucionar de forma simultánea por dos o más ramas. No es necesario que las secuencias en paralelo contengan igual número de etapas y transiciones, ya que al final de la secuencia habrá un punto de convergencia o de espera donde el sistema aguarda a que todas las secuencias lleguen a esa etapa de espera para continuar su evolución.

Figura 162.

GRAFCET de tipo paralelo

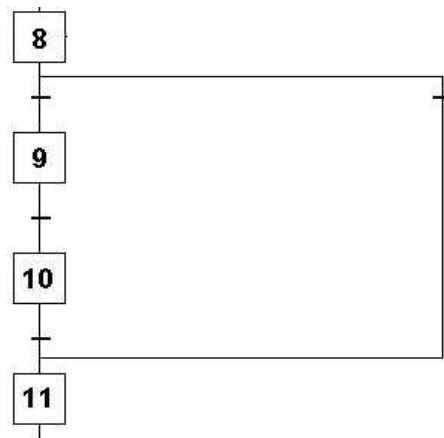


Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Una modalidad de los puntos de bifurcación lo constituyen los saltos de etapas. Esta modalidad da la posibilidad de que se ejecute o no una secuencia completa, o de que la evolución del flujo siga a partir de la etapa indicada en el salto.

Figura 163.

Saltos en cartas GRAFCET.



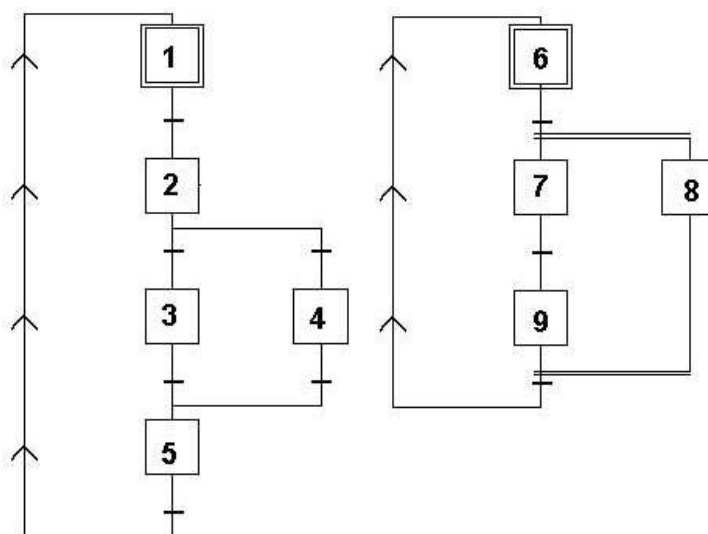
Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Existen Bucles o estructuras WHILE cuando una o un conjunto de etapas se repiten varias veces. Son controladas por temporizadores, contadores, o simplemente se repiten infinitamente.

- e) En GRAFCET se pueden escribir dos o más secuencias independientes que funcionan concurrentemente evolucionando cada una por separado y a su ritmo según se validen sus transiciones. Aunque estas secuencias no se tocan en el gráfico de flujo, se pueden interrelacionar a través de sus variables de estado.

Figura 164.

Representación de procesos concurrentes.



Nota. Controlador Lógico Programable (PLC), por D. Navarro, 2001.

Actividades Unidad 3

Actividad 1: Preguntas

- 1.- Liste los tipos de programación de PLCs bajo la IEC 61131-3
- 2.- Se puede decir que la Lógica Ladder se base en un lenguaje de pulsadores? Exprese un comentario breve.
- 3.- El diagrama de bloques conlleva a realizar las funciones de cada bloque? Explique un comentario breve.
- 4.- Un lenguaje de bajo nivel basado en operaciones aritméticas consiste en una lista de instrucciones? Explique un comentario breve.
- 5.- ¿Un lenguaje estructurado de bajo nivel parecido al de Pascal, consiste en texto estructurado? Explique un comentario breve
- 6.- Cuáles son los símbolos normalizados para un lenguaje Ladder?
- 7.-Liste 3 características que no pueden darse en un diagrama Ladder.
- 8.- Realice la construcción de las funciones lógicas NOR, AND, OR Exclusiva en diagramas Ladder.

9.- ¿Cómo se obtiene una ecuación a partir de un diagrama Ladder?
Explique con un ejemplo.

10.- ¿En qué consiste un enclavamiento o memorización en un lenguaje Ladder?

11.- Implementar un diagrama Ladder de enclavamiento en el que se pueda accionar una bobina de dos lugares diferentes.

12.- Implementar un diagrama Ladder de enclavamiento en el que se pueda desactivar una bobina de dos lugares diferentes.

13.- Realice un diagrama de bloques funcionales del siguiente texto estructurado: $O = ADD(X, Y)$.

14.- ¿En qué consiste un diagrama de bloque de tipo normalizado?

15.- A partir de un enclavamiento en diagrama Ladder construir una lista de Instrucciones de este. Realice una lista de Nemónicos.

16.- En base a la imagen identifique qué lenguaje de programación se utiliza y qué acción se está ejecutando.


```

FRD(I:00 , DELAY_TIME);
IF(I:002/00) THEN
    TON(T4:0,1,0,DELAY_TIME,0);
ELSE
    RES(T4:0);
END_IF;
O:001/00 :=T4:0.DN

```

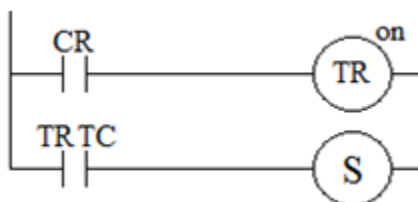
17.- ¿Qué son las unidades modulares?

18.- Mediante rangos por tramos explique que es un bit, byte, palabra

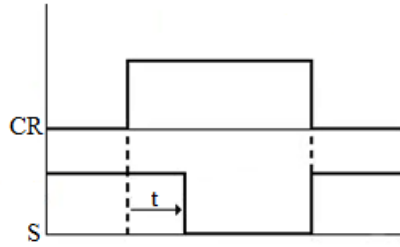
19.- ¿Cuál es el margen de enteros con signo que ocupa un valor de 32 bits?

20.- ¿Cuál es el uso de una tabla de direccionamiento?

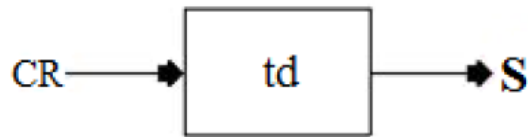
21.- Lleve el siguiente diagrama de tiempo a diagrama Ladder, considerando el tipo de función que describe dicho Ladder.



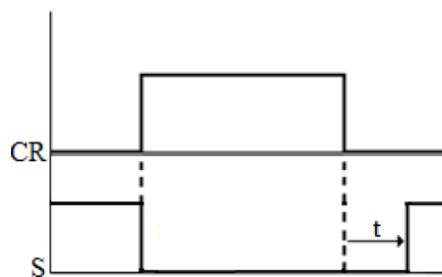
22.-Llevar el siguiente diagrama de tiempo, a diagrama Ladder.



23.- En base al siguiente diagrama de bloque de función temporizada, llevarlo a diagrama temporizado:

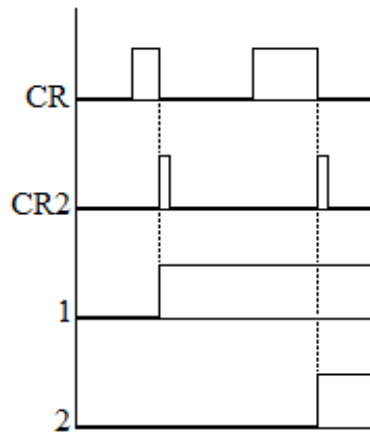


24.- Explique qué función se describe en el siguiente diagrama temporizado:



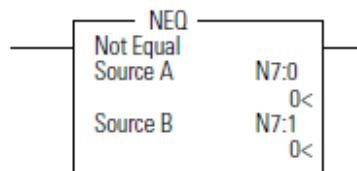
25.- ¿Cómo funciona un contador de flancos de subida?

26.- ¿Qué función de contador describe el siguiente diagrama de tiempo?



27.- ¿Qué función desempeña el comparador EQU?

28.- Al tener una función de tipo como se describe en la imagen, sabiendo que A y B son datos iguales, cuál sería el estado del renglón resultante:

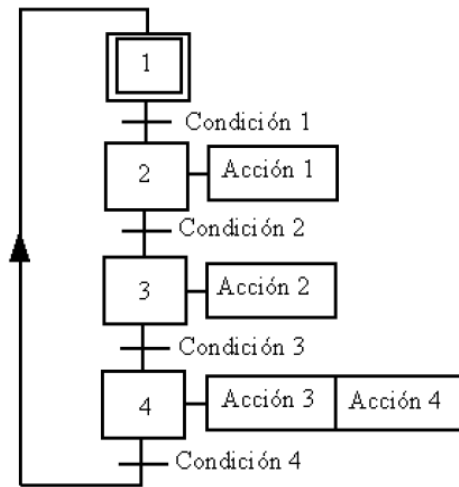


29.- Realice un diagrama Ladder para obtener un resultado de autorretención de una bobina Km1.

30.- Realice un diagrama donde se encuentren los elementos básicos de una carta GRAFCET.

31.- Diseñe un GRAFCET en la cual tenga 2 acciones asociadas condicionadas.

32.- Redactar como se dará el proceso paso a paso del siguiente GRAFCET.



Actividad 2: Ejercicios prácticos

Nota: Para realizar las siguientes actividades, se pide instalar los siguientes paquetes de software:

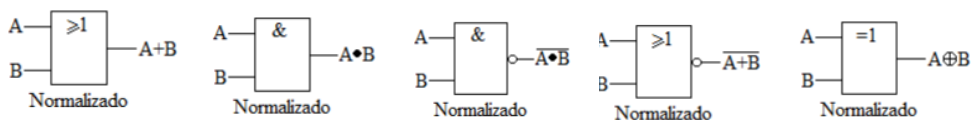
-LOGO!Soft Comfort V8.0

Link descarga: <https://masterPLC.com/software/logo-soft-comfort/>

-CADE_SIMU V4.0

1.- En base a diagramas de funciones utilizando LOGO! SOFT CONFRT V8.0, implementar las siguientes compuertas lógicas y verificar el funcionamiento de estas. En base a los siguientes criterios:

- Crear un proyecto, con sus datos y logo de la institución en el membrete del plano eléctrico en el programa LOGO!Soft Comfort.
- Crear una hoja de trabajo de 3 columnas.
- Utilizar entradas de tipo interruptor.
- En la misma hoja de trabajo simular las siguientes compuertas:
- Realizar una captura de pantalla de lo realizado.



2.- En base a diagramas de contactos KOP (Diagrama Ladder), implementar un sistema de auto enclavamiento, utilizando 2 zonas de control. Por cada zona un pulsador START y un STOP. En base a los siguientes criterios:

- a) Crear un proyecto, con sus datos y logo de la institución en el membrete del plano eléctrico en el programa LOGO!Soft Comfort.
- b) Crear una hoja de trabajo de 2 columnas.
- c) Utilizar entradas de tipo pulsador.
- d) Realizar una captura de pantalla de lo realizado.

3.- Se desea automatizar ciertas operaciones en una vivienda; para lo cual se desea controlar el encendido de una alarma y el control del encendido de focos de la siguiente manera:

- a) Los focos se encenderán automáticamente en la noche y se apagará en el día.
- b) La alarma funcionará cuando el sensor de presencia detecte.
- c) La alarma se encenderá cuando haya detectado que se abrió una puerta únicamente en la noche.
- d) La alarma se encenderá cuando detecte un sonido mayor a los 20 decibelios únicamente en el día.

Entradas	Salidas
LDR	Focos
Sensor de presencia	
Sensor de sonido	Alarma

En base a los siguientes criterios:

- a) Crear un proyecto TIPO DIAGRAMA DE BLOQUE DE FUNCIONES, con sus datos y logo de la institución en el membrete del plano eléctrico en el programa LOGO!Soft Comfort.
- b) Crear una hoja de trabajo de 3 columnas.
- c) Utilizar un base o equipo hardware OBA1.
- d) Utilizar entradas de tipo pulsador.
- e) Realizar una captura de pantalla de lo realizado.
- f) Explicar el funcionamiento.

4. Se desea controlar una alarma contra incendios y un aspersor en un laboratorio de química, para lo cual tiene que cumplir las siguientes características:

- a) Tiene la opción de ser activada manualmente desde un interruptor el cual acciona la alarma y el aspersor.
- b) Se encenderá la alarma y el aspersor siempre y cuando el sensor de temperatura y el sensor de humo estén activados.
- c) Se activará un aspersor solo si hay humo.

Entradas	Salidas
Interruptor	Alarma
Sensor de humo	Aspersor
Sensor de temperatura	Ventilador

- a) Crear un proyecto TIPO DIIGRAMA DE BLOQUE DE FUNCIONES, con sus datos y logo de la institución en el membrete del plano eléctrico en el programa LOGO!Soft Comfort.
- b) Crear una hoja de trabajo de 3 columnas.
- c) Utilizar un base o equipo hardware 0BA1.L
- d) Utilizar entradas de tipo pulsador.
- e) Realizar una captura de pantalla de lo realizado.
- f) Explicar el funcionamiento.

3.- Realice un informe de la elaboración de los tres niveles de un GRAFCET para el proceso de automatización de semáforo para vehículos y peatones. El problema a dar solución con el GRAFCET:

Se desea realizar el control automático de un semáforo para peatones. El peatón al llegar a la bocacalle observa el semáforo de peatón en rojo, pero a su vez el semáforo de la calle está en verde, el mismo que dura 30 s, después se observa que el semáforo de la calle está en amarillo durante 5 s y posteriormente cambia a rojo, cambiando el semáforo del peatón a verde, después de 20 s el semáforo de la calle cambia a verde y el del peatón cambia a rojo, comenzando un nuevo ciclo.

UNIDAD 4

Desarrollo de aplicaciones con controladores lógicos programables (PLC)



4

Unidad 4

Unidad 4: Desarrollo de aplicaciones con controladores lógicos programables (PLC)

Resultados de aprendizaje:		Analiza y evalúa la distinta gama de PLC existente en el mercado de acuerdo con las prestaciones que ofrece cada fabricante.		
Contenidos de la unidad 4	Horas/ Semana	Actividades de aprendizaje		
		Actividades de docencia	Actividades de aplicación / Prácticas	Actividades de trabajo autónomo
<ul style="list-style-type: none"> - Características de algunas marcas comerciales de PLCs. - Ventajas y Desventajas. - Interfaces de desarrollo de aplicaciones de los PLCs. - Desarrollo de aplicaciones. 	24 horas 4 semanas	<ul style="list-style-type: none"> - Videoconferencia relacionada a los contenidos de la unidad en curso. - Aprendizaje con simulación y videos. - Tutorías síncronas y asíncronas personalizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de LOGO!Soft Comfort V7, V8. - Manejo de BootP-DHCP Tool. - Manejo RS LINKS CLASSIC. - Manejo RS LOGICS Micro. de TwidoSuite_V0210. - Manejo de CadeSimu, con vinculación a PLCs Logo, S7-1200. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultas online. - Foros. - Chats. - Blogs. - Cuestionario. - Resolución de casos de estudio. - Informes técnicos.

Metodología

Estrategia metodológica	Recursos didácticos
Constructivista-participativa	Diapositivas
Aprendizaje basado en problemas	Bibliografía Guías prácticas Internet Manuales Guía didáctica
Aprendizaje en línea	Aula virtual Herramientas web 2.0 Internet Guía didáctica
Aprendizaje por descubrimiento	Guía didáctica Manuales Internet Periódicos Bibliografía Guías prácticas

Ponderación para la evaluación del estudiante

Criterios de Evaluación: Se analiza el desempeño del estudiante al comprobar los conocimientos alcanzados a través de las actividades de aprendizaje planteadas				
Métodos:	Diagnóstica	Formativa	Sumativa	
Técnicas	Documentación	Encuesta	Análisis de grabación de audio o video	de
	Encuesta	Evaluación compartida o colaborativa	Evaluación compartida o colaborativa	o
	Autoevaluación	Documentación	Observación directa del alumno	del
Instrumentos	Cuestionario	Cuestionario	Cuestionario	
	Exposiciones	Pruebas orales de actuación	Examen	
	Entrevista	Informes	Prueba objetiva	
	Foros de discusión	Trabajo escrito	Actividades prácticas	
Ponderación	N/A	65%	35%	

Desarrollo de la unidad de aplicaciones con controladores lógicos programables (PLC)

En esta unidad se analizarán algunas de las marcas más reconocidas en el mercado de controladores lógicos programables (PLCs). Se presentarán las ventajas y desventajas de las diversas series de controladores disponibles, destacando sus características técnicas y su aplicabilidad en soluciones industriales. Además, se considerará la disponibilidad de equipos en la institución para ofrecer una perspectiva práctica y orientada hacia los procesos industriales. Este análisis permitirá a los estudiantes familiarizarse con las opciones disponibles y seleccionar la más adecuada según las necesidades del sistema a implementar.

Posteriormente se conocerá cómo manejar algunas interfaces de programación en base a diferentes tipos de software propietarios de cada marca de PLCs, en la misma se conocerán diferentes herramientas que ayuden a lograr una comunicación congruente y estable entre autómatas y programadores.

Una vez desarrollada la unidad, el estudiante estará en la capacidad de dar soluciones a casos de estudios de acuerdo con las distintas marcas de PLC abordadas y bajo una modalidad integral de solución.

4.1 Características de algunas marcas comerciales de PLCs

4.1.1 Siemens – LOGO!V8

4.1.1.1 Generalidades

Siemens AG.- es un conglomerado de empresas alemanas con sedes en Berlín y Múnich, considerada como la mayor empresa de fabricación industrial de Europa con 190 sucursales a lo largo del mundo. Siemens opera en 4 sectores principales: el sector industrial, energético, de salud (Siemens Healthineers) y de infraestructuras y ciudades. La empresa se caracteriza por el desarrollo de equipamiento de diagnóstico médico generando un 12% de beneficios después de su división de automatización industrial. Siemens emplea 379.000 personas alrededor del mundo reportando ingresos globales de 83 mil millones de € en el año 2018. El grupo está representado en 190 países y es una de las compañías más grandes del mundo en ingeniería eléctrica y electrónica (Siemens AG, 2021).

El Siemens LOGO! ha tenido una evolución en lo largo del tiempo, en este contenido nos enfocaremos en explicar a detalle, desde

su conexión y el lenguaje de programación que usa su última versión que es la 8. Además, podemos encontrar muchas variantes de Siemens LOGO!, por dar un ejemplo hay con o sin pantalla LCD, desde 110VCA, 230VCA o 24VCC, sus salidas pueden ser de relevo o de transistor; hay para cualquier tipo de automatización que se requiera.

4.1.1.2 Características generales

Como ya mencionamos el PLC Siemens LOGO! 8 es el último que hay a la fecha, posee varias ventajas y características que lo hacen ser una buena elección para automatización como vamos a explicar a continuación:

Figura 165.

Siemens LOGO! 8.



Nota. Adaptado de *Que es un PLC Siemens LOGO!*. Código Electrónica, por Alzate, 2017. <http://codigoelectronica.com/blog/que-es-un-PLC-siemens-logo>.

- Todos los equipos dispondrán de interfaz ethernet.
- Todos los equipos cuentan con servidor web.
- Para copiar y almacenar datos, pasaremos de las memorias actuales a las tarjetas SD estándar (lo cual agradecerás seguramente).
- Se podrán registrar datos en la memoria interna o en tarjetas Micro SD estándar en todos los equipos Basic.
- Conexión en red de hasta 2 veces 8 equipos Basic en Ethernet.
- Comunicación con equipos SIMATIC, paneles y servidores OPC basados en protocolo S7.
- Los programas pueden ser de hasta 400 bloques de función en todos los equipos Basic.
- 64 marcas analógicas.
- 64 marcas digitales.
- Registros de desplazamiento con 8 bits cada uno.
- Función de reloj astronómico que permitirá usar el logo para el encendido y apagado de luces.
- Funciones de diagnóstico.
- Tiempo de arranque configurable (de 1 a 10 segundos).
- Zona de direccionamiento de periferia ampliada (24 DI, 20 DO, 8 AI y 8 AO).
- Display en los equipos LOGO! Modular Basic con 3 colores de fondo y 6 x 16 caracteres.
- Pantalla LOGO TDE con 3 colores de fondo 6 x 20 caracteres y dos interfaces Ethernet.

- Representación gráfica (Trace) integrada para las señales analógicas con el LOGO Modular y el LOGO TDE).
- Todos los equipos LOGO 8 equipos Basic con dimensiones de carcasa idénticas a las del LOGO 6 (4 TU).
- Mismas versiones de tensión que el LOGO 6 (12/24V, 230V).
- Nuevos módulos de ampliación digitales y analógicos para el LOGO 8.

Tipos de bases CPU existentes:

Figura 166.

Tipos de CPU variantes para Siemens LOGO 8.

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales (1)	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales (1)	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo (2)	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

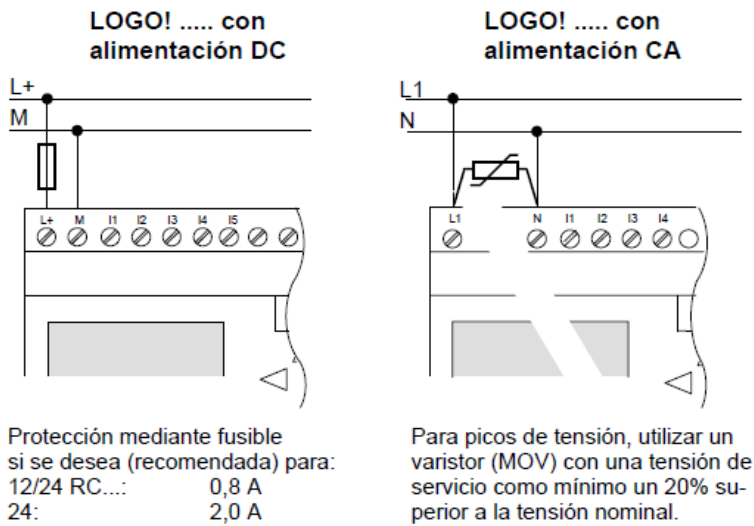
Nota. Adaptado de *Manual de edición LOGO!*, por Siemens, 2003

4.1.1.3 Características conexión

Conexión a la red eléctrica:

Figura 167.

Formas de conexión a la red Siemens LOGO! 8.



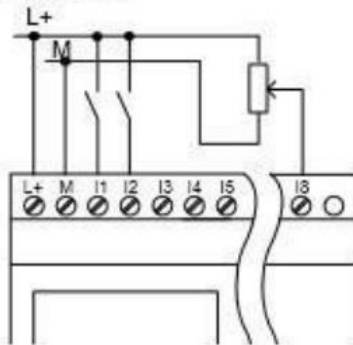
Nota. Adaptado de *Manual de edición LOGO!*, por Siemens, 2003

Conexión de entradas:

Figura 168.

Formas de conexión entradas Siemens LOGO! 8.

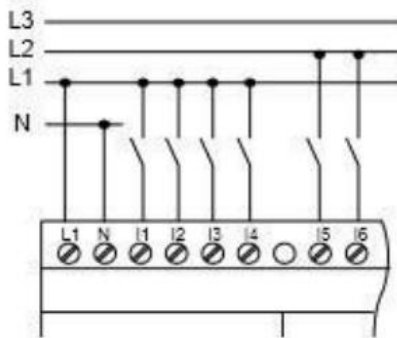
LOGO! 12/24



Las entradas de estos dispositivos no están aisladas galvánicamente, por lo que requieren el mismo potencial de referencia (masa) que la tensión de alimentación.

En LOGO! 12/24RC/RCo y LOGO! 24/24o puede recoger señales entre la tensión de alimentación y masa.

LOGO! 230



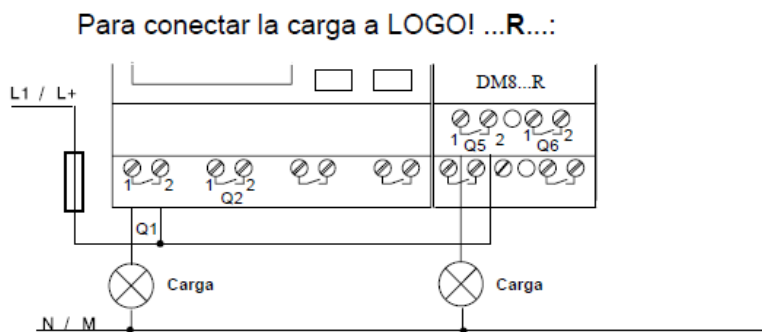
Las entradas de estos dispositivos están divididas en dos grupos de cuatro entradas. Sólo puede haber fases distintas entre los bloques y no dentro de los mismos.

Nota. Adaptado de *Manual de edición LOGO!*, por Siemens, 2003

Conexión de Salidas:

Figura 169.

Formas de conexión salidas Siemens LOGO! V8.



Nota. Adaptado de *Manual de edición LOGO!*, por Siemens, 2003.

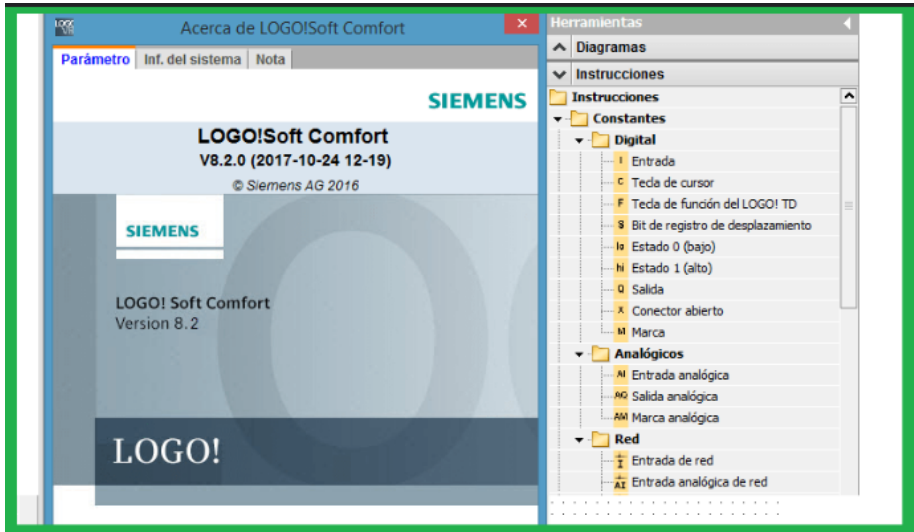
Software para desarrollo de aplicaciones o programas

El software que se utiliza para programar este tipo de marca es:

LOGO Soft Comfort V 8.0

Figura 170.

Logotipo del software LogoSoft Comfort V8.



Nota. Adaptado de *Manual de edición LOGO!*, por Siemens, 2003.

4.2 Rockwell, Allen-Bradley – MicroLogix 1100

4.2.1.1 Generalidades

Allen-Bradley es el nombre comercial de una línea de equipos de automatización de fábrica fabricados por Rockwell Automation. La compañía, con ingresos de aproximadamente US \$ 6.400 millones en 2013, fabrica controladores lógicos programables (PLC), interfaces hombre-máquina, sensores, componentes y sistemas de seguridad, software, unidades y sistemas de accionamiento, contactores, centros de control de motores y sistemas de tales productos. Esta empresa también

brinda servicios de administración de activos, que incluyen reparación y consultoría. La sede de Rockwell Automation se encuentra en Milwaukee, Wisconsin (Nuñez, 2019b).

4.2.1.2 Características generales

Algunas características generales del PLC MicroLogix 1100

Figura 171.

PLC MicroLogix 1100.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019a.

- Incluye un puerto Ethernet/IP™ de 10/100 MBps incorporado para mensajería entre dispositivos similares.
- Proporciona una memoria de 8 KB (4 KB de programas de usuario con 4 KB de datos de usuario).
- Permite el acceso, el monitoreo y la programación desde cualquier conexión Ethernet.
- Admite la edición en línea.

- Proporciona un servidor web incorporado que permite configurar los datos del controlador para que aparezcan como una página web.
- Contiene un puerto combinado RS-232/RS-485 aislado para comunicación en serie y conectada en red.
- Permite monitorear y modificar los datos del controlador a través de una pantalla LCD incorporada.
- Compatible con módulos de expansión de E/S MicroLogix 1762 (hasta cuatro módulos por controlador).
- Admite un máximo de 144 puntos de E/S digitales.

Tipos de bases CPU existentes:

Figura 172.

Bases CPU existentes MicroLogix 1100.

Controller Input Power and Embedded I/O				
Catalog Number	Description			
	Input Power	Digital Inputs	Analog Inputs	Digital Outputs
1763-L16AWA	120/240V AC	(10) 120V AC	(2) voltage input 0...10V DC	(6) relay All individually isolated
1763-L16BWA	120/240V AC	(6) 24V DC (4) high-speed 24V DC ⁽¹⁾	(2) voltage input 0...10V DC	(6) relay All individually isolated
1763-L16BBB	24V DC	(6) 24V DC (4) high-speed 24V DC ⁽¹⁾	(2) voltage input 0...10V DC	(2) relay (isolated) (2) 24V DC FET (2) high-speed 24V DC FET
1763-L16DWD	12...24V DC	(6) 12...24V DC (4) high-speed 12/24V DC ⁽¹⁾	(2) voltage input 0...10V DC	(6) relay All individually isolated

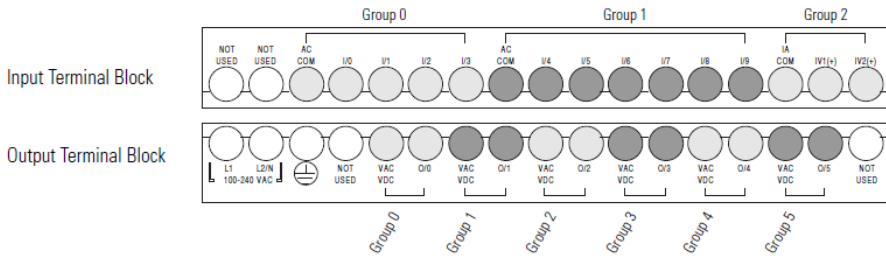
Nota. Adaptado de Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs, por C. Núñez, 2019a.

4.2.1.3 Características conexión

Bloques de conexión y terminales en general:

Figura 173.

Bloques de conexión y terminales en general.

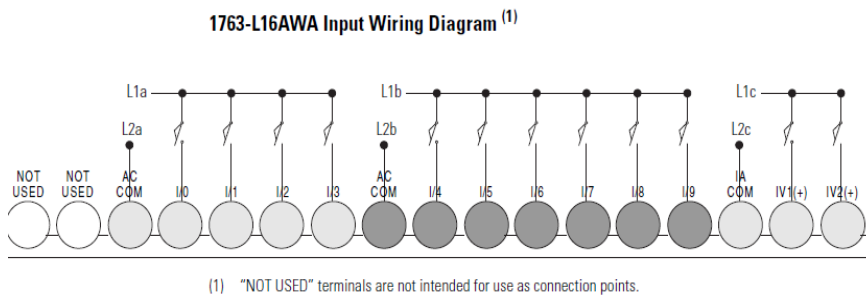


Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019a.

Conexión de entradas:

Figura 174.

Formas de conexión entradas MicroLogiX 1100.

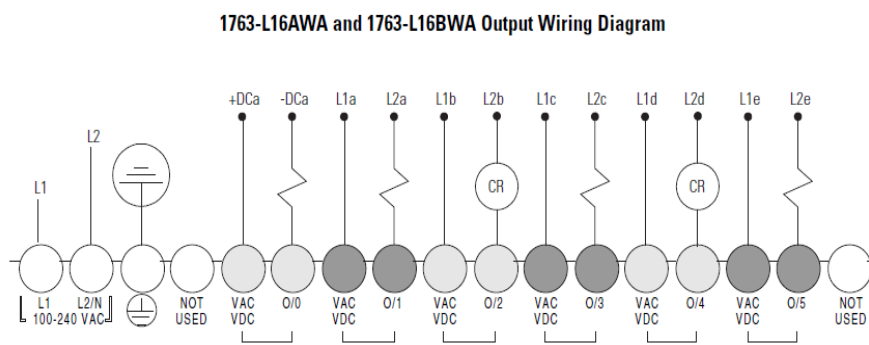


Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019a.

Conexión de salidas:

Figura 175.

Formas de conexión salidas MicroLogix 1100.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019a.

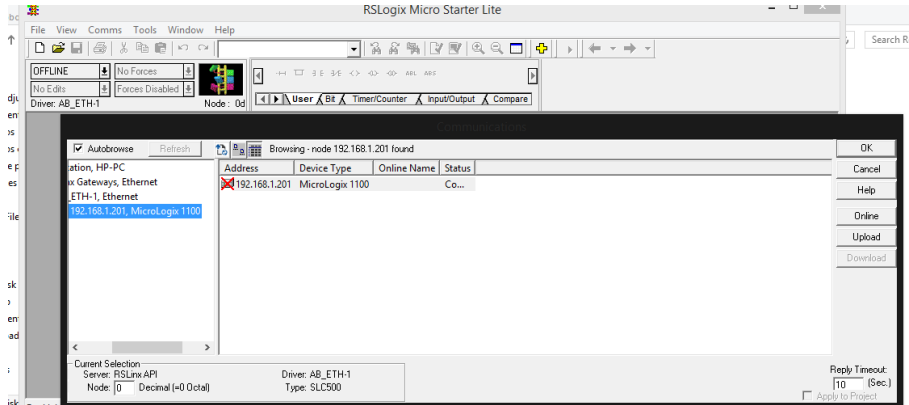
4.2.1.4 Software para desarrollo de aplicaciones o programas

RS LOGICS Micro es el programa propietario de Allan Braidlen se deberá emparejar a la red antes establecida para comunicarnos y cargar o descargar un programa.

Se utiliza también para realizar una comunicación forzada desde el computador al PLC en modo ON LINE.

Figura 176.

Interfaz del programa RS Logics para MicroLogix 1100.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019a.

4.3 Schneider Electric, Telemecanique-Twido TWDLCAE40DRF

4.3.1.1 Generalidades

Schneider Electric (Euronext: UB) es una compañía europea que opera a nivel mundial. Fue fundada en 1836 por los hermanos Eugène y Adolphe Schneider. Sus principales actividades se centran en la industria pesada y en la eléctrica, más concretamente en la transformación digital en el mundo de la gestión de la energía, la automatización en los edificios, hogares, infraestructuras e industrias.

Actualmente se trata de una compañía con presencia internacional: se encuentra en más de 100 países y cuenta con productos de distribución eléctrica en baja tensión, gestión de edificios y

seguridad, distribución eléctrica en media tensión y smartgrid, SAIs y soluciones para centros de datos y redes, productos de automatización y control industrial.

4.3.1.2 Características generales

Controladores compactos de 40 E/S. A continuación, se detallan las funciones compartidas por controladores de las series TWDLCAA40DRF y TWDLCAE40DRF:

Figura 177.

PLC Twido TWDLCAE40DRF.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, 2019a.

- 24 entradas digitales, 14 de relé y 2 salidas de transistor.
- 2 potenciómetros analógicos.
- 1 puerto serie integrado.

- 1 slot para un puerto serie adicional.
- RTC integrado.
- Compartimiento de batería para batería externa reemplazable por el usuario.
- Admite hasta 7 módulos de ampliación de E/S.
- Admite hasta dos módulos de interfase del bus AS-Interfaz V2.
- Admite un módulo máster de interfase del bus de campo CANopen.
- Admite un cartucho de memoria opcional (de 32 ó 64 KB).
- Admite un módulo de monitor de operación opcional.

Características específicas de TWDLCAA40DRF

- Admite un módulo de interfase Ethernet ConneXium TwidoPort.

Características específicas de TWDLCAE40DRF

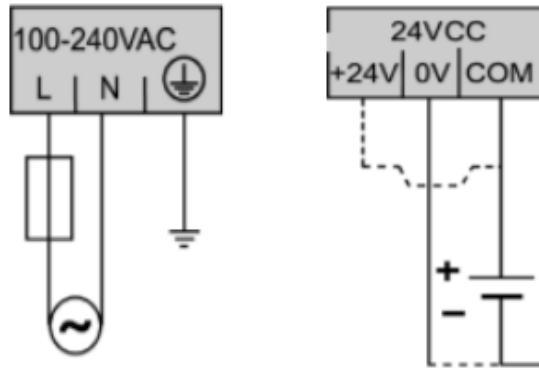
- Puerto RJ45 de interfase Ethernet integrado.

4.3.1.3 Características conexión

Conexión alimentación:

Figura 178.

PLC Twido TWDLCAE40DRF.



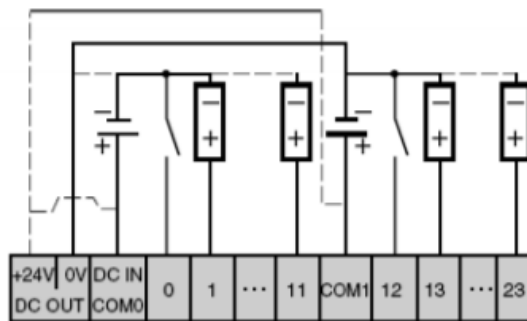
Nota. Adaptado de *Guía de referencia Hardware PLC Twido*, por Telemecanique (s. f.)

Conexión de entradas:

Figura 179.

Conexión de entradas PLC TWDLCAE40DRF, común negativo de C.C.

El esquema de cableado de entradas de común negativo de CC corresponde a los controladores de la serie TWDLCA•40DRF.

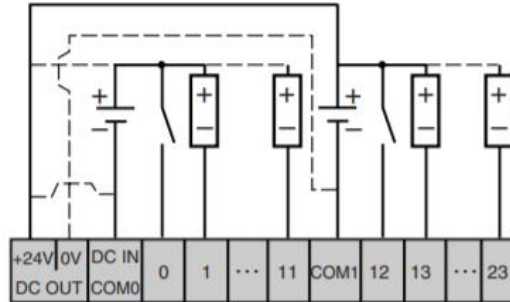


Nota. Adaptado de *Guía de referencia Hardware PLC Twido*, por Telemecanique (s. f.)

Figura 180.

Conexión de entradas PLC TWDLCAE40DRF, común positivo de C.C.

El esquema de cableado de entradas de común positivo de CC corresponde a los controladores de la serie TWDLCA•40DRF.



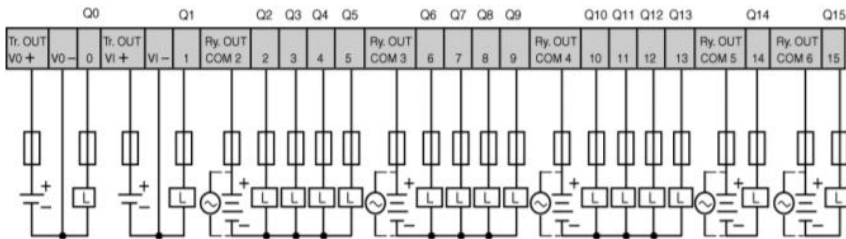
Nota. Adaptado de Guía de referencia Hardware PLC Twido, por Telemecanique (s. f.).

Conexión de salidas:

Figura 181.

Conexión de salidas PLC TWDLCAE40DRF, salidas de relé y transistor de C.A.

Este esquema corresponde a los controladores de la serie TWDLCA•40DRF.



No se permite la polaridad inversa en la salida del transistor
Las salidas de transistor de las bases compactas TWDLCA•40DRF no admiten la polaridad inversa.

Nota. Adaptado de Guía de referencia Hardware PLC Twido, por Telemecanique (s. f.).

4.3.1.4 Software para desarrollo de aplicaciones o programas

El software utilizado para programar la base de este tipo de autómatas es:

- *TwidoSuite*

TwidoSuite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido de Schneider Electric. TwidoSuite permite crear programas con distintos tipos de lenguaje (véase página 19), después de transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata.

Figura 182.

Interfaz del programa TwidoSuite.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

4.3.2 Siemens, SIMATIC S7-1200

4.3.2.1 Generalidades

SIMATIC S7-1200 ha sido ideado para responder a la creciente importancia de la flexibilidad, modularidad y escalabilidad en el diseño de hardware, además de proporcionar potentes funciones integradas fáciles de utilizar.

Ofrece cinco tipos de CPU con diferentes grados de funcionamiento, y un diseño modular que se puede ampliar con entradas y salidas adicionales. El sistema es escalable mediante la instalación de placas de señal directamente en una interfaz de la CPU para añadir algunos canales digitales o analógicos, lo que reduce los requisitos de espacio en el cuadro de control. Las entradas y salidas de la CPU también están diseñadas para aplicaciones de control de movimiento, de modo que la flexibilidad ya está integrada en el módulo básico. Las funciones tecnológicas integradas incluyen el control de lazo cerrado PID, movimiento y control de ejes.

Se trata de un controlador compacto que facilita la realización de tareas productivas sencillas, pero de alta precisión. Su diseño, es escalable y flexible, en sus cinco CPUs, y reduce los requisitos de espacio en el cuadro de control. Por esta flexibilidad y adaptabilidad, el software es fácil de aprender y de usar, con una navegación sencilla gracias a que los símbolos y los menús están estandarizados en todas las vistas.

Con los controladores **S7-1200**, las tareas productivas son compactas, escalables y flexibles. Este hardware está disponible en versiones estándar y de seguridad, y es escalable en términos de rendimiento y equipamiento. Con IOs integradas, interfaz integrada, PROFINET para programación, conexiones HMI, IOs distribuidas y arquitecturas de unidades distribuidas, el equipo S7-1200 es altamente adaptable según las necesidades individuales de los procesos, gracias a sus módulos de señal enchufables, así como también por sus módulos de comunicación.

4.3.2.2 Características generales

A continuación, se muestran las características generales y específicas del PLC Siemens S7-1200:

Figura 183.

PLC S7-1200.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

- Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.
- Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- Entradas analógicas integradas.
- Bloques de función para control de ejes conforme a PLCopen.
- Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic V15.1 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama SIMATIC Basic Panels.

Características CPU

- Memoria de usuario: 100 [kB] de trabajo 4 [MB] de carga 10 [kB] remanente.
- E/S integradas locales: 14E/10S (Discretas) 2E/2S (Analógicas).
- Memoria imagen de proceso: 1024 [bytes].
- Área de marcas: 8192 [bytes].
- Slots de ampliación con módulo de señales: 8.
- Slots de ampliación con módulo de comunicación: 3.
- Contadores rápidos (HSC): 6.
- Generadores de impulsos :4.
- Puertos PROFINET: 2 (Ethernet).

Características de los módulos E/S SM 1223

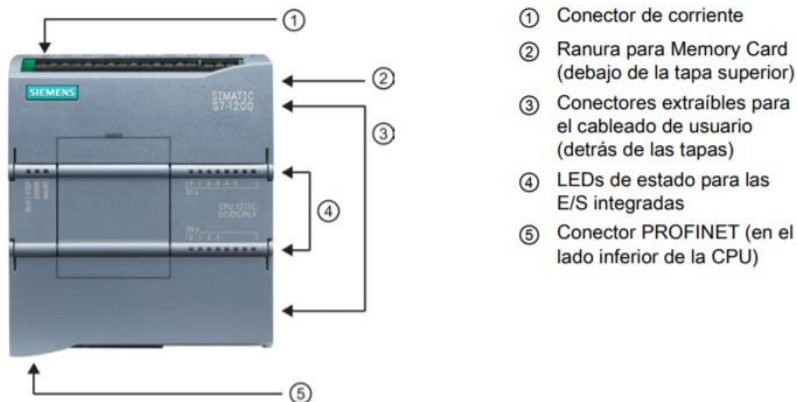
- Característica Unidades Entradas discretas 16.
- Salidas discretas 16 a relevador.
- Voltaje a las entradas (configurable) [20.4, 28.8] [V].
- Corriente de entrada permitida [1.0, 4.0] [mA].
- Voltaje a las salidas permitido [5, 250] [VCA] [5, 30] [VCC].
- Corriente máxima a la salida 2 [A].
- Voltaje en las bobinas 24 [VCC].

4.3.2.3 Características conexión

Conexiones modular CPU:

Figura 184.

Estructura modular CPU PLC S7-1200.

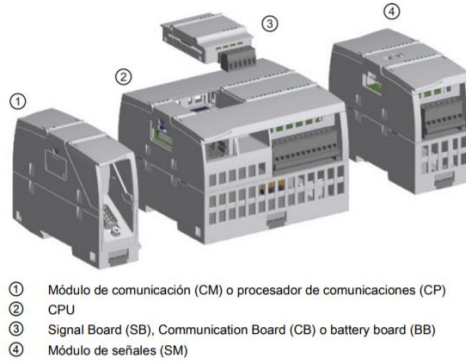


Nota. Adaptado de *Manual Controlador programable S7-1200*, por Siemens, 2014.

Conexión módulos de expansión:

Figura 185.

Estructura Capacidad modular de expansión PLC S7 -1200.



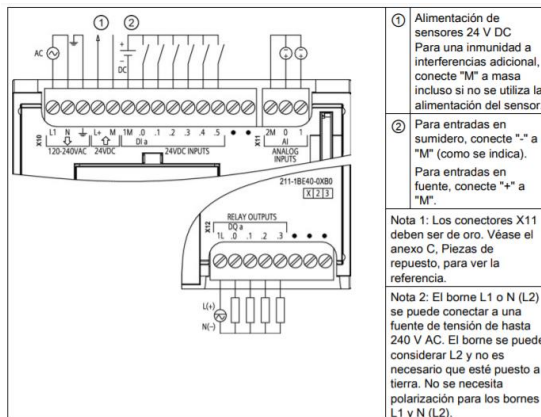
- ① Módulo de comunicación (CM) o procesador de comunicaciones (CP)
- ② CPU
- ③ Signal Board (SB), Communication Board (CB) o battery board (BB)
- ④ Módulo de señales (SM)

Nota. Adaptado de *Manual Controlador programable S7-1200*, por Siemens, 2014.

Conexiones alimentación, entradas salidas, módulo CPU 1211C AC/DC/relé (6ES7 211-1BE40-0XB0):

Figura 186.

Módulo CPU 1211C AC/DC/relé (6ES7 211-1BE40-0XB0).

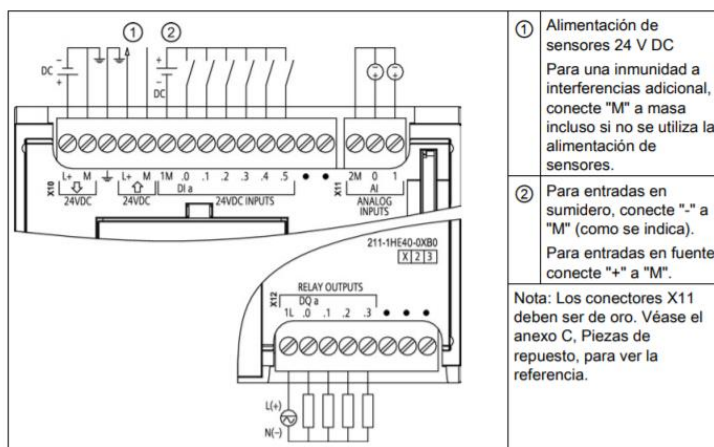


Nota. Adaptado de *Manual Controlador programable S7-1200*, por Siemens, 2014.

Conexiones alimentación, entradas salidas, modulo CPU 1211C DC/DC/relé (6ES7 211-1HE40-0XB0).

Figura 187.

Módulo CPU 1211C DC/DC/relé (6ES7 211-1HE40-0XB0).



Nota. Adaptado de *Manual Controlador programable S7-1200*, por Siemens, 2014.

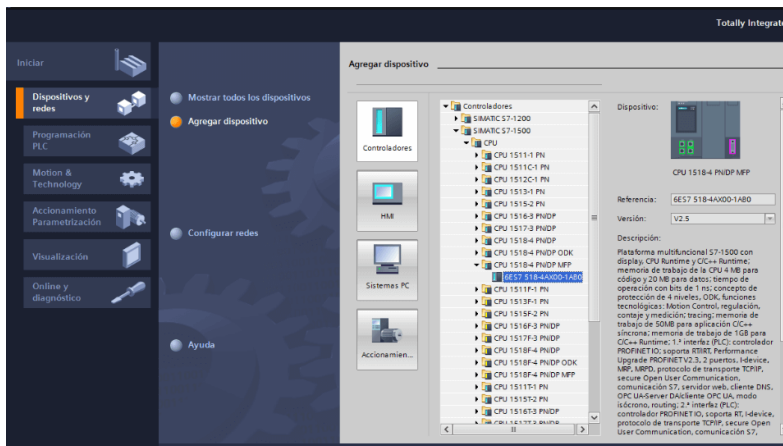
4.3.2.4 Software para desarrollo de aplicaciones o programas

El controlador SIMATIC S7-1200 se configura con el software de ingeniería Step 7 Basic en el Portal TIA (Totally Integrated Automation). Esto significa que los usuarios tienen acceso a una herramienta de ingeniería integral y estandarizada para sus operaciones de lógica, HMI y redes con un solo editor compartido. Toda la navegación, todos los símbolos y los menús están estandarizados en todas las vistas, lo que hace que el software sea fácil de aprender y usar. El S7-1200 cuenta con una interfaz Profinet integrada, estándar en todas

las CPUs y diseñada como una interfaz de conmutación de 2 puertos en los modelos más grandes, y ofrece soporte a las arquitecturas de distribución con sus entradas y salidas, HMI, drivers y otros dispositivos de campo Profinet. Esta característica es particularmente útil si el controlador funciona en un sistema en red o si se va a conectar más de un dispositivo HMI. Los módulos de expansión para la comunicación Profibus están disponibles por separado.

Figura 188.

Interfaz TIA Portal.



Nota. Adaptado de *Manual Controlador programable S7-1200*, por Siemens, 2014.

4.4 Interfaces de desarrollo de aplicaciones de los PLCs

La interfaz de aplicaciones que se manejarán a continuación es de algunas de las marcas de PLCs con las que se cuenta en la institución.

En la misma se describirá como utilizar el software de programación y como ejecutar un programa para su posterior descarga al autómeta programable.

4.4.1 PLC Micro Logic 1100 - RS Logics

Para realizar una interfaz de desarrollo y programar un PLCs de la marca Allan Bradley, en base a la unidad Micro Logic es necesario instalar los siguientes paquetes de software y hardware:

- BootP-DHCP Tool.
- RS LINKS CLASSIC.
- RS LOGIX Micro.
- Cable directo de red.

BootP-DHCP Tool

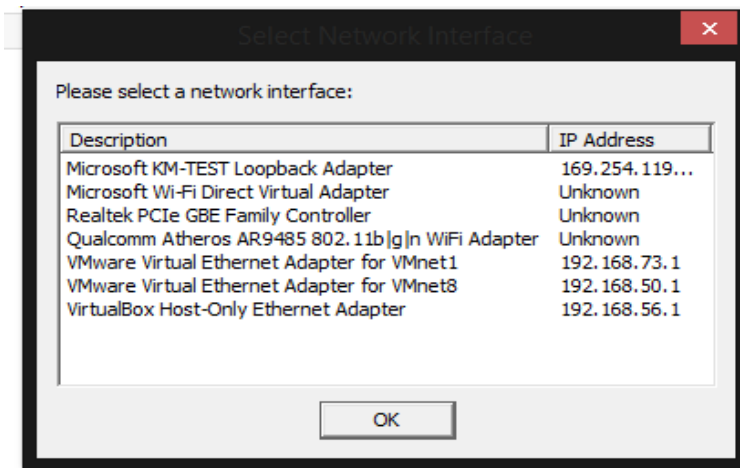
Mediante la MAC Address asignamos una IP, para la creación de una red punto a punto:

1. Asignamos al computador una dirección IP 192.168.1.202 sub mascara: 255.255.255.0.
2. Asignamos al PLC una dirección IP 192.168.1.201.
3. Observar que se haya asignado en el PLC la dirección asignada.

Una vez que el PLC esté conectado con el computador mediante cable cruzado de red, se procede a abrir BootP-DHCP Tool, identificar la red que se asignó al computador con anterioridad para crear la red punto a punto entre el autómata y el computador.

Figura 189.

Interfaz de selección de red.

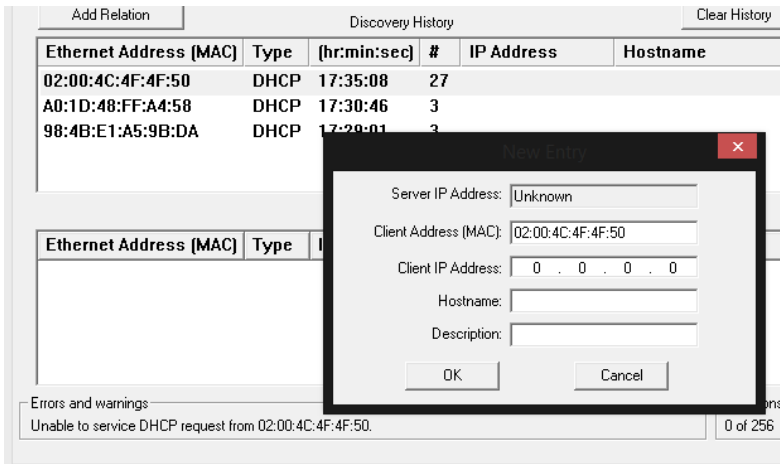
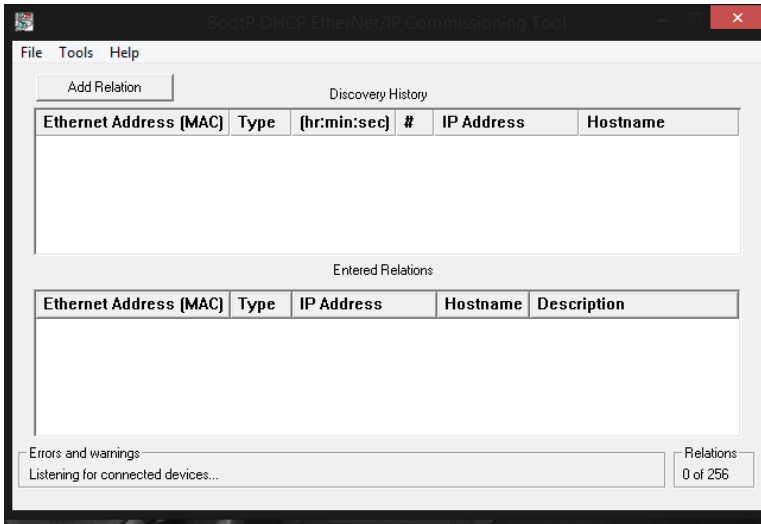


Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

Posteriormente identificamos la Mac Address del autómata y la seleccionamos.

Figura 190.

Interfaz de selección de Mac Address.



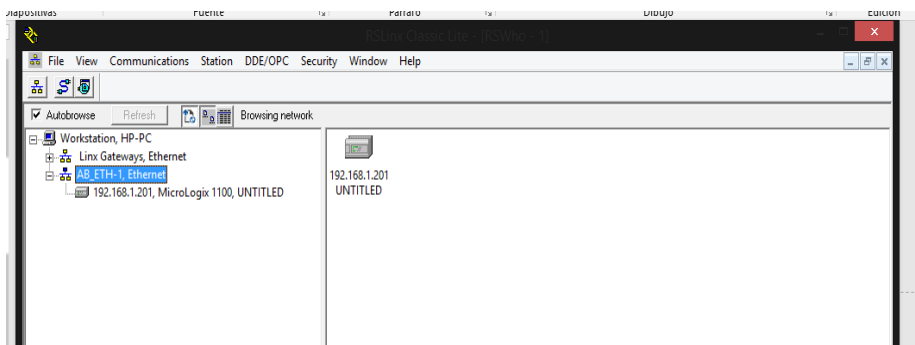
Nota. Adaptado de Programación Micrologix 1100, por Núñez, 2019d.

A continuación, abrimos RS LINKS CLASSIC es el Gateway de comunicación entre los equipos de Allan Bradley y el computador, para establecer un OPC Server o interprete entre dispositivos Allan Bradley y un CPU, como se muestra en la Figura 191.

Escogemos el CPU con la dirección antes asignada.

Figura 191.

Interfaz RS LINKS Classic.

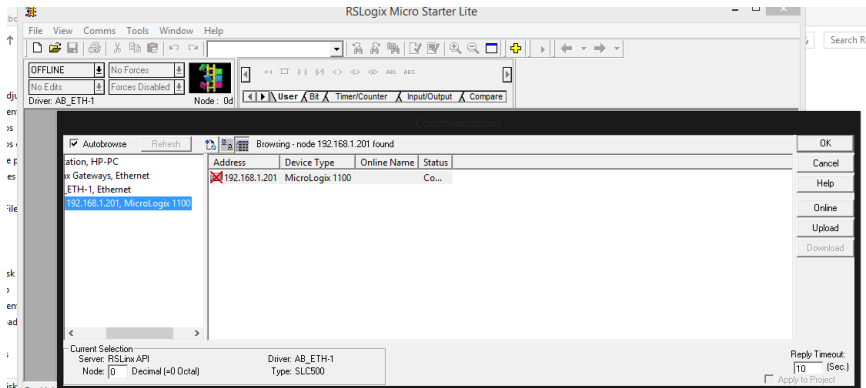


Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

Ahora se procede a abrir el programa Rs Logix Classic Micro. RS LOGix Micro, aplicación propietaria desarrollada por Allan Braidlen, se deberá emparejar a la red antes establecida para comunicarnos y cargar o descargar un programa. Se utiliza también para realizar una comunicación forzada desde el computador al PLC en modo ONLINE.

Figura 192.

Interfaz RS Logix Micro.

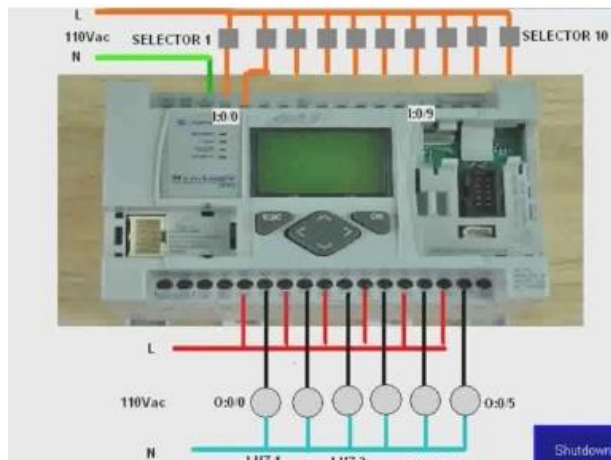


Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

Procedemos a realizar las siguientes conexiones para entradas y salidas del PLC.

Figura 193.

Conexión de entrada y salida del PLC Micro Logix 1100.



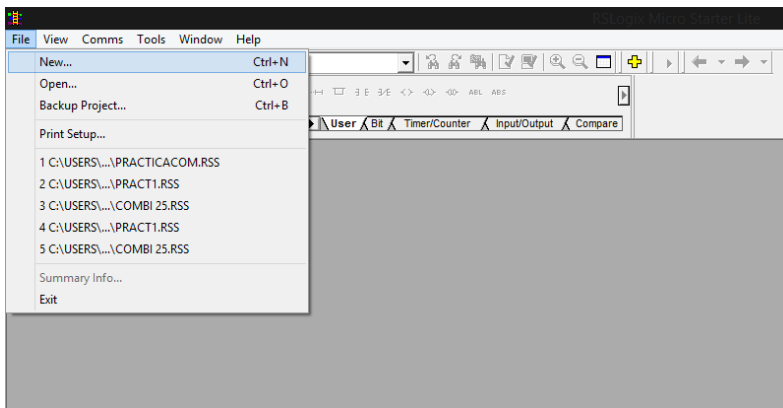
Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

Creación de un programa

Para la creación de un programa es necesario dirigirnos a RS Logix Micro, en la misma dentro del panel de control en la parte superior izquierda: File, luego escoger New.

Figura 194.

Creación de un programa en Rs Logix Micro.

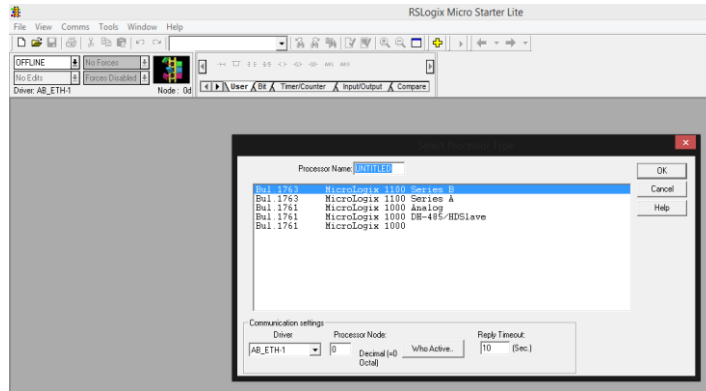


Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

Posteriormente escogemos la base correspondiente en este caso a la del Micro Logix 1100 Serie B.

Figura 195.

Selección de base RS Logix Micro.

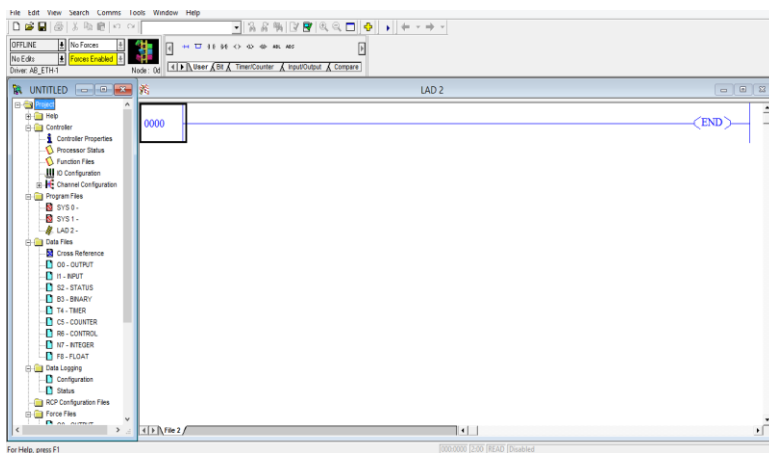


Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

A continuación, esta será la pantalla para la programación del RS Logix Micro.

Figura 196.

Pantalla de inicio entorno de programación RS Logix Micro.



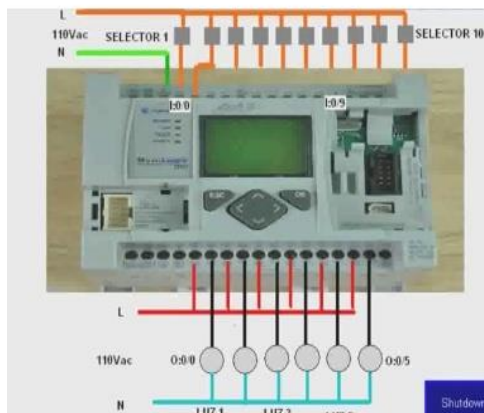
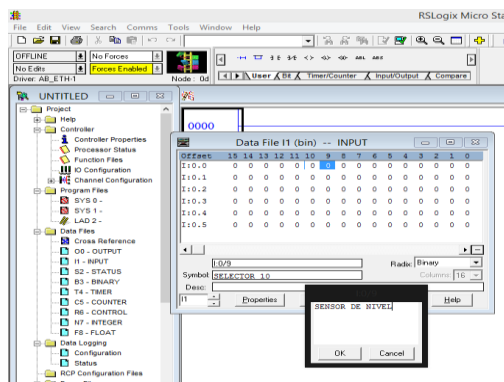
Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

Manejo y asignación de entradas digitales

Para crear y asignar entradas digitales, nos dirigimos al menú del lado izquierdo de la pantalla a DATA FILES bajo este nos dirigimos a INPUT. Y procedemos a la asignación en base a las conexiones a asignar físicamente en el PLC, como muestra la Figura 197.

Figura 197.

Pantalla de asignación de entradas a Micro Logix 1100.



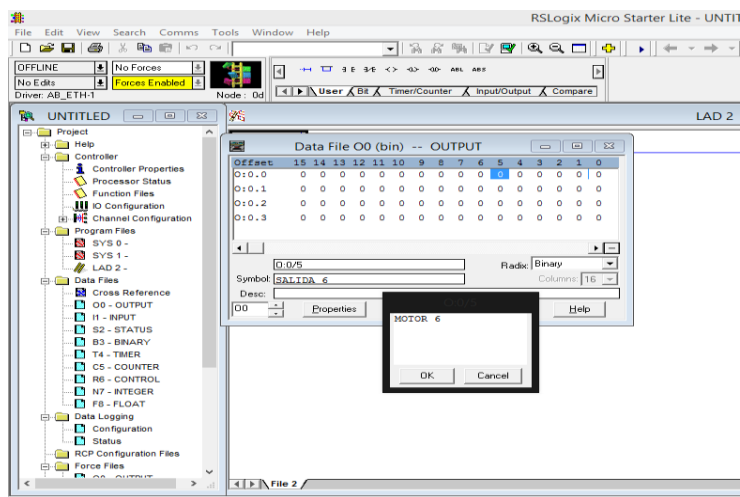
Nota. Adaptado de Programación Micrologix 1100, por Núñez, 2019d.

Manejo y asignación de salidas digitales

Para crear y asignar salidas digitales, nos dirigimos al menú del lado izquierdo de la pantalla a DATA FILES bajo este nos dirigimos a OUTPUT. Y procedemos a la asignación en base a las conexiones a asignar físicamente en el PLC, como muestra la Figura 198.

Figura 198.

Pantalla de asignación de salidas a Micro Logix 1100.

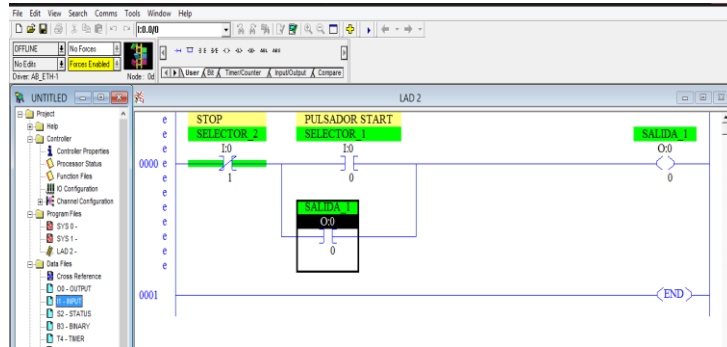


Nota. Adaptado de Programación Micrologix 1100, por Núñez, 2019d.

Interfaz de programa para control de enclavamiento

Figura 199.

Interfaz de enclavamiento para Micro Logix 1100.



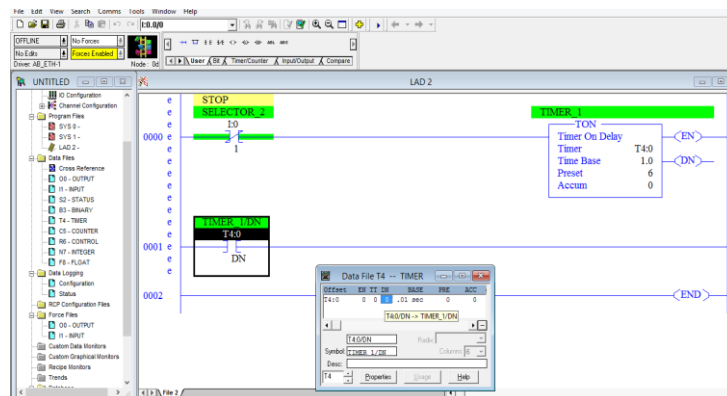
Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

Interfaz de programa para manejo de temporizadores

Creación de una interfaz para manejo de temporizadores, selección de la función temporizada, en este caso ON DELAY.

Figura 200.

Interfaz de asignación función ON DELAY.



Nota. Adaptado de *Programación Micrologix 1100*, por Núñez, 2019d.

PLC Twido TWDLCAE40DRF – TWIDOSUITE

Para realizar una interfaz de desarrollo y programar un PLC de la marca Telemecanique, en base a la unidad Twido TWDLCAE40DRF es necesario instalar los siguientes paquetes de software y hardware:


- Twido Suite.
- Contar con un cable de red cruzado, o bien el cable Modbus propietario de la misma marca del PLC.

El software de programación TwidoSuite está diseñado para ejecutarse en varios sistemas operativos Windows 2000/XP/Vista. En este capítulo se describen los requisitos de sistema del ordenador para instalar y ejecutar este software.

Pasos para la instalación de Twido Suite, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Relaciones variables según la función LIM.

Paso	Acción	Resultado
1	Insertar el CD de TwidoSuite en la unidad de CD-ROM del PC.	Si está activada la función AUTORUN, la instalación comenzará automáticamente; a continuación, ir al paso 4. De lo contrario, ir al paso 2.
2	Si la instalación no empieza automáticamente, hacer clic en Inicio → Ejecutar .	Aparecerá el cuadro de diálogo Ejecutar .
3	Introducir [Unidad:] \setup.exe; a continuación, hacer clic en Aceptar .	Aparecerá la pantalla de selección de idioma.
4	Seleccionar un idioma y hacer clic en Aceptar .	Aparece un mensaje que le pregunta si desea registrar la copia del software.
5	Para registrar el software, hacer clic en Sí . Para ejecutar el software sin registrarlo, hacer clic en No .	Un paquete de software sin registrar funcionará durante 30 días, transcurridos los cuales dejará de hacerlo. Deberá desinstalar el software caducado antes de instalar una versión nueva. La instalación nueva debe registrarse para que funcione.
6	Seleccionar el idioma de instalación entre la lista de idiomas disponibles.	El software se instalará en el idioma local seleccionado y en la versión en inglés. Después, podrá ejecutar el software en cualquiera de estos idiomas seleccionando el idioma de ejecución en el Iniciador de la aplicación TwidoSuite.
7	Siga las instrucciones de instalación restantes que aparecen en pantalla.	Una vez que se ha instalado el software, aparece un icono en el escritorio, sobre el que puede hacer doble clic para iniciar el software:  TwidoSuite

Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

Cómo iniciar el programa:

Puede iniciar el programa mediante el Lanzador de la aplicación TwidoSuite:

- Desde la ruta Inicio → Programas → Schneider Electric → TwidoSuite → Iniciador de la aplicación.
- bien, desde el acceso directo del Iniciador de la aplicación del escritorio que se ha instalado con el programa:

En la Figura siguiente, se muestra un ejemplo del Lanzador de la aplicación TwidoSuite con el par de idiomas inglés - francés instalado:

Figura 201.

Lanzador de la aplicación TwidoSuite.

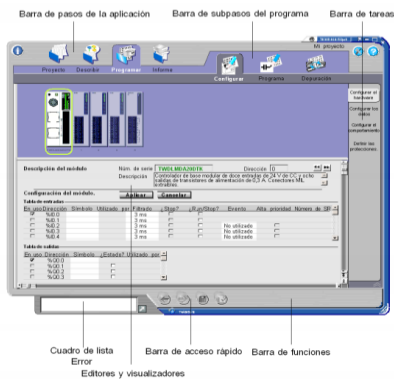


Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

A continuación, se muestra el área de trabajo en el TwidoSuite.

Figura 202.

Área de trabajo TwidoSuite.



Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

Creación y edición de un programa

Haga clic en el icono Twido suite localizado en el escritorio del PC. Aparece el cuadro de diálogo Iniciador de la aplicación, como se muestra a continuación:

Figura 203.

Indicador inicio de la aplicación TwidoSuite.



Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

El Iniciador de la aplicación TwidoSuite, dispone de acceso a los siguientes modos:

- Modo de programación TwidoSuite.
- Modo de control de TwidoSuite.
- Utilidad de actualización del firmware del autómeta.

Cómo crear un proyecto

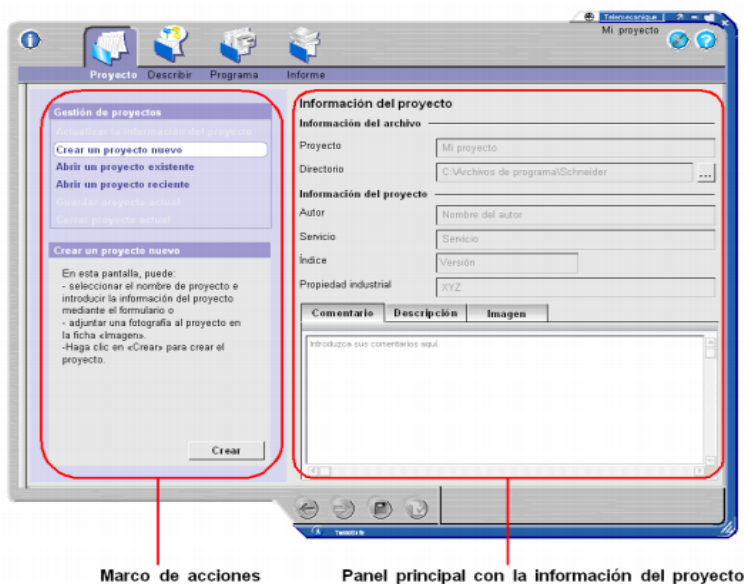
1. Haga clic en Crear un proyecto nuevo en el Panel de acciones de gestión de proyectos.
2. Introduzca un nombre descriptivo para el proyecto en el marco Información del archivo. Un nombre de proyecto válido puede contener hasta 36 caracteres alfanuméricos (se admiten espacios).
3. Especifique la nueva ruta del directorio del proyecto o utilice la ruta predeterminada. En el cuadro de texto Directorio, introduzca directamente la ruta del directorio de almacenamiento o haga clic en el botón Examinar ubicado justo a la derecha del cuadro de texto Directorio para localizar la carpeta en la que se almacenarán los archivos de proyecto.
4. Introduzca la información de autoría del proyecto en el marco Información del proyecto. En dicha información, se incluyen el nombre del Autor, el nombre del Servicio, el número de versión del proyecto en el campo Índice y Propiedad industrial. Crear y editar un programa.
5. En la pestaña Comentarios, incluya el nombre de proyecto y escriba una breve descripción. Utilice la barra de desplazamiento de la derecha para leer todo el texto.

6. Seleccione la pestaña Imagen y haga clic en Modificar para personalizar la imagen del proyecto, o utilice la imagen predeterminada. La imagen del proyecto se imprime en la cubierta del informe del proyecto. Para obtener más información, consulte Gestionar el informe del programa (véase página 73). Un archivo de imagen válido debe tener el formato.BMP.

7. Haga clic en Crear para guardar los cambios en el archivo del proyecto nuevo.

Figura 204.

Pantalla creación nuevo programa TwidoSuite.



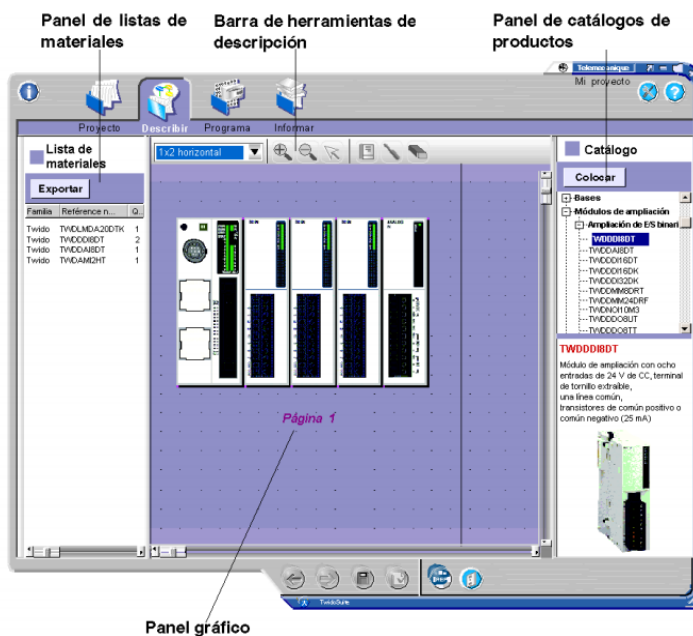
Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

Ventana describir

En la ventana Describir, puede declarar los elementos del sistema de automatización Twido seleccionando los recursos de hardware en el catálogo y describiendo cómo se interconecta el equipo entre sí a través de redes.

Figura 205.

Pantalla descripción TwidoSuite.

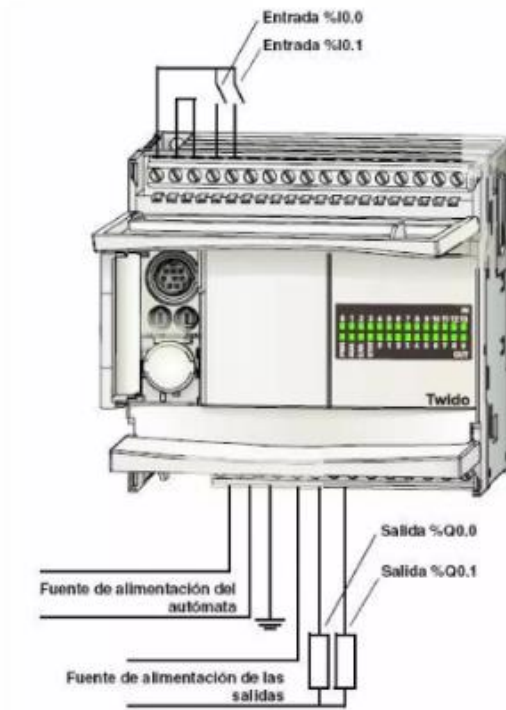


Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

Conexión entras salidas

Figura 206.

Conexión física de entradas y salidas digitales TwidoSuite.



Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

Configuraciones entradas y salidas:

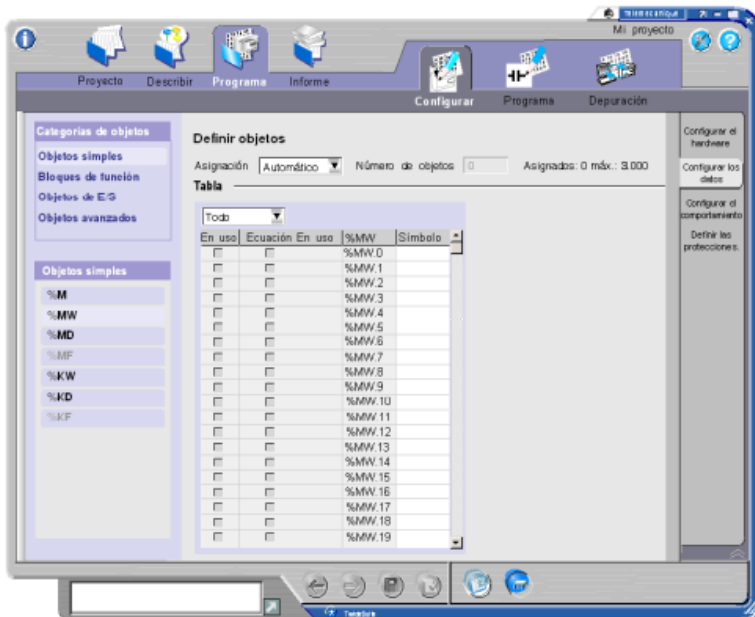
Para configurar los símbolos de las E/S, siga estos pasos:

1. Seleccione la tarea Programa → Configurar → Configurar hardware para abrir la ventana de configuración de hardware.

2. Haga clic una vez en la imagen del autómata para seleccionar el autómata TWDLCAA10DRF en el panel gráfico.
3. En el panel de configuración, introduzca los nombres simbólicos de las E/S que desee simbolizar, por ejemplo:
 - NIVEL_ALTO_AGUA, en el campo de símbolo %I0.0.
 - NIVEL_BAJO_AGUA, en el campo de símbolo %I0.1.
 - BOMBA_AGUA, en el campo de símbolo %Q0.0.
 - VÁLVULA_IRRIGACIÓN, en el campo de símbolo %Q0.1.

Figura 207.

Configuración de entradas y salidas digitales TwidoSuite.



Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

Escribir el programa

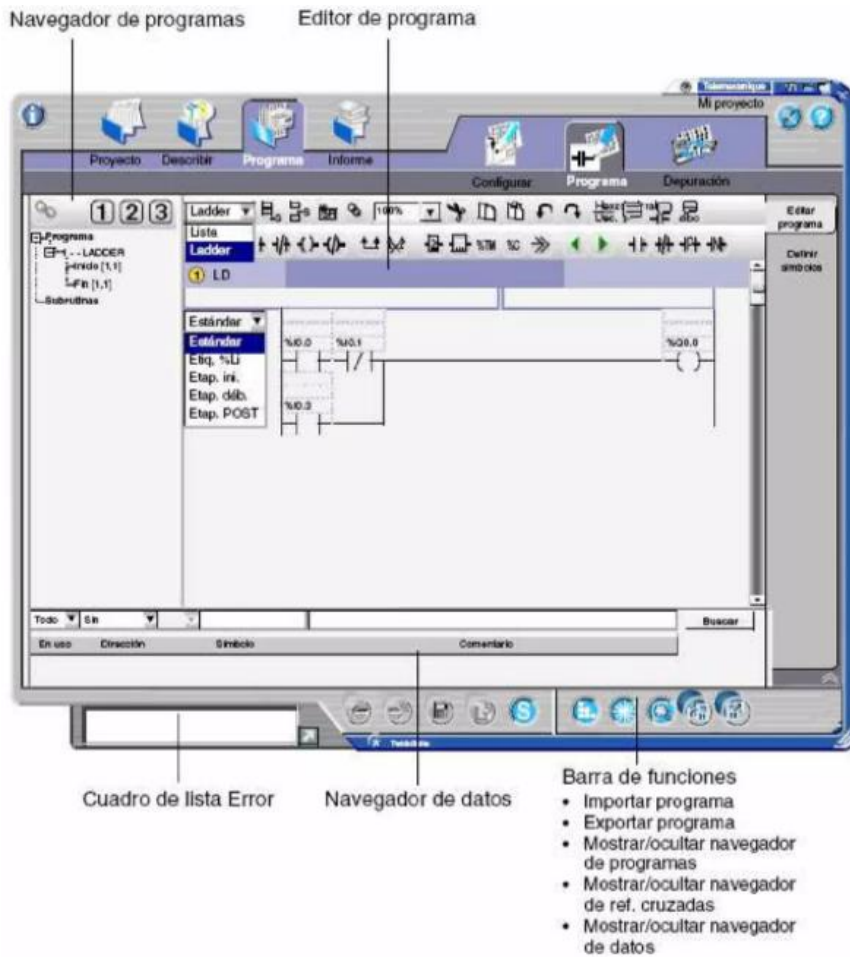
Utilice el Editor de programa para desarrollar el programa principal que es el núcleo de la aplicación de autómatas Twido. Las funciones principales de configuración y programación incluyen la programación de lenguajes reversibles de Ladder Logic y Lista.

Esta sección se centra en proporcionar los fundamentos básicos de la programación de lenguajes de Ladder Logic en el editor de programa TwidoSuite. Para obtener detalles sobre la programación de lenguajes de Lista y de funciones de reversibilidad de Ladder Logic/Lista, consulte la Guía de programación TwidoSuite en el CD-ROM. Para tener acceso al editor de programa, seleccione Programa → Programa en la barra de pasos TwidoSuite y haga clic en Editar programa en la barra de tareas.

La ventana Edición de programa incluye el Editor de programa y cinco navegadores y herramientas disponibles en la barra de funciones, como se describe en Figura 208.

Figura 208.

Programa de enclavamiento en TwidoSuite.

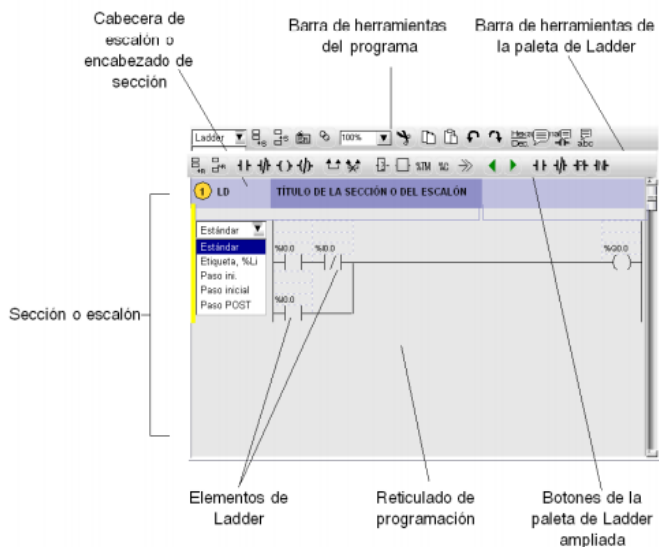


Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

Elementos del entorno de programación:

Figura 209.

Elementos del entorno de programación en TwidoSuite.



Nota. Adaptado de *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*, por Schneider, 2011.

4.5 Desarrollo de aplicaciones

Para el desarrollo de aplicaciones se utiliza un método de análisis de caso de estudios el cual se describe en este capítulo, que complementará lo visto anteriormente.

En sistemas de automatización industrial muchas veces es común ver secuencias sencillas, con contactos, timers, electroválvulas, etc.

El uso del lenguaje Ladder o lenguaje de contactos se ha vuelto en una herramienta principal para resolver dichas secuencias de automatización.

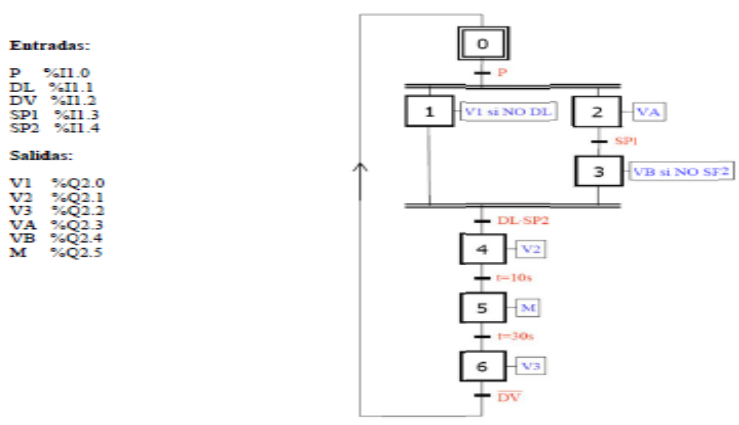
El inconveniente ocurre cuando se dispone de problemas complejos. El desarrollo se convierte en pequeños problemas de secuencias de símbolos Ladder.

Cuando se requieren hacer secuencias complejas por un autómatas o PLC, el programa en Ladder crece y resulta bastante ininteligible o tedioso el manejo de variables I/O (Núñez, 2019a).

Por eso es necesario estandarizar la resolución del paso de un caso de un proceso a un diagrama que todos puedan entender, esto hace que se recurra nuevamente a la utilización del lenguaje GRAFCET como un método gráfico secuencial ordenado.

Figura 210.

GRAFCET como método de análisis de casos de estudio.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

Pasos y metodología para la resolución de casos de estudio. Método tradicional

- Establecer la secuencia del problema planteado a sea con un GRAFCET funcional o con un gráfico del problema (GRAFCET nivel 1).
- Elaborar el GRAFCET descriptivo de etapas y transiciones (GRAFCET de nivel 2).
- Diseñar una tabla de asignación de variables I/O.
- Elaborar el GRAFCET operativo (GRAFCET nivel 3).
- Extraer las ecuaciones necesarias, tomando en cuenta ciertas reglas.
- Trasladar a lenguaje Ladder.
- Depurar el programa.

Antes de seguir con los pasos para resolver problemas de automatización recordamos los elementos que tiene el GRAFCET:

1. **Etapas:** define un estado en el que se encuentra el automatismo. Las etapas de inicio se marcan con un doble cuadrado. Este elemento lo asociamos con las memorias y lo denominaremos con una **M**.
2. **Acción asociada:** define la acción que va a realizar la etapa, por ejemplo: conectar un contactar, desconectar una bobina, accionar una electroválvula. Este elemento lo asociamos con la salida y lo denominaremos con la letra **Q**.

3. **Transición:** es la condición o condiciones que juntamente con la etapa anterior, hacen evolucionar el GRAFCET de una etapa a la siguiente, por ejemplo: un pulsador, un sensor, un temporizador, etc. Lo denominaremos con la letra **I**.

Para extraer las ecuaciones a partir del GRAFCET y de ahí a un circuito Ladder vamos a tener que aplicar la siguiente fórmula:

$$Etapa_Actual = Etapa_Anterior \times Condición + Etapa_Actual \times Etapa_Siguiete_Negada$$

“La etapa o memoria actual es igual a la etapa o memoria anterior por la condición anterior más la etapa o memoria actual por la etapa siguiente negada”

Ecuación

$$M_{act} = M_{ant} * Cond + M_{act} * \overline{M_{sig}}$$

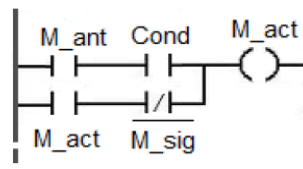
ENCENDIDO MEMORIA APAGADO

Si pasamos la ecuación descrita a un diagrama Ladder este es el resultado:

Figura 211.

Diagrama Ladder a partir de una ecuación proveniente de GRAFCET.

Ladder



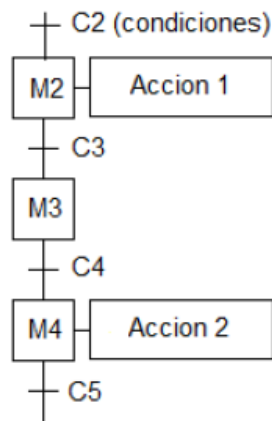
Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

Práctica de obtención de ecuaciones a partir de un GRAFCET:

Apliquemos el concepto de obtención de ecuaciones de un GRAFCET para implementar un programa Ladder. En base al siguiente ejemplo de GRAFCET:

Figura 212.

Ejemplo de GRAFCET para obtención de ecuaciones.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

Entonces las ecuaciones:

$$M2 = M1 * C2 + M2 * M3'$$

$$M3 = M2 * C3 + M3 * M4'$$

$$M4 = M3 * C4 + M4 * M5'$$

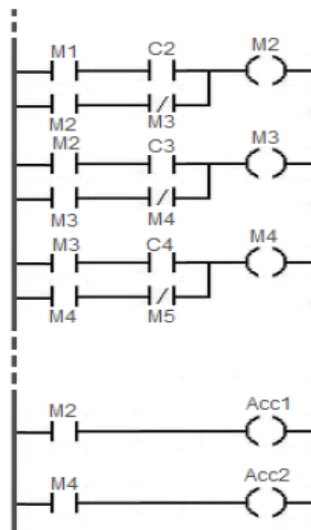
$$\text{Acción 1} = M2$$

$$\text{Acción 2} = M4$$

Posteriormente se convierten estas ecuaciones al lenguaje Ladder como muestra la Figura 213.

Figura 213.

Ejemplo de GRAFCET para obtención de ecuaciones.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

4.5.1 Resolución de caso 1

Planteamiento del problema

Se desea realizar el control automático de un semáforo para peatones. El peatón al llegar a la bocacalle observa el semáforo de peatón en rojo, pero a su vez el semáforo de la calle está en verde, el mismo que dura 30 s, después se observa que el semáforo de la calle está en amarillo durante 5 s y posteriormente cambia a rojo, cambiando el

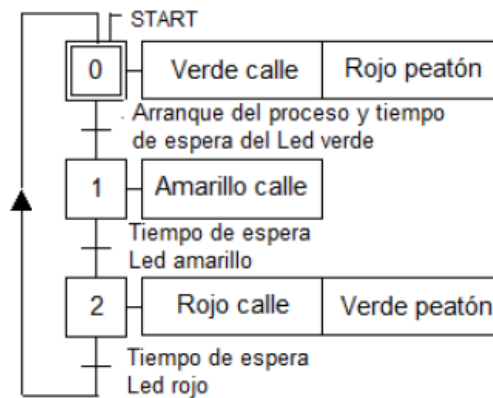
semáforo del peatón a verde, después de 20 s el semáforo de la calle cambia a verde y el del peatón cambia a rojo, comenzando un nuevo ciclo.

Seguimos los pasos mostrados anteriormente aplicando la metodología de casos de estudio:

a. Establecer la secuencia del problema mediante el GRAFCET nivel 1

Figura 214.

Ejemplo de GRAFCET nivel 1 para solución caso 1.

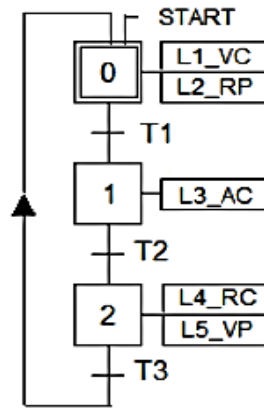


Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

b. Elaborar el GRAFCET de nivel 2 con todos los elementos técnicos y simbologías que se requiera

Figura 215.

Ejemplo de GRAFCET nivel 2 para solución caso 1.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

c. Creación de una tabla de asignación

Figura 216.

Tabla de asignación de variables para el caso de estudio 1.

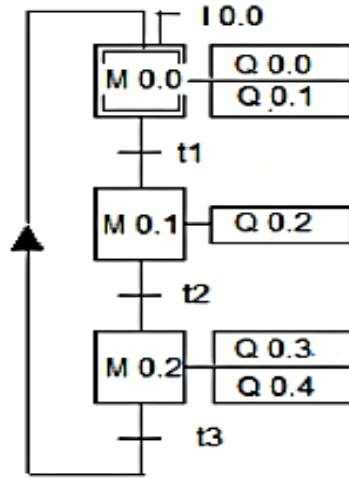
ENTRADAS	SALIDAS	MEMORIAS	TEMPORIZADORES
I0.0=START	Q0.0=L1_VC	M0.0=M0	t1=T1=30s
	Q0.1=L2_RP	M0.1=M1	t2=T2=5s
	Q0.2=L3_AC	M0.2=M2	t3=T3=20s
	Q0.3=L4_RC	M0.3=M3	
	Q0.4=L5_VP		

Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

Elaborar el GRAFCET nivel 3.

Figura 217.

Ejemplo de GRAFCET nivel 3 para solución caso 1.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

- d. Extraer las ecuaciones a partir del GRAFCET de nivel 2 o 3, para lo cual usamos la siguiente ecuación:

$$M_{act} = M_{ant} * Cond + M_{act} * \overline{M_{sig}}$$

ENCENDIDO MEMORIA APAGADO

Obtenemos la ecuación:

Estas son las ecuaciones si extraemos del graficet de nivel 2

$$M0 = \text{START} + M2 \cdot T3 + M0 \cdot \overline{M1}$$

$$M1 = M0 \cdot T1 + M1 \cdot \overline{M2}$$

$$M2 = M1 \cdot T2 + M2 \cdot \overline{M0}$$

$$L1_VC = M0$$

$$L2_RP = M0$$

$$L3_AC = M1$$

$$L4_RC = M2$$

$$L5_VP = M2$$

Estas son las ecuaciones si extraemos del graficet de nivel 3

$$M0.0 = I0.0 + M0.2 \cdot t3 + \overline{M0.0} \cdot \overline{M0.1}$$

$$M0.1 = M0.0 \cdot t1 + M0.1 \cdot \overline{M0.2}$$

$$M0.2 = M0.1 \cdot t2 + M0.2 \cdot \overline{M0.0}$$

$$Q0.0 = M0.0$$

$$Q0.1 = M0.0$$

$$Q0.2 = M0.1$$

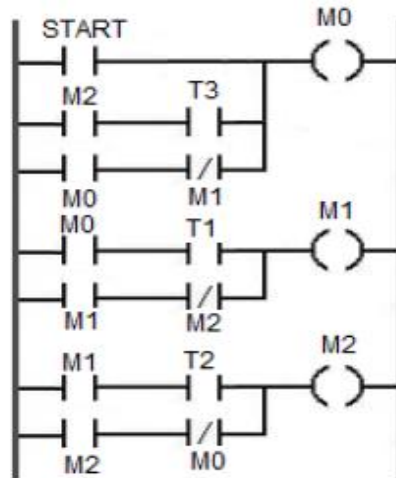
$$Q0.3 = M0.2$$

$$Q0.4 = M0.2$$

- e. Programar en lenguaje Ladder según las ecuaciones obtenidas, se recomienda partir de un Ladder general para luego llevarlo a un específico dependiendo del lenguaje y variables que maneje cada marca de PLCs.

Figura 218.

Ladder general para la solución caso 1.



Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

f. Trasladar al lenguaje del PLC RS Logix

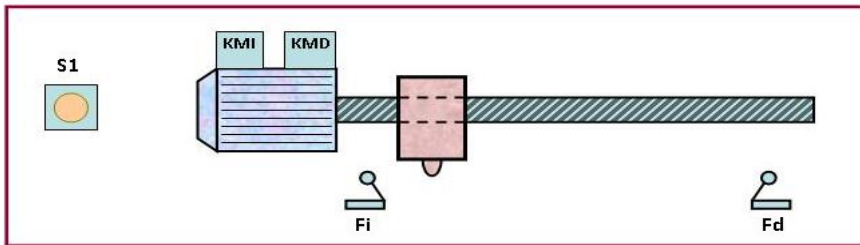
4.5.2 Resolución de caso 2

Planteamiento del problema

El proyecto consiste en mover un tornillo sin fin, en movimiento de ida y vuelta, mediante un motor. Para controlar el fin de recorrido de este disponemos de dos finales de carrera en los extremos y un pulsador de marcha. Las condiciones de funcionamiento son las siguientes:

Figura 219.

Proceso problema para caso estudio 2.



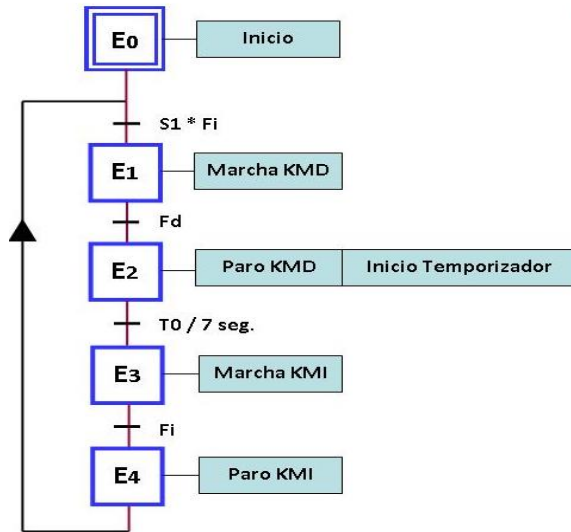
Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

Descripción de funcionamiento

1. Al accionar **S1** estando el final de carrera **Fi** activado, se pone en marcha el motor hacia la derecha con **KMD**.
 2. Cuando el husillo activa el final de carrera **Fd**, se para el giro a derechas y el motor permanece en esta posición 7 segundos.
 3. Transcurrido dicho tiempo se conecta el giro a izquierdas con **KMI**.
 4. Al llegar el husillo a **Fi** el motor se detiene hasta nueva orden de **S1**.
- a. Establecer la secuencia del problema mediante el GRAFCET nivel 1

Figura 220.

Ejemplo de GRAFCET nivel 1 para solución caso 2.



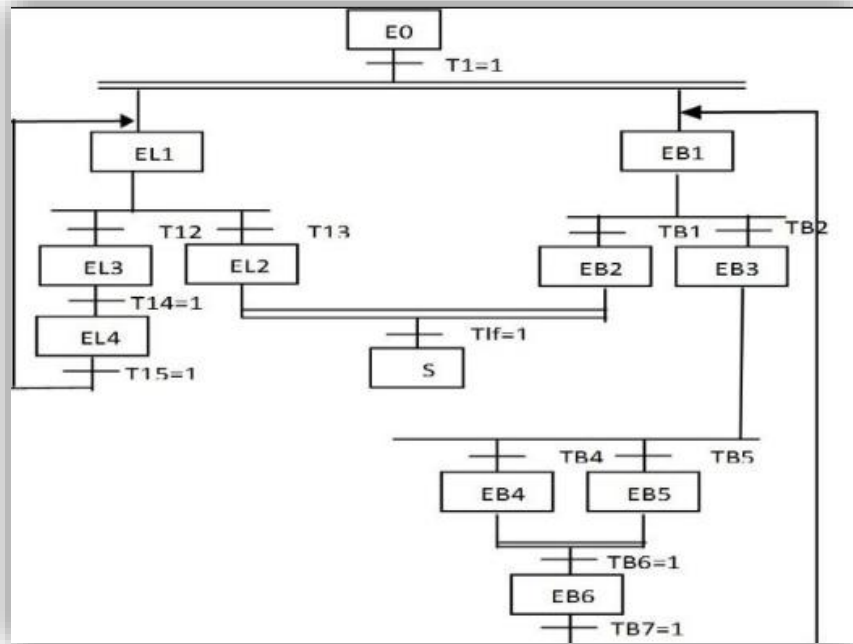
Nota. Adaptado de *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*, por C. Núñez, C., 2019a.

b.- Se pide dar solución en base al primer caso de estudio 1, la programación a realizar se la realizara en TwidoSuite.

Actividades Unidad 4

Actividad 1: Ejercicios Prácticos

1. Se necesita controlar la inversión de giro de un motor, para el control de un tornillo sin fin, mediante dos bobinas de Contactores KMI y KMD de 24VCC, el sistema debe tener dos finales de carrera SI, SD (para controlar el desplazamiento), a más de ello se tiene un Pulsador NO para el start y un pulsador NO para el Stop. Se pide dibujar la implementación física del sistema con los componentes antes mencionados para un PLC cuya alimentación es de 110 VCA.
2. Dado el siguiente GRAFCET se pide obtener las ecuaciones las ecuaciones de cada etapa.



3. Aplicando el concepto de programación no guiada, se pide dar solución al siguiente problema:

Se desea realizar un control de número de zapatos terminados para cajas de 2 pares. El sistema contiene un sensor capacitivo PNP de 3 hilos.

- a. Para lo cual se desea controlar el número de zapatos deseados.
- b. El sistema inicia con la banda encendida transportando zapatos.
- c. Cada vez que los zapatos lleguen a un punto de censado en sistema contará.

- d. Una vez terminado de contar el número de pares deseados la banda se detendrá.
 - e. Solo vuelve a ejecutar el sistema cuando el operador reinicie con un pulsador el sistema.
 - f. Realice el esquema de conexión eléctrica del sensor a la entrada del PLC LOGO.
4. Aplicando el concepto de programación guiada se pide realizar la automatización para el funcionamiento de: El control de un semáforo para peatones. El peatón al llegar a la bocacalle observa el semáforo de peatón en rojo, pero a su vez observa el semáforo de la calle está en verde, el mismo que dura 30 s. Después se observa que el semáforo de la calle está en amarillo durante 5 segundos y posteriormente cambia rojo. Cambiado el semáforo del peatón a verde, después de 20 segundos el semáforo de calle cambia a verde y el del peatón cambia a rojo. Comenzando un nuevo ciclo cuando se presione un pulsador de marcha.
- a. Dar solución al problema aplicando todos los pasos de la programación guiada, para ello se debe considerar que la implementación se deberá realizar en Micrologix 1100 de Allan Bradley.

5. Aplicando la programación guiada se pide realizar la automatización del ciclo de encendido de 6 motores de agitadores de pasta.

M1 – M2 – M3 – M4 – M5 – M6

- a. El ciclo de funcionamiento debe ser infinito a partir de un pulso, mismo que activará un temporizador de 5 segundos para iniciar.
- b. Luego de los 5 segundos empieza el encendido progresivo de los números pares es decir M2, M4, M6. El encendido será progresivo, es decir se encenderá M2, después de 5 segundos se sumará a la activación M4 (sin apagarse M2) DESPUES de 5 segundos se sumará a la activación M6 (sin apagarse M2 y M4). Una vez encendidos todos los pares permanecerán encendidos 10 segundos M2, M4, M6.
- c. Luego de estar 10 segundos encendidos se apagarán estos tres durante 5 segundos.
- d. Luego a esos 5 segundos anteriores empezará el encendido progresivo de los números impares M1, M3, M5. El encendido será progresivo, es decir se encenderá M1, después de 5 segundos se sumará a la activación M3 (sin apagarse M1), después de 5 segundos se sumará a la activación M5 (sin apagarse M1 y M3). Una vez encendidos todos los impares permanecerán encendidos 10 segundos M1, M3, M5.

- e. Luego de estar 10 segundos encendidos se apagarán estos tres durante 5 segundos.
- f. Realizar solo los tres niveles de GRAFCET en base a la programación guiada.
- g. Implementar el Ladder sobre TwidoSuite.

UNIDAD 5

Proyecto y aplicaciones industriales (PLC)



5

Unidad 5: Proyecto y aplicaciones industriales (PLC)

Resultados de aprendizaje:		Integra los métodos y técnicas analizados en clase para el desarrollo de un proyecto de automatización industrial.		
Contenidos de la unidad 5	Horas/ Semana	Actividades de docencia	Actividades de aprendizaje Actividades de aplicación / Prácticas	Actividades de trabajo autónomo
<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de tableros de control industrial. - Integración con sistemas SCADA. - Aplicaciones en procesos de producción. - Introducción a la Industria 4.0. 	<p>12 horas 2 semanas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Videoconferencia relacionada a los contenidos de la unidad en curso. - Aprendizaje con simulación y videos. - Tutorías síncronas y asíncronas personalizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de CadeSimu, con vinculación a PLCs logo, S7-1200. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consultas online. - Foros. - Chats. - Blogs. - Cuestionario. - Resolución de casos de estudio. - Informes técnicos.

Metodología:

Estrategia metodológica	Recursos didácticos
Constructivista-participativa	Diapositivas
Aprendizaje basado en problemas	Bibliografía Guías prácticas Internet Manuales Guía didáctica
Aprendizaje en línea	Aula virtual Herramientas web 2.0 Internet Guía didáctica
Aprendizaje por descubrimiento	Guía didáctica Manuales Internet Periódicos Bibliografía Guías prácticas

Ponderación para la evaluación del estudiante

Criterios de Evaluación: Se analiza el desempeño del estudiante al comprobar los conocimientos alcanzados a través de las actividades de aprendizaje planteadas.			
Métodos	Diagnóstica	Formativa	Sumativa
Técnicas	Documentación	Encuesta	Análisis de grabación de audio o video
	Encuesta	Evaluación compartida o colaborativa	Evaluación compartida o colaborativa
	Autoevaluación	Documentación	Observación directa del alumno
Instrumentos	Cuestionario	Cuestionario	Cuestionario
	Exposiciones	Pruebas orales de actuación	Examen
	Entrevista	Informes	Prueba objetiva
	Foros de discusión	Trabajo escrito	Actividades prácticas
Ponderación	N/A	65%	35%



Desarrollo de la unidad de aplicaciones con controladores lógicos programables (PLC)

A continuación, en esta unidad se tratará como manejar normas de construcción de tableros eléctricos ya sea de control y potencia, los mismos que serán utilizados para proyectos industriales una vez culminada la etapa de programación y acondicionamiento de señales de un PLC. Seguidamente se impartirá el contenido relacionado con la integración con sistemas SCADA para manejos de redes industriales.

Posteriormente, el estudiante podrá realizar aplicación de procesos industriales en base a problemas planteados por el docente. Finalizando con las nociones conceptuales de la industria 4.0.

5.1 Desarrollo de tableros de control industrial

Los tableros eléctricos son los encargados de proteger los componentes de mando y de control de cualquier sistema eléctrico, desde un circuito básico en un hogar hasta el de una máquina industrial. En estos se puede concentrar los dispositivos

de conexión, maniobra, protección, etc. que permitan que una instalación eléctrica funcione en óptimas condiciones. (Instelect, 2022, p. 9)

De igual manera “deben cumplir con una serie de normas que garanticen el funcionamiento adecuado y el suministro de energía correcto” (Instelect, 2022, p. 9).

Figura 221.

Ejemplo de tablero eléctrico.



Nota. Adaptado de *Uso y aplicaciones de los tableros eléctricos industriales*, por Electricistas.cl. (n.d.). <https://electricistas.cl/uso-y-aplicaciones-de-los-tableros-electricos-industriales/>

5.1.1 Aplicaciones de los tableros eléctricos

Dependiendo del área al que se quiera aplicar el tablero, podemos usarlo en el ámbito industrial, minero o doméstico y, según el uso de energía eléctrica, sus aplicaciones son las siguientes (Electricistas.cl, n.d.):

- Centros de carga o de uso residencial.
- Celdas de seccionamiento.
- Centro de control de motores.
- Centro de distribución de potencia.
- Centro de fuerza.
- Alumbrado.
- Subestaciones.

5.1.2 Control y distribución de energía

En toda instalación el uso de la energía eléctrica es indispensable, por ello, las empresas buscan las mejores opciones tecnológicas en cuanto a un panel eléctrico o gabinete metálico eléctrico, pero ¿Cómo saber si elegimos el más adecuado para nuestras necesidades? Esto va a depender del tamaño de los componentes del tablero, ya que, en gran medida determina la dimensión final.

Estos tableros industriales cada vez son más demandantes en nuestro país, teniendo en cuenta la gran cantidad de fallas e incendios en el ámbito comercial e industrial. Por ello, en marcas como Legrand Perú, se han diseñado tableros con armados sencillos que ofrezcan al público resistencia, rigidez y confiabilidad, además de contaren sus productos con certificación sísmica.

5.1.3 Componentes eléctricos y electrónicos en los tableros de control

Existe una gran variedad de componentes eléctricos y/o electrónicos que se utilizan en los tableros para poder crear circuitos que son capaces de manejar alumbrados, máquinas e incluso procesos más complejos como lo son los industriales (Electricistas.cl, s.f.).

En este apartado crearemos una lista con los componentes más utilizados y una pequeña descripción del funcionamiento y/o aplicaciones de cada dispositivo.

5.1.4 Lista de componentes de cuadro eléctrico

En esta ocasión clasificaremos a los componentes de acuerdo con la función que realizan ya sea de protección, de control, como indicadores visuales, entre otros:

Indicadores y pulsadores.

Botones.

Paros de emergencia.

Selectores.

Pilotos.

Guardamotores.

Termomagnéticos.

Diferenciales.

Termistores.

Porta fusibles.

Relevadores térmicos.

5.1.5 Elementos de control

Los elementos de control de un tablero eléctrico se utilizan para controlar todas las variables de los procesos, ya sea temperatura, tiempo, niveles de líquidos, presiones, etcétera. Podemos listar los más importantes:

Temporizadores.

Contactores.

Relevadores.

PLCs.

Convertidores de señal.

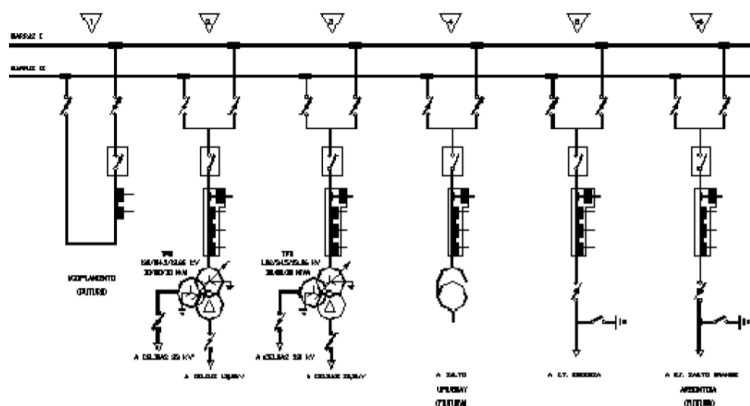
Controles de temperatura.

5.1.6 Diagrama o esquema unifilar

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en que el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores. Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol.

Figura 222.

Ejemplo de diagrama unifilar.



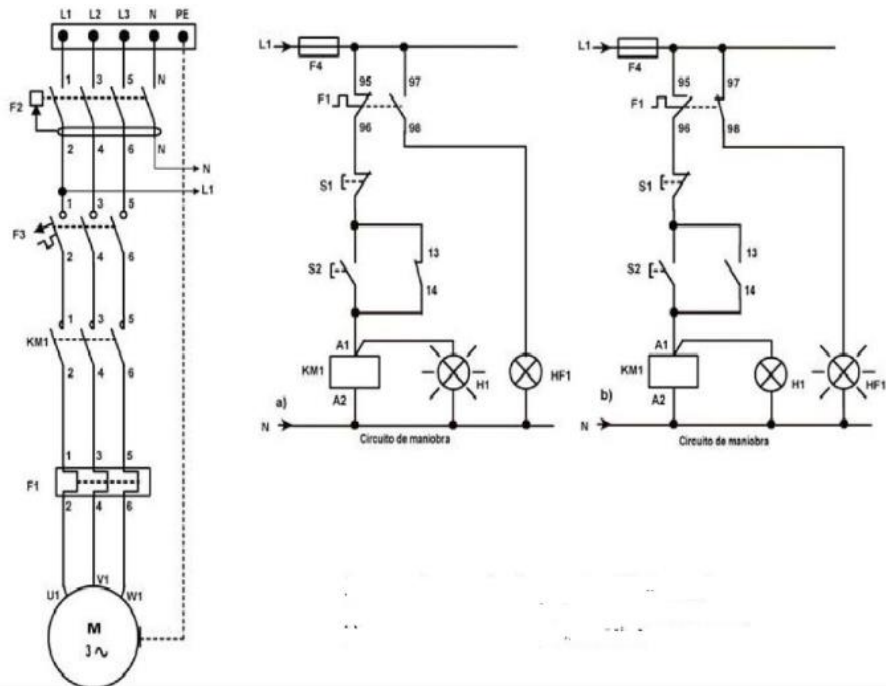
Nota. Adaptado de *Libro instrumentos para tableros*, por CEKIT (s. f.).

5.1.7 Diagrama de control

El control automático ha desempeñado una función vital en el avance de la ingeniería y la ciencia debido a los avances en la teoría y la práctica del control automático. Son muchas las áreas de la industria beneficiadas como por ejemplo las áreas espaciales, automotrices, médicas y otros. El diagrama nos da la idea de un desempeño óptimo de los sistemas y se ha dinamizado mejorando la productividad y aligeran la carga de muchas operaciones manuales y repetitivas.

Figura 223.

Ejemplo de diagrama de control.



Nota. Adaptado de *Libro instrumentos para tableros*, por CEKIT (s. f.).

5.1.8 Construcción y especificaciones técnicas de un tablero eléctrico

Todos los dispositivos y componentes de un tablero deberán montarse dentro de cajas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen.

- Los tableros deben ser fabricados en materiales resistentes al fuego, auto extingüibles, no higroscópicos, resistentes a la corrosión o estar adecuadamente protegido contra ella.
- Todos los tableros deberán contar con una cubierta interna sobre los equipos y con una puerta exterior. La cubierta interna tendrá por finalidad impedir el contacto de cuerpos extraños con las partes energizadas, o bien, que partes energizadas queden al alcance del usuario al operar las protecciones o dispositivos de maniobra; deberá contar con perforaciones de tamaño adecuado como para dejar pasar libremente el cableado y demás conexiones pertinentes, sin que ello permita la introducción de cuerpos extraños, sin que ninguno de los elementos indicados sea solidario a ella, palancas, perillas de operación o piezas de replazo, si procede, de los dispositivos de maniobra o protección.
- La cubierta cubre equipos se fijará mediante bisagras en disposición vertical, elementos de cierre a presión o cierres de tipo atornillado; en este último caso los tornillos de fijación empleados deberán ser del tipo no desprendible para que no se pierdan.
- La puerta exterior será totalmente cerrada con un grado de hermeticidad de acuerdo con su aplicación, permitiéndose sobre

ella indicadores, equipos de medida, selectores o pulsadores. Su fijación se hará mediante bisagras en disposición vertical u horizontal. Las partes energizadas de un tablero sólo podrán alcanzarse removiendo la cubierta cubre equipos, entendiéndose que esta maniobra solo se realizará por necesidad de efectuar trabajos de mantenimiento o modificaciones en el interior del tablero.

- Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra sólo serán accesibles abriendo la puerta exterior que permanecerá cerrada, para lo cual deberá contar con una chapa con llave o un dispositivo equivalente.
- Todo tablero debe contar con la cubierta interior o tapa cubre equipos, y se podrá exceptuar de la exigencia de contar con puerta exterior a todo tablero de uso doméstico o similar.
- Los tableros podrán ser montados empotrados o sobrepuestos en una pared si son de baja o mediana capacidad, tamaño y peso.
- Si los tableros son de gran capacidad, tamaño y peso, éstos deberán ser auto soportados mediante una estructura metálica anclada directamente al piso o sobre una estructura de hormigón.

- Posición en las paredes: en las paredes de concreto, azulejo u otro material no combustible, los armarios deben instalarse de modo que el borde delantero del mismo no quede metido más de 6 mm por debajo de la superficie de la pared. En las paredes de madera u otro material combustible, los armarios deben quedar nivel con la superficie o sobresalir de la misma.
- En lugares húmedos y mojados: los encerramientos montados en superficie a que hace referencia esta Sección deberán estar colocados o equipados de modo que se evite que el agua o la humedad entren y se acumulen dentro de la caja o armario y deben ir montados de modo que quede por lo menos 6.4 mm de espacio libre entre el encerramiento y la pared u otra superficie de soporte. Los armarios o cajas de corte instalados en lugares mojados deben ser de tipo a prueba de intemperie.
- Los tableros de gran capacidad y tamaño, además de ser accesibles frontalmente a través de puertas y cubiertas cubre equipos, podrán ser accesibles por los costados o por su parte trasera mediante tapas removibles fijadas mediante pernos del tipo no desprendible.
- El conjunto de elementos que constituyen la parte eléctrica de un tablero deberá ser montado sobre un bastidor o placa de montaje mecánicamente independiente de la caja, gabinete o armario los

que se fijarán a estos mediante pernos, de modo de ser fácilmente removidos en caso de ser necesario.

- Las cajas, gabinetes o armarios en que se monten los tableros podrán ser construidos con láminas de hierro, acero o materiales no conductores. Las cajas y gabinetes metálicos podrán estar constituidos por láminas de hierro o acero plegadas y soldadas las que le darán forma y rigidez mecánica. Los armarios metálicos se estructurarán sobre bastidores de perfiles de resistencia mecánica adecuada a las exigencias del montaje y se cerrarán con placas plegadas las que formarán sus cubiertas y puertas. Será recomendable la construcción modular de estos contenedores de modo de poder construir tableros de gran tamaño mediante el montaje de grupos de estos módulos.
- Todos los componentes metálicos de cajas, gabinetes y armarios deberán someterse a un proceso de acabado que garantice una adecuada resistencia a la corrosión. La calidad de esta terminación se deberá comprobar mediante la aplicación de las normas de control de calidad correspondientes.
- Los compuestos químicos utilizados para la elaboración de las pinturas a emplearse en los tableros no deben contener TGIC (triglicidilisocianurato).

- Los tableros deberán construirse con un índice de protección (grado IP) adecuado al ambiente y condiciones de instalación. En general no se aceptará la construcción de tableros de tipo abierto. Como referencia se sugiere considerar un grado IP 41 como mínimo para tableros en interior e IP44 como mínimo para tableros instalados en exterior.
- Los materiales no metálicos empleados en la construcción de cajas, gabinetes o armarios deberán cumplir las siguientes condiciones: Serán no higroscópicos. En caso de combustión deberán ser auto extingüibles (soportar 650°C durante 30 segundos), arder sin llama y emitir humos de baja opacidad, sus residuos gaseosos serán no tóxicos. Tendrán una resistencia mecánica al impacto mínimo grado IK 05 y tendrán un grado de protección contra sólidos, líquidos y contacto directo, mínimo IP2X para montaje en interiores e IP4X para tableros montados en exteriores.
- Las distancias mínimas entre partes desnudas energizadas dentro de un tablero serán determinadas de acuerdo con la Tabla N° 02; se exceptúan de esta exigencia a las distancias entre contactos de dispositivos de protección y de maniobra las cuales deberán cumplir con las normas específicas respectivas.

- La altura mínima de montaje de los dispositivos de comando o accionamiento colocados en un tablero será de 0.60 m y la altura máxima será de 2.0 m, ambas distancias medidas respecto del nivel de piso terminado.

- Se recomienda que todos los tableros eléctricos sean adecuadamente probados y satisfacer las normas aplicables en referencia a los siguientes aspectos:
 - ✓ Construcción y ensamble de tableros de baja tensión.
 - ✓ Grado de protección de tableros.
 - ✓ Resistencia a la salinidad.
 - ✓ Resistencia.

5.2 Integración con sistemas SCADA

La automatización industrial consiste en gobernar la actividad y la evolución de los procesos sin la intervención continua de un operador humano. En los últimos años, se ha estado desarrollado el sistema denominado SCADA (siglas en inglés de Supervisory Control And Data Acquisition), por medio del cual se pueden supervisar y controlar las distintas variables que se presentan en un proceso o planta. Para ello se deben utilizar diversos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc., que le permiten al operador tener acceso completo al proceso mediante su visualización en una pantalla de computador (Pérez-López, 2015).

El primer tipo de SCADA se utilizó en aplicaciones tales como tuberías de gas y líquidos, la transmisión y distribución de energía eléctrica y en los sistemas de distribución de agua, para su control y monitoreo automático (Shaw, 2006). Hoy en día existen varios sistemas que permiten controlar y supervisar, tales como PLC, DCS y ahora SCADA, que se pueden integrar y comunicar entre sí mediante una red ethernet con el fin de que el operador pueda mejorar la interfaz en tiempo real. Esto permite no solo supervisar el proceso sino tener acceso al historial de las alarmas y variables de control con mayor claridad, combinar bases de datos relacionadas, presentar en un simple computador, por ejemplo, una plantilla Excel, un documento Word, todo en ambiente Windows, con lo que todo el sistema resulta más amigable.

5.2.1 Descripción general de un SCADA

Los sistemas SCADA se conocen en español como Control Supervisor y Adquisición de Datos. Según Rodríguez (2007), el SCADA permite la gestión y control de cualquier sistema local o remoto gracias a una interfaz gráfica que comunica al usuario con el sistema. Un sistema SCADA es una aplicación o conjunto de aplicaciones de software especialmente diseñadas para funcionar sobre ordenadores de control de producción, con acceso a la planta mediante la comunicación digital con instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel para el operador (pantallas táctiles, ratones o cursores, lápices ópticos, etc.). Aunque inicialmente solo era un programa que permitía la

supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos tiempos ha surgido una serie de productos de hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para este tipo de sistemas. La interconexión de los sistemas SCADA también es propia, y se realiza mediante una interfaz del PC a la planta centralizada, cerrando el lazo sobre el ordenador principal de supervisión. El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad. Además, provee a diversos usuarios de toda la información que se genera en el proceso productivo. Los SCADA se utilizan en el control de oleoductos, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas natural y generación energética (convencional y nuclear).

5.2.2 Características de un Sistema SCADA

Bailey y Wright (2003) mencionan que un SCADA abarca la recolección de la información y la transferencia de datos al sitio central, llevando a cabo el análisis y el control necesario, para luego mostrar la información sobre una serie de pantallas de operador y de esta manera permitir la interacción, cuando las acciones de control requeridas se transportan de nuevo al proceso. Según Gómez et al. (2008), en su función de sistemas de control, los SCADA ofrecen una nueva característica de automatización que realmente pocos sistemas tienen: la

de supervisión. Existen muchos y muy variados sistemas de control y todos, si se aplican bien, ofrecen soluciones óptimas en entornos industriales. Lo que hace de los sistemas SCADA una herramienta diferenciada es la característica de control supervisado. De hecho, la parte de control está definida y supeditada por el proceso que se desea controlar y, en última instancia, por el hardware e instrumental de control (PLC, controladores lógicos, armarios de control) o los algoritmos lógicos de control aplicados sobre la planta, que pueden existir previamente a la implantación del SCADA, que se instalará sobre y en función de estos sistemas de control.

En consecuencia, el operador supervisa el control de la planta y no solo monitorea las variables que en un momento determinado están actuando sobre la planta; esto significa que puede actuar y modificar las variables de control en tiempo real, algo que pocos sistemas permiten con la facilidad intuitiva que ofrecen los sistemas SCADA. Se puede definir la palabra supervisar como ejercer la inspección superior en determinados casos, ver con atención o cuidado y someter una cosa a un nuevo examen para corregirla o repararla permitiendo una acción sobre la cosa supervisada. La labor del supervisor representa una tarea delicada y esencial desde el punto de vista normativo y operativo. De esta acción depende en gran medida el poder garantizar la calidad y eficiencia del proceso que se desarrolla. En el supervisor descansa la responsabilidad de orientar o corregir las acciones que se desarrollan. Por lo tanto, la toma de decisiones sobre las acciones de control está en manos del supervisor, que en el caso de SCADA es el operario.

Esto diferencia notablemente a SCADA de los sistemas clásicos de automatización, en los que las variables de control están distribuidas sobre los controladores electrónicos de la planta. Eso dificulta mucho las variaciones en el proceso, ya que una vez implementados, estos sistemas no permiten un control óptimo en tiempo real.

La función de monitoreo de estos sistemas se realiza sobre un computador industrial, ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interfaz), como en SCADA, pero solo ofrecen una función complementaria de monitorización: observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías. Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos ofrecen una gestión de alarmas básica, mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y hacer un reset. Los sistemas SCADA utilizan un HMI interactivo que permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto les otorga una gran flexibilidad.

En definitiva, el modo supervisor del HMI de un SCADA no solo señala los problemas, sino que, lo más importante, orienta en cuanto a los procedimientos para solucionarlos.

A menudo, las palabras SCADA y HMI inducen a cierta confusión. Ciertamente es que todos los sistemas SCADA ofrecen una interfaz gráfica PC-Operario tipo HMI, pero no todos los sistemas de automatización que tienen HMI son SCADA. La diferencia radica en la función de supervisión que pueden realizar estos últimos a través del HMI.

Según Gómez et al. (2008), las características principales de un SCADA son las siguientes:

- Adquisición y almacenamiento de datos para recoger, procesar y almacenar la información recibida en forma continua y confiable.
- Representación gráfica y animada de variables de proceso y su monitorización por medio de alarmas
- Ejecutar acciones de control para modificar la evolución del proceso, actuando ya sea sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.) o, directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación.

5.2.3 Requisitos de un SCADA

Estos son algunos de los requisitos que debe tener un sistema SCADA para sacarle el máximo provecho:

- Deben ser sistemas de arquitecturas abiertas, capaces de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Deben comunicarse con total facilidad y de forma transparente para el usuario con el equipo de planta (drivers) y con el resto de la empresa (acceso a redes locales y de gestión). Los programas deben ser sencillos de instalar, sin excesivas exigencias, y fáciles de utilizar, con interfaces amables con el usuario (sonido, imágenes, pantallas táctiles, etc.).

5.2.4 Estructura y componentes de un software SCADA

Para Gómez et al. (2008), los módulos o bloques de software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

1. Configuración: permite definir el entorno de trabajo de la aplicación según la disposición de pantallas requerida y los niveles de acceso para los distintos usuarios. En este módulo, el usuario define las pantallas gráficas o de texto que va a utilizar, importándolas desde otra aplicación o generándolas en el propio SCADA. Para ello, se incorpora un editor gráfico que permite dibujar a nivel de píxel (punto de pantalla) o utilizar

elementos estándar disponibles, líneas, círculos, textos o figuras, con funciones de edición típicas como copiar, mover, borrar, etc. Durante la configuración también se seleccionan los drivers de comunicación que permitirán el enlace con los elementos de campo y la conexión o no en red de estos últimos; se selecciona el puerto de comunicación sobre el ordenador y sus parámetros, etc. En algunos sistemas también es en la configuración donde se indican las variables que se van a visualizar, procesar o controlar, en forma de lista o tabla en la que éstas pueden definirse y facilitar la programación posterior.

2. Interfaz gráfica del operador: proporciona al operador las funciones de control y supervisión de la planta. El proceso que se supervisará se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el ordenador y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación de uso general (Paintbrush, DrawPerfect, AutoCAD, etc.) durante la configuración del paquete. Los sinópticos están formados por un fondo fijo y varias zonas activas que cambian dinámicamente de formas y colores, según los valores leídos en la planta o en respuesta a las acciones del operador. Deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de diseñar las pantallas:

- Las pantallas deben tener apariencia consistente, con zonas diferenciadas para mostrar la planta (sinópticos), las botoneras y entradas de mando (control) y las salidas de mensajes del sistema (estados, alarmas).

- La representación del proceso se realizará preferentemente mediante sinópticos que se desarrollan de izquierda a derecha.
- La información presentada aparecerá sobre el elemento gráfico que la genera o soporta, y las señales de control estarán agrupadas por funciones.
- La clasificación por colores ayuda a la comprensión rápida de la información. - Los colores deben usarse de forma consistente en toda la aplicación: si rojo significa peligro o alarma y verde indica normalidad, estos serán sus significados en cualquier parte de la aplicación.

3. Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas. Sobre cada pantalla se pueden programar relaciones entre variables del ordenador o del autómatas que se ejecutan continuamente mientras esté activa. La programación se realiza por medio de bloques de programa en lenguaje de alto nivel (C, Basic, etc.). Es muy frecuente que el sistema SCADA confíe a los dispositivos de campo, principalmente autómatas, el trabajo de control directo de la planta, reservándose para sí las operaciones propias de la supervisión, como el control del proceso, análisis de tendencias, generación de históricos, etc. Las relaciones entre variables que constituyen el programa de mando que el SCADA ejecuta de forma automática pueden ser de varios tipos: - Acciones de mando automáticas preprogramadas que dependen de valores de señales de entrada, salida o combinaciones de éstas. - Maniobras o secuencias de acciones de mando. - Animación de figuras y dibujos, asociando su forma, color,

tamaño, etc., al valor actual de las variables. - Gestión de recetas, que modifican los parámetros de producción (consignas de tiempo o de conteo, estados de variables, etc.) de forma preprogramada en el tiempo o dinámicamente según la evolución de la planta.

4. Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, según formatos inteligibles para elementos periféricos de hardware (impresoras, registradores) o software (bases de datos, hojas de cálculo) del sistema, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos. Pueden seleccionarse datos de planta para ser capturados a intervalos periódicos y almacenados como un registro histórico de actividad, o para ser procesados inmediatamente por alguna aplicación de software para presentaciones estadísticas, análisis de calidad o mantenimiento. Esto último se consigue con un intercambio de datos dinámico entre el SCADA y el resto de las aplicaciones que corren bajo el mismo sistema operativo. Por ejemplo, el protocolo DDE de Windows permite el intercambio de datos en tiempo real. Para ello, el SCADA actúa como un servidor DDE que carga variables de planta y las deja en la memoria para su uso por otras aplicaciones Windows, o las lee en memoria para su propio uso después de haber sido escritas por otras aplicaciones. Una vez procesados, los datos se presentan en forma de gráficas analógicas, histogramas, representación tridimensional, etc., que permiten analizar la evolución global del proceso.

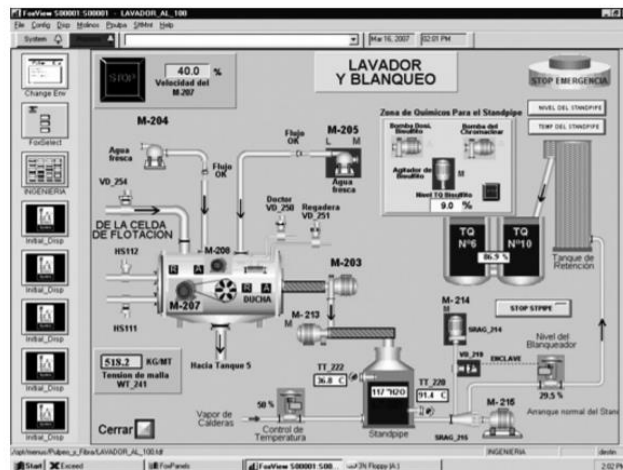
5.2.5 Ejemplos de implementación SCADA en la industria

Kimberly Clark Costa Rica, en su planta de Belén, es una empresa dedicada a la elaboración de productos utilizando como base papel de reciclaje. Los procesos de fabricación son complejos y delicados y por esa razón la firma decidió automatizar algunos de los principales, utilizando productos de la línea de Foxboro. Al momento de este trabajo se cuenta con automatización en una planta recicladora (incluyendo el proceso de blanqueo), dos máquinas de papel y la planta de tratamiento de aguas. En Kimberly Clark se ha llegado con ellos hasta el nivel de uso del SCADA, conocido para Foxboro como DCS; este sistema es una interfaz que le permite al operador no solo observar distintas variables sino hacerlas interactuar con el proceso introduciendo ajustes desde el computador en su cuarto de control.

El sistema DCS ha permitido a los operadores tener un mayor control de su operación y llevar gráficos de tendencias, los cuales son actualizados constantemente, permitiendo la toma de datos y decisiones oportunas. Otra de las grandes ganancias de la implementación de este sistema son los ahorros que se generan al tener una mejor visión de los flujos de aplicación de químicos, así como mejoras en la calidad del papel producido al tenerse una mejor visión de las distintas fases del proceso. Dado que se utilizan productos químicos, el proceso también se ha favorecido mucho pues se ha disminuido al mínimo el contacto con estas sustancias, protegiendo al personal involucrado.

Figura 224.

Pantalla de un SCADA en Kimberly Clark Costa Rica.



Nota. Adaptado de Los sistemas SCADA en la automatización industrial, por E. Pérez-López, 2015. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i4.2438>

5.3 Aplicaciones en procesos de producción

A continuación, se puede ver algunos ejemplos prácticos industriales mismo que se pueden monitorear y controlar mediante un sistema HMI y posterior con un SCADA.

Para ello revisaremos algunos casos de como poder descargar una interfaz de monitoreo y control, en este caso veremos cómo descargar **Software Lookout**.

5.3.1 Lookout

Software con conectividad a PLC para crear interfaces hombre-máquina. Con Lookout de National Instruments fácilmente puede crear interfaces hombre-máquina (HMI/SCADA).

Lookout de National Instruments es el software HMI/SCADA más fácil de usar en el mercado. Lookout es un software que le permite fácilmente crear poderosas aplicaciones de monitoreo y control de procesos. Con Lookout, el desarrollo de la interfaz hombre-máquina le toma menos tiempo permitiéndole ahorrar sustancialmente en el costo total de su proyecto. Estas son algunas de las características que lo hacen especial:

Arquitectura basada en objetos

Lookout elimina completamente la programación, scripts o compilación separada. Solamente tiene que configurar y conectar objetos para desarrollar aplicaciones de monitoreo y control. La arquitectura basada en objetos le permite más fácilmente desarrollar y mantener sus aplicaciones, reduciendo aún más el costo total de su proyecto.

Conexión a en red

El conectar múltiples servidores y clientes dentro de una planta o en locaciones remotas es muy fácil con Lookout. Solamente tiene que hacer un browser y seleccionar para poder conectarse a cualquier computadora en la red. Lookout cuenta también con las habilidades de distribuir la carga de su aplicación en una red y poder ver instantáneamente los puntos de E/S de cualquier punto en la red.

Listo para internet

Con Lookout, usted puede monitorear y controlar su proceso usando un browser de Web (como Internet Explorer o Netscape) sin necesidad de programar en HTML o XML. Solamente seleccione exportar su proceso como una página web en Lookout y está listo.

Productividad garantizada

National Instruments quiere asegurarse de su éxito. Si se usa Lookout por 90 días, y no se encuentra la arquitectura basada en objetos más fácil que la de otros paquetes HMI/SCADA le regresaran el dinero.

Lista de funciones en Lookout

- Desempeño confiable para diversas aplicaciones.
- Conectividad a nivel empresa (MES/ERP).
- Conectividad abierta.
- Herramientas de manejo de datos.
- Generación de reportes.

- Visualización.
- Control de supervisión.
- Manejo de eventos.
- Configuración en línea.
- Loggeo distribuido.
- Alarmas y eventos distribuidos.
- Seguridad.
- Redundancia.
- Tendencias y gráficas.

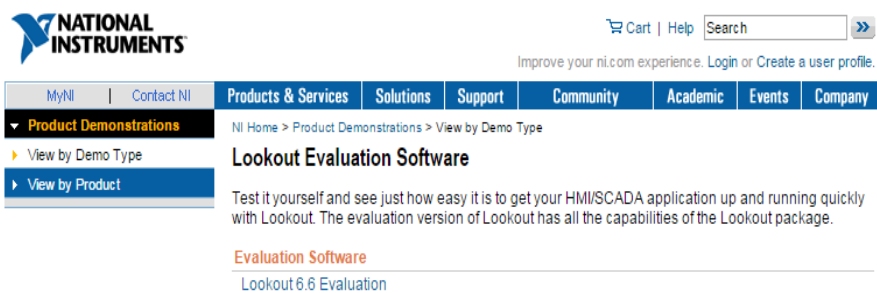
Descarga del software Lookout

Ingresamos a la url:

http://digital.ni.com/demo.nsf/websearch/94E27DB64910F82E86256AB90070C6B7?OpenDocument&node=157200_US

Figura 225.

Software de evaluación Lookout.



The screenshot shows the National Instruments website interface. At the top left is the National Instruments logo. To the right are links for 'Cart' and 'Help', and a search bar. Below the logo is a navigation menu with options: 'MyNI', 'Contact NI', 'Products & Services', 'Solutions', 'Support', 'Community', 'Academic', 'Events', and 'Company'. The 'Product Demonstrations' section is expanded, showing 'View by Demo Type' and 'View by Product'. The main content area displays 'Lookout Evaluation Software' with a breadcrumb trail: 'NI Home > Product Demonstrations > View by Demo Type'. Below the title is a short description: 'Test it yourself and see just how easy it is to get your HMI/SCADA application up and running quickly with Lookout. The evaluation version of Lookout has all the capabilities of the Lookout package.' At the bottom of the content area, there are links for 'Evaluation Software' and 'Lookout 6.6 Evaluation'.

Nota. Fuente: Autores.

Se debe tener una cuenta para poder proceder a la descarga. Damos clic el archivo de extensión exe y cómo podemos ver nos aparece las características del software.

Figura 226.

Proceso descarga Software de evaluación Lookout.

Available Downloads:

Standard Download: [Lookout66CD1.exe](#) (451.08 MB)
Checksum (MD5): de1714fc2f143577b7e7d5d64abcfcb

Updates and Notifications:

Critical Updates and Security Notifications are posted on ni.com. Before downloading, click [here](#) to review this information.

Download Language: English

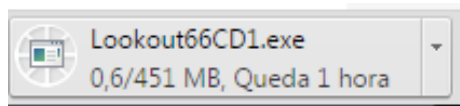
Product Line: Lookout

Version: 6.6

Release date: 10-14-2011

Software type: Application Software

Operating system: Windows 7; Windows Vista; Windows XP; Windows Server 2008 R2 64-bit; Windows Server 2003 R2 32-bit



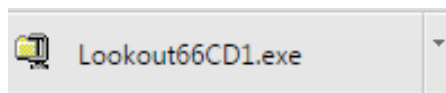
Nota. Fuente: Autores.

Instalación del software Lookout

Abrimos el archivo ejecutable.

Figura 227.

Archivo ejecutable Lookout.

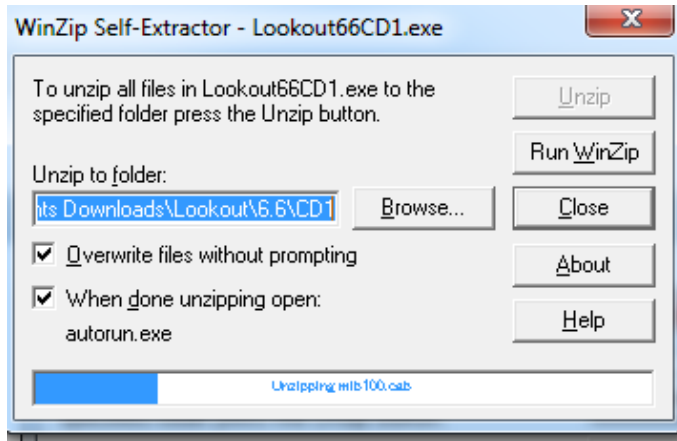


Nota. Fuente: Autores.

Procedemos a instalar como muestra la Figura 228.

Figura 228.

Proceso de instalación Lookout.



Nota. Fuente: Autores.

Figura 229.

Pantalla de ejecución Lookout.



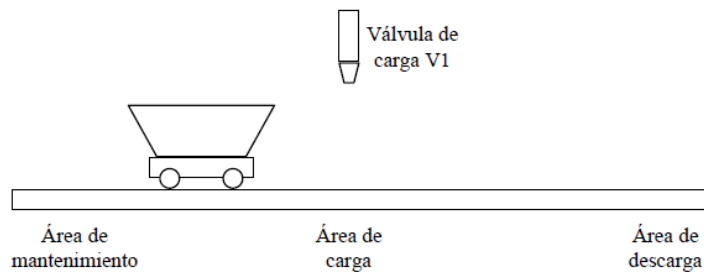
Nota. Fuente: Autores.

5.3.2 Problemas prácticos industriales con solución

Se pretende automatizar el siguiente proceso de una banda transportadora industrial, como se muestra en la Figura 230:

Figura 230.

Proceso de carga y descarga banda transportadora.



Nota. Adaptado de *Programación guiada en base a GRAFCET*, por Núñez, 2019c.

El funcionamiento del sistema es el siguiente:

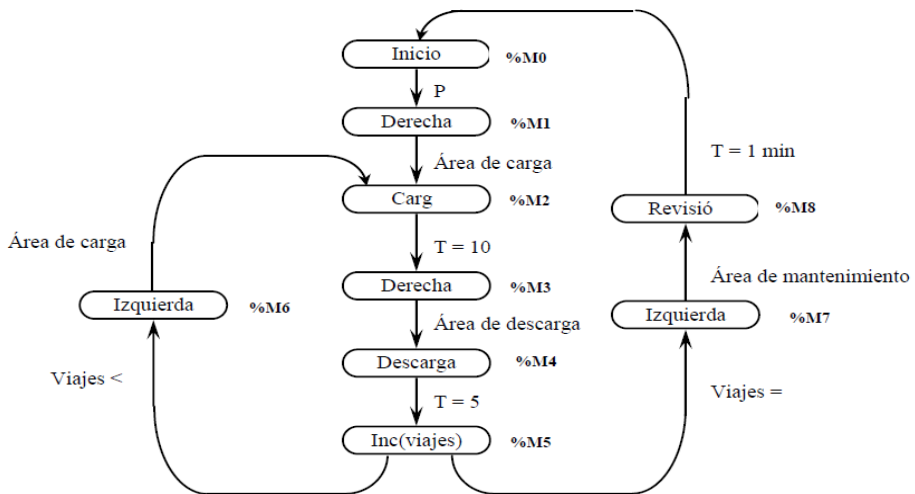
- En el estado inicial la vagoneta se encuentra en el área de mantenimiento.
- El sistema se activa mediante un pulsador P.
- Se pone en marcha la vagoneta hacia la derecha (Mov.Dcha.) hasta llegar a la zona de carga (se detecta mediante un sensor) y se detiene. - Se abre la válvula de carga V1, durante 10 segundos, tiempo empleado en llenar la vagoneta.
- Una vez llena se desplaza hacia la zona de descarga donde vacía su contenido en 5 segundos.
- Vuelve a la zona de carga y repite el proceso 5 veces.

- Concluida la quinta descarga, vuelve a la zona de mantenimiento (Mov. Izqda.) para una inspección de la vagoneta: la revisión dura 1 minuto.
- Terminada la revisión se puede repetir el ciclo actuando sobre el pulsador.
- Durante el proceso permanecerá encendido un piloto indicando el estado activo.

Se pide programar en contactos el controlador del automatismo, partiendo del siguiente GRAFCET nivel 1 como se muestra a continuación:

Figura 231.

GRAFCET nivel 1 proceso industrial.

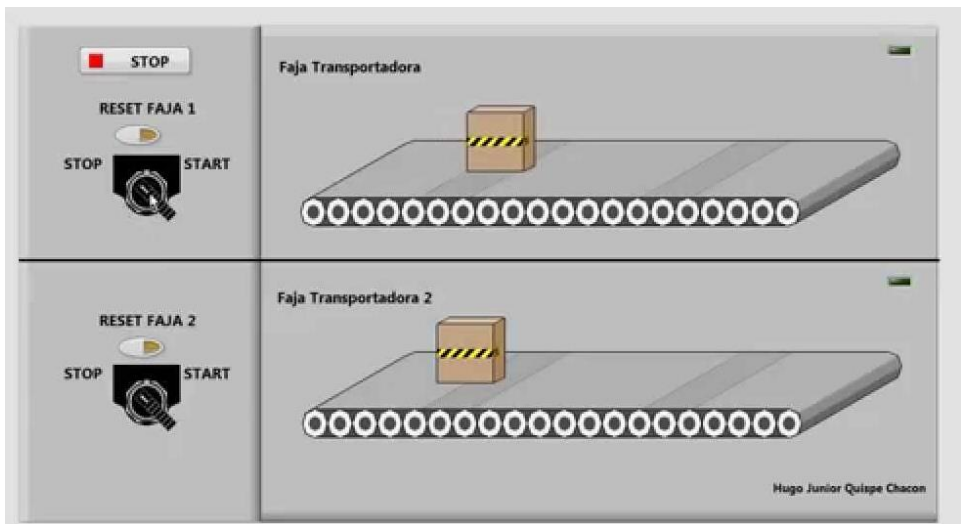


Nota. Adaptado de *Programación guiada en base a GRAFCET*, por Núñez, 2019c.

Mediante la utilización del programa Lookout se puede ver el siguiente HMI con proyección a SCADA

Figura 232.

HMI proyectado a SCADA para banda transportadora.



Nota. Adaptado de *Programación guiada en base a GRAFCET*, por Núñez, 2019c.

5.4 Introducción a la Industria 4.0

El concepto Industria 4.0 también señalado como cuarta revolución industrial, industria inteligente o ciber industria del futuro, corresponde a una nueva manera de organizar los medios de producción, una visión de la fabricación con todos sus procesos interconectados

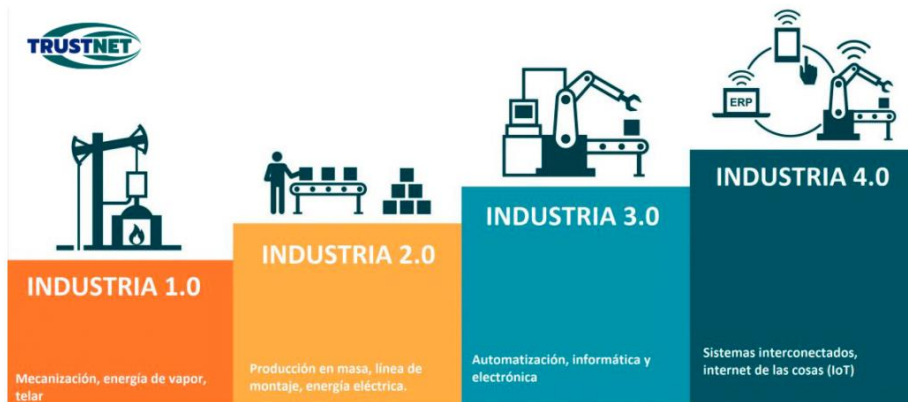
mediante internet de las cosas (IoT), logrando con ello formar fábricas inteligentes (SmartFactory) completamente digitalizadas y optimizadas.

Realmente consiste en su fundamento, en la digitalización de los procesos industriales, aplicación de nuevas técnicas de manufactura que permitan una nueva oferta de productos al mercado, optimizar los procesos para aumento de la calidad y reducción de pérdidas, logrando con todo ello nuevos modelos de negocio en un mundo globalizado.

La cuarta revolución industrial habla de las tecnologías y herramientas como por ejemplo, dispositivos móviles inteligentes, plataformas IoT, tecnologías de geolocalización, interfaces humanas avanzadas, impresión 3D, sensores inteligentes, Big Data y algoritmos avanzados, realidad aumentada, cómputo en la nube, la nano y biotecnología o la computación cuántica, entre otras (Velázquez, 2020).

Figura 233.

La proyección de la Industria 4.0.



Nota. Adaptado de *Introducción a la Industria 4.0. Trustnet*, por N. Velázquez, 2020, <https://trustnet.tsom.io/2020/07/02/introduccion-a-la-industria-4-0>

La industria 4.0 proporciona grandes beneficios para las empresas como lo es:

- Acceso a la información del estado de sus procesos operativos en tiempo real.
- Integración de los datos digitales desde diferentes fuentes.
- Lugares para que los procesos fluyan de manera continua.

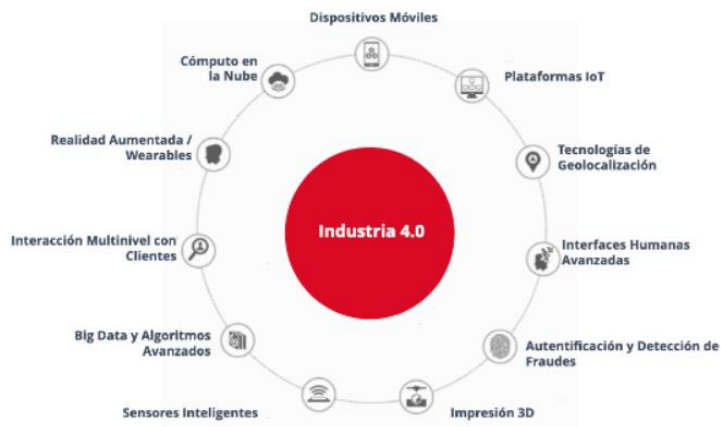
La industria 4.0 no solo afectará los procesos de fabricación y operación, sino que impactará todas las industrias y sectores, incluso afectará la manera en que los clientes se relacionan con los proveedores y las experiencias que esperan tener mientras interactúan con los

comercios. También podría generar cambios en la fuerza laboral, lo que requeriría nuevas capacidades y roles debido a que es un mundo multidisciplinario.

Está claro que el gran reto que tienen las empresas no es en el ámbito tecnológico, sino en saber cómo hacer una gestión correcta en el cambio a la industria 4.0, aprovechar al máximo las nuevas y grandes oportunidades que esto nos ofrece.

Figura 234.

El conglomerado de la industria 4.0.



Nota. Adaptado de *Introducción a la Industria 4.0. Trustnet*, por N. Velázquez, 2020, <https://trustnet.tsom.io/2020/07/02/introduccion-a-la-industria-4-0/>

5.4.1 Puntos clave en la industria 4.0

Para lograr lo anteriormente mencionado, en una empresa es necesario tomar en cuenta los puntos clave entorno a los que cada

compañía deberá trabajar para integrar en sus plantas de producción, dichos ejes son fundamentales para la correcta aplicación de esta nueva revolución industrial.

Big Data

Es el proceso de analizar, diagnosticar, limpiar y transformar datos con el fin de encontrar información útil, patrones ocultos, sugerencias y conclusiones que ayuden a una empresa a la toma de decisiones estratégicas y rentables. A su vez, estos datos provienen del internet de las cosas y otras redes digitales.

El Big Data es indispensable en la metodología de esta nueva etapa industrial pues proporciona puntos de referencia para identificar los problemas del sistema productivo, con tan solo analizar los datos obtenidos de los procesos, logrando operaciones más eficientes, mayores ganancias y clientes satisfechos.

Computación en la nube

Es una tecnología mediante la cual se colocan todos los archivos y datos en Internet, de manera que se elimina la limitación de tener suficiente espacio para los mismos en un ordenador, y logra un fácil acceso por parte de los involucrados.

Seguridad de la información

Consiste en la protección de todos aquellos conocimientos o datos que tienen valor para una organización, teniendo como foco la protección de la información digital que se mueve a través de los sistemas interconectados por la red, con el fin de reducir riesgos y mitigar todas las amenazas latentes mediante la protección de las redes y de la infraestructura tecnológica.

Robótica

Es el estudio, diseño y uso de robots en las industrias para la ejecución y desarrollo de sus procesos. El uso de robots facilita y agiliza las actividades y elimina estaciones de trabajo innecesarias.

La robótica industrial tiene diversas aplicaciones entre las cuales se pueden destacar el paletizado de cajas, empaquetado de productos, procesos de alta precisión, entre otros.

Internet de las cosas

Tal como se expuso anteriormente en este post, se define como la conectividad inteligente de los diferentes dispositivos mediante la cual pueden interconectarse y comunicarse. Las compañías manufactureras que deseen adentrarse en la industria 4.0 deben implementarlo en sus fábricas.

Simulación

Es una de las herramientas más importantes en la ingeniería industrial pues se utiliza un programa para representar un proceso de manera que se haga mucho más entendible y se visualice claramente el efecto de los cambios internos y externos del sistema.

Mediante las alteraciones que se hagan en el modelo, se pueden observar las consecuencias e impactos de estas y por consiguiente sugerir estrategias alternativas que mejoren las operaciones y la eficiencia de la cadena.

Realidad aumentada

Es la combinación entre los procesos reales y el mundo virtual utilizando métodos digitales para añadir información visual y crear experiencias interactivas dependiendo de los servicios que ofrece una empresa, por ejemplo, catálogos de productos en 3D, video juegos, entre otros.

La realidad aumentada es una tecnología imprescindible para la transición a la industria 4.0 pues esta le permite a una organización incorporar elementos virtuales a la realidad que aporten información de valor para la optimización de los procesos.

Actividades Unidad 5

Actividad 1: Proyecto práctico

El siguiente proyecto tiene como finalidad englobar todos los recursos vistos en la materia, con el objetivo de trabajar grupalmente en integrantes de 5 personas:

- Realizar una evaluación del problema a resolver mediante automatización.
- Emplear la metodología de casos de estudio vistos en clase para dar solución al proyecto.
- Implementar el proyecto sobre un PLC LOGO V8.
- Realizar los esquemas unifilares y de control, con la finalidad de implementar el sistema eléctrico en un tablero eléctrico adecuado y con señalización apropiada.
- Implementar un sistema de monitoreo y control mediante una data base propietario del PLC Logo 8.
- Realizar un control y monitoreo mediante Wifi, utilizando un CPU y un celular como interprete final.

Aplicando el concepto de programación guiada se pide realizar la automatización para el funcionamiento del control de una cabina de desinfección



Se cuenta con:

- Motor bomba.
- Una baranda de puerta de control para la salida.
- Sensor de temperatura localizado a la entrada de la cabina.
- Foco indicador de color rojo en la parte superior de la cabina.
- Foco indicador de color rojo en la parte superior de la cabina.
- Sensor de presencia interna en cabina.

El funcionamiento será de la siguiente forma:

- El sistema inicia con los focos indicadores apagados y con la puerta de salida cerrada.
- El usuario para entrar a la cabina se deberá tomar los datos de la temperatura en la frente, si el usuario no tiene la temperatura elevada se accionará un indicador verde.
- Si el usuario no tiene temperatura alta a la par o en paralelo al indicador verde se encenderá también la bomba de agua durante 10 segundos, luego de ese tiempo se abrirá la puerta de salida.
- La puerta de salida ha de cerrarse únicamente si detecta que la persona ya no está dentro de la cabina.
- Cuando la persona salga de la cabina se apagará el indicador verde.
- El proceso termina a la espera de otra persona.
- Si la persona que ingresa tiene temperatura alta, se encenderá el indicador rojo, y no se dará paso para que se accione la bomba de agua y permanecerá la puerta de salida cerrada.

Presentar:

1. Informe técnico del proyecto, incluyendo en anexos diagramas unifilares y de control realizados en CADESimu.
2. Adjuntar la programación en LOGO!Soft Comfort V8.0.
3. Realizar un video del funcionamiento del proceso.
4. Realizar una prueba de monitoreo y control mediante OPC Server del fabricante.

Bibliografía

Alzate, O. F. (2017). *Que es un PLC Siemens LOGO / Código Electrónica*. <http://codigoelectronica.com/blog/que-es-un-PLC-siemens-logo>.

Areatecnologia. (s. f.). *Automatismos eléctricos*. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/automatismos.html>

Beasley, M. (2022). *Introducción al control automático de procesos*. McGraw-Hill.

Biegel, G. (2021). *The birth and evolution of the PLC: a retrospective. automation today*.

Bolton, W. (2021). *Programmable Logic Controllers*. Pearson Education.

Brown, A., & Green, M. (2021). *Automatización industrial: Teoría y práctica*. Wiley.

Brown, R., & White, L. (2022). *Automatización y control industrial*. McGraw-Hill Education.

CEKIT. (s. f.). *Libro instrumentos para tableros*.

- Díaz Estrada, R. M., García Cornejo, L.D. y Espinoza Sánchez, D. A. (2011). *Control y automatización de un sistema de bombeo de un invernadero para el desarrollo, cultivo e investigación de flora*.
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10024/1/111.pdf>
- Electricistas.cl. (n.d.). *Uso y aplicaciones de los tableros eléctricos industriales*. <https://electricistas.cl/uso-y-aplicaciones-de-los-tableros-electricos-industriales/>
- Elsist.(s.f.). *Netsyst Controllori programmabili IEC61131-3 (PLC)*..
<https://www.elsist.biz/prodotti/netsyst/>
- García, A. (2022). *Fundamentos de electrónica digital*. Editorial Tecnológica.
- Gobierno del Estado de Guanajuato. (2022). *Brazos robóticos en la industria automotriz, la tecnología del futuro al servicio de la producción*
<https://puertointerior.guanajuato.gob.mx/blog/2023/07/21/brazo-s-roboticos-en-la-industria-automotriz-la-tecnologia-del-futuro-al-servicio-de-la-produccion/>
- Gómez, J., Reyes, A., & Guzmán del Río, L. (2008). *Automatización y control industrial: Conceptos y aplicaciones*. Editorial Técnica Industrial.
- González, P. (2020). *Automatización y control industrial*. Editorial Tecnología Aplicada.
- González, J. (2021). *Fundamentos de control automático y PLC*. Editorial Alfaomega.

- Haddad, S. (2019). *Electrical Standards and Controls Handbook*. Wiley.
- Hernández, P., & Martínez, L. (2022). *Controladores lógicos programables en automatización industrial*. McGraw-Hill
- Hilariona, M. (2015). *Modulo didáctico para prácticas de laboratorio con controladores lógicos programables*. <http://eprints.uanl.mx/9535/1/1080214939.pdf>
- Instelect. (2022). *Catálogo Instelect*. <http://www.instelect.com.mx/>
- Johnson, R. (2022). *Introduction to Industrial Automation and Control Systems*. McGraw-Hill.
- Johnson, T., & Smith, R. (2019). *Industrial automation systems and applications*. Wiley.
- Laughton, M. A., & Warne, D. (2020). *Electricity Systems and Equipment*. Wiley.
- López, A. (2018). *Automatización y control en sistemas industriales*. Editorial Técnica.
- López, R. (2019). *Sistemas de control industrial y automatización*. Editorial Ingeniería y Tecnología.
- Lynch, G., & Stokes, G. (2020). *Electrical Control Systems: Design and Troubleshooting*. McGraw-Hill Education.
- Martínez, A. (2021). *Sistemas de automatización industrial*. Editorial Técnica.
- Mok, R. (2019). *Industrial Communication Systems: Standard Protocols and Integration Strategies*. Wiley.

Moreno, A. (2020). *Fundamentos de control automático*. Editorial Ingeniería y Tecnología.

Moreno, M. (s. f.). *Automación Micromecánica S.A.I.C.* 84.

Navarro, D. (2001). *Controlador Lógico Programable (PLC)*.

Núñez, C. (2019a). *Análisis y diseño de casos de estudio con PLCs*.

Núñez, C. (2019b). *Comunicación micrologic 1110*.

Núñez, C. (2019c). *Programación guiada en base a GRAFCET*.

Núñez, C. (2019d). *Programación Micrologix 1100*.

Núñez, C. (2019e). *Sistemas de automatización industrial*.

Ogata, K. (2020). *Ingeniería de control moderna*. Pearson Education.

Pérez, J. (2021). *Automatización industrial y control de procesos*. Editorial Tecnología y Control.

Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología en Marcha*.
<https://doi.org/10.18845/tm.v28i4.2438>

Programación en s7200 (s. f.).

Quintal, J. (2016). *Sistemas de automatización industrial*. Editorial Técnica.

Quintal, C. (s. f.-a). *Estructura de los PLC`s*.

Quintal, C. (s. f.-b). *Instrucciones de comparación*.

Roca Cusido, A. (2023). *Control automático de procesos industriales: Con prácticas de simulación y análisis por ordenador PC*. Ediciones Díaz de Santos.

Rodríguez, P. (2020). *Programación de sistemas de control industrial*. McGraw-Hill.

Saldarriaga, M. A. B., & Betancourt, J. S. G. (2010). *Metodologías para diseño de circuitos Ladder con base en sistemas secuenciales y combinacionales*.

Schneider. (2011). *TwidoSuite V2_3 Guía Rápida*.

Siemens. (2003). *Manual de edición LOGO! Siemens*.

Siemens. (2014). *Manual controlador programable S7-1200*.

Smith, J. (2021). *Advanced Control Systems Programming*. Wiley & Sons.

Smith, J. (2022). *Fundamentos de la electrónica y sistemas de control*. McGraw-Hill.

Smith, J. (2023). *Fundamentos de control y automatización industrial*. Pearson Education.

Smith, A., & Johnson, B. (2023). *Fundamentos de automatización industrial*. Pearson.

Telemecanique. (s. f.). *Guía de referencia Hardware PLC Twido*.

Velázquez, N. (2020, julio 2). *Introducción a la Industria 4.0*. Trustnet.
<https://trustnet.tsom.io/2020/07/02/introduccion-a-la-industria-4-0/>

