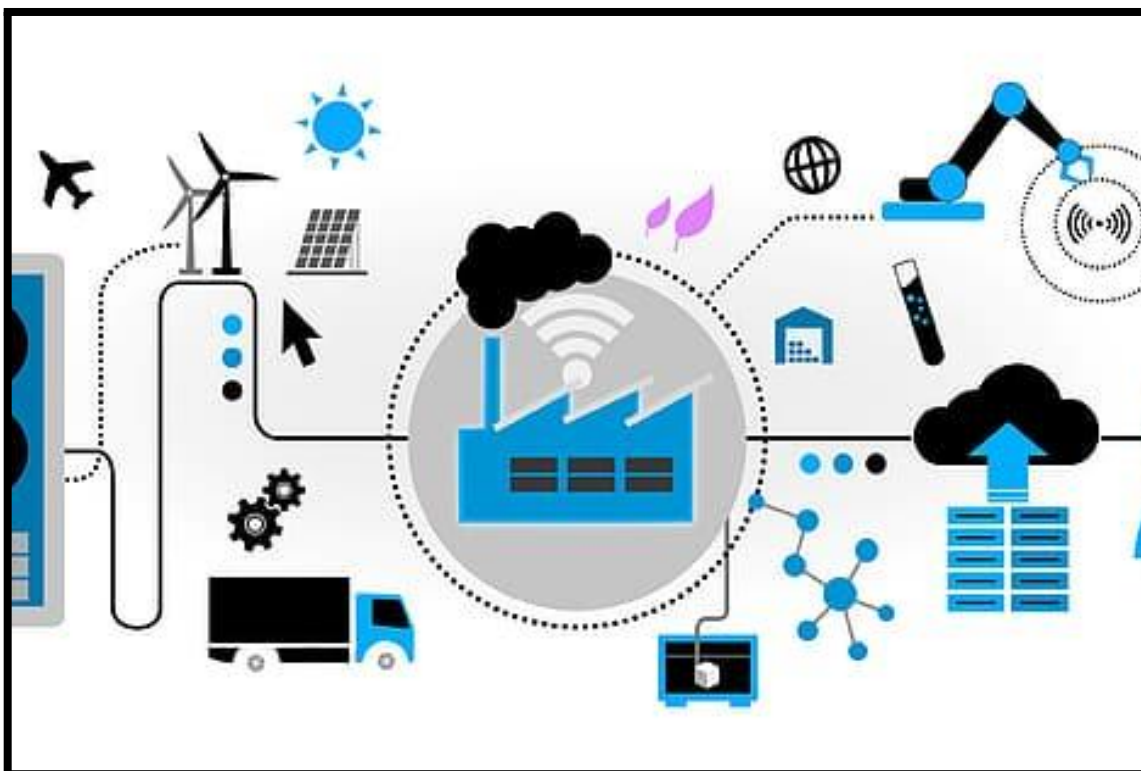


CARACTERÍSTICAS, EQUIPOS, COMUNICACIONES Y PROTOCOLOS EN ENTORNOS INDUSTRIALES



Introducción y objetivos	2
Introducción	3
Objetivos	4
¿Qué es la Industria 4.0?	5
Evolución industrial	7
Características Industria 4.0	9
Ventajas, desventajas y retos de la industria 4.0	10
Ventajas de la industria 4.0	10
Desventajas de la industria 4.0	10
Retos	11
Tecnologías de la información y de la operación	12
Diferencias entre IT y OT	13
Ciberseguridad en el sector industrial	17
Automatización de procesos industriales	19
Importancia de la automatización de procesos industriales	19
Sistemas de control	22
La pirámide de la automatización	23
Redes de comunicación industrial	32
Topología de red	32
Clasificación	33
Modelo OSI	35
Capa física	36
Capa de enlace de datos	37
Capa de red	37
Capa de transporte	38
Capa de sesión	38
Capa de presentación	39
Capa de aplicación	39
¿Qué es un PLC?	40
¿Cómo surgió?	41
Ventajas y desventajas PLC en la industria	46
Arquitectura de un PLC	47

Clasificación de PLC's	50
Tipos de PLC's	51
Aplicación de los PLC's	53
¿Cómo funciona?	55
Lazo abierto	56
Lazo cerrado	57
Sistemas de control	57
Protocolos en Comunicaciones Industriales	61
MODBUS	63
¿Cómo funciona?	63
Capa física	64
Protocolos de comunicación en serie	65
Modos de transmisión	67
ASCII	67
RTU	67
TCP/IP	68
Modbus RTU	68
PROFIBUS/PROFINET	68
OPC (OLE for Process Control)	71
Acceso a datos OPC	73
Seguridad	74
Comunicación maestro-esclavo	76
Entradas y salidas	77
Sensores	85
Clasificación	85
Actuadores	87
Conexión de sensores	91
Conectar PLC Logo Siemens	95
Lenguajes de programación PLC's	96
Tipos	96
Representación circuito	99

Introducción y objetivos

Introducción

A lo largo de la historia, los avances tecnológicos han formado parte del proceso de evolución del hombre, temas como la educación, la economía, la salud, la investigación y el trabajo, son aspectos íntimamente ligados a estos cambios tecnológicos que brindan consecuencias tanto positivas como negativas en la vida de las personas.

Esta guía pretende acercar al lector a los entornos industriales 4.0 (O.T.), las comunicaciones en las plantas industriales y conocer el concepto de “procesador lógico programable” o, más comúnmente conocido como PLC. Conocer sus principales características y campos de aplicación y ver cuáles son las ventajas de la utilización de estos dispositivos sobre otros del mismo tipo.

La comunicación en las plantas industriales se ha hecho imprescindible en la industria moderna. Muchos sistemas están formados por equipos de diferentes fabricantes y funcionan en diferentes niveles de automatización y a menudo se desea que trabajen de forma coordinada para un buen resultado. El objetivo principal es que la comunicación esté totalmente integrada en el sistema.

La comunicación debe integrar la información provista por los elementos de campo en los sistemas de control de procesos.

En la industria coexisten una serie de equipos y dispositivos dedicados al control de una máquina o una parte cerrada de un proceso. Entre estos dispositivos están los PLC's, ordenadores, sensores, actuadores, etc.

Se realizará un breve recorrido por la historia de este dispositivo para comprobar así su evolución y cómo son los dispositivos actuales de este tipo.

Se expondrá cuál es su estructura general, para comprobar de qué están formados, e incluso se dará una breve descripción de sus componentes de hardware. Se verán además cuáles son los distintos tipos de PLCs (ej. compacta, modular, de montaje en rack), haciendo hincapié en sus ventajas e inconvenientes, así como de las señales que estos utilizan (ej. binaria, digital y/o analógica).

Finalmente, se describe cómo es su funcionamiento y sus principales características.

Objetivos

1. Conocer la Industria 4.0, ventajas, inconvenientes y retos.
2. Diferenciar entre tecnologías de la información y de la operación.
3. La pirámide de automatización.
4. La comunicación industrial, redes, protocolos.
5. Comprender qué es un PLC y observar cuáles son sus ventajas sobre otros dispositivos similares.
6. Conocer la estructura general de estos dispositivos, componentes principales y sus funciones.
7. Observar cuales son los tipos de PLCs que existen, en especial, el que utiliza la arquitectura “maestro-esclavo”.
8. Definir cuáles son los tipos de señales más utilizados en este tipo de dispositivos.
9. Saber cómo es el principio de funcionamiento de un PLC.

¿Qué es la Industria 4.0?



La Industria 4.0 está revolucionando la forma en que las empresas producen, mejoran y distribuyen sus productos. Los fabricantes están integrando nuevas tecnologías, incluida el Internet de las cosas (IoT), la computación y la analítica en la nube y la inteligencia artificial (IA) junto con machine learning, tanto en sus instalaciones de producción como a lo largo de sus operaciones.

Estas fábricas inteligentes están equipadas con sensores avanzados, software y robótica incorporados que recopilan y analizan datos, así como también permiten una mejor toma de decisiones.

Estas tecnologías digitales permiten una mayor automatización, un mantenimiento predictivo, una optimización automática de las mejoras de procesos y, sobre todo, un nuevo nivel de eficiencia y capacidad de respuesta a clientes que antes no era posible.



Escuela de Innovación
Profesional
Berrikuntza
Profesionalen Eskola



Evolución industrial

La industria comprende las actividades de transformación de materias primas en productos elaborados de forma masiva en las fábricas. Las actividades industriales incluyen todos los procesos y técnicas que transforman las materias primas en productos elaborados. Aunque a lo largo de la historia siempre ha existido la fabricación de útiles, solo se tiende a considerar como actividades industriales a aquellas destinadas a alcanzar una producción masiva.

La industria como tal surgió en uno de los procesos históricos más relevantes de la historia de la humanidad: la revolución industrial, en el último cuarto del siglo XVIII.

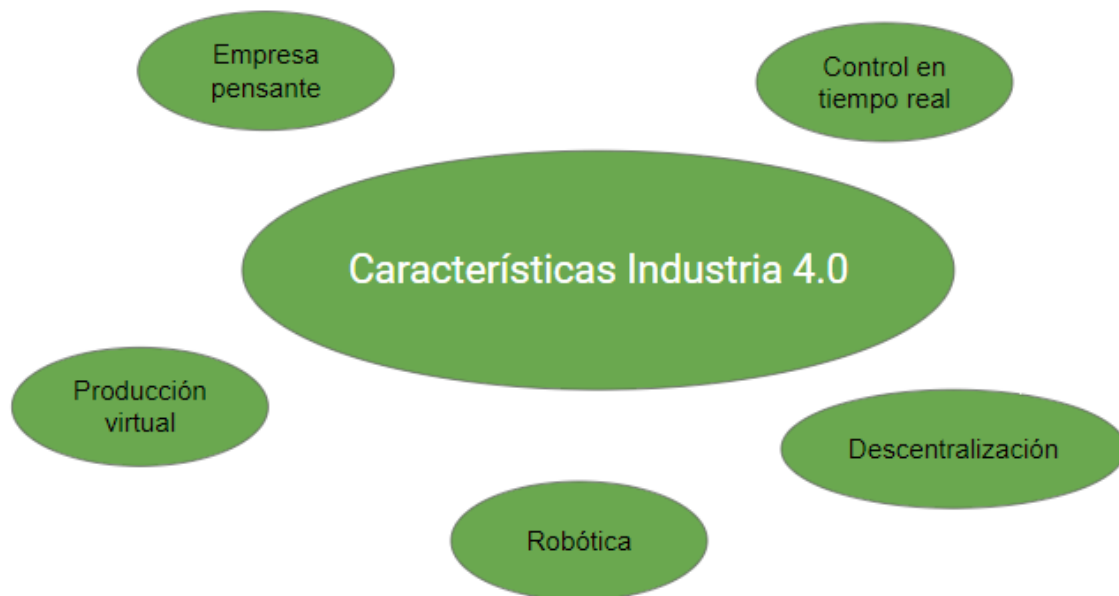
En ese proceso se distinguen cuatro etapas.

PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA
1760-1840	1870-1914	1930-2000	2010-?
Industria 1.0 Máquina de vapor y energía hidráulica y mecanización. Primer telar mecánico. MECANIZACIÓN. 	Industria 2.0 Producción en masa, cadena de montaje y electricidad. Primera cinta transportadora. ELECTRICIDAD. 	Industria 3.0 Automatización, tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Primer PLC. INFORMÁTICA. 	Industria 4.0 Internet de las cosas, la nube, coordinación digital, sistemas ciberfísicos y robótica. DIGITALIZACIÓN. 

- La **Primera** Revolución Industrial se produjo a finales del siglo XVIII en Gran Bretaña, y permitió la producción en masa mediante el uso de agua y vapor en lugar de recursos puramente humanos y animales. Los productos eran fabricados con máquinas en vez de ser elaborados laboriosamente a mano.
- La **Segunda** Revolución Industrial un siglo después, se introdujeron las líneas de montaje y el uso de petróleo, combustible y energía eléctrica. Estas nuevas fuentes de energía, junto con comunicaciones más avanzadas vía telefónica y telegráfica, permitieron la producción en masa y un cierto grado de automatización en los procesos de fabricación.

- La **Tercera** Revolución Industrial comenzó a mediados del siglo XX, añadió ordenadores, telecomunicaciones avanzadas y análisis de datos a los procesos de producción. La digitalización de las fábricas comenzó con la incorporación de controladores lógicos programables (PLC) en maquinarias para ayudar a automatizar algunos procesos, además de recopilar y compartir datos.
- La **Cuarta** Revolución Industrial conocida como Industria 4.0. Se caracteriza por el aumento de la automatización y el empleo de máquinas y fábricas inteligentes, además de datos informados que ayudan a producir bienes de manera más eficiente y productiva en toda la cadena de valor. Se mejora la flexibilidad para que los fabricantes puedan satisfacer mejor las demandas de los clientes mediante la personalización masiva, lo que tiene como objetivo, en muchos casos, lograr la eficiencia con grupos de un solo producto. Al recopilar más datos de la planta y combinarlos con otros datos operativos de la empresa, una fábrica inteligente puede lograr transparencia en la información y tomar mejores decisiones.

Características Industria 4.0



La industria 4.0 o la industria inteligente se diferencia o caracteriza en varios aspectos:

- **Control en tiempo real**

Con equipos completamente conectados, se busca conseguir información de todos los procesos productivos en cuestión de segundos. Esto trae como ventaja una toma de decisiones más oportuna y un mínimo tiempo de respuesta.

Gracias a tecnologías como el Big Data, el tratamiento de los datos cada vez se procesa más rápido y se envía a tiempo real. Disponer de información útil de manera instantánea favorece la toma de decisiones, optimiza los recursos y mejora el proceso productivo en general.

El Internet of Things aplicado a la Industria se denomina IoT. El uso de esta tecnología es una de las características que más distinguen a la Fábrica 4.0 o fábrica del futuro. Toda la maquinaria de las plantas industriales está interconectada entre sí a través de redes de Internet. También están enlazados los distintos softwares que se utilizan para calibrar y programar cada robot industrial, lo que permite más autonomía e independencia a los operarios pero exige más especialización y formación técnica.

- **Descentralización**

Gracias a la implementación de los sistemas de inteligencia artificial, no se requiere una perspectiva única que coordine la toma de decisiones ya que cada sección involucrada en la producción debería operar de la manera más autónoma posible.

Esto favorece la descentralización y la independencia de los procesos. Como consecuencia, el flujo de operaciones es más rápido y más continuo, y el rendimiento de las fábricas es mucho mayor.

- **Una empresa pensante**

Gracias a la cualidad inteligente de los medios, sumada a la interconexión de los sistemas mediante el IoT, será la misma industria quien haga los reportes, ofrezca asistencia y se autogestione en la medida de lo permitido, en base a la comprensión de sus propias necesidades operativas.

- **Una producción virtual**

La visión es tener espacios de trabajo tanto físicos como virtuales, que tengan la misma importancia. Todo esto siendo posible gracias a la interconexión de todos los elementos productivos (maquinaria y humanos) a través de redes de internet.

- **Robótica**

La paulatina colaboración del personal humano en áreas de riesgo junto con las herramientas robóticas, que pueda minimizar los daños al equipo. Así mismo adaptado a trabajos tediosos, mecánicos o desagradables.

Ventajas, desventajas y retos de la industria 4.0

Ventajas de la industria 4.0

- Se brindan productos de mayor calidad con menor precio de producción.
- Mayor control y conocimientos sobre los aspectos productivos de toda la empresa.
- Reduce el requerimiento de personal especializado en muchas áreas.
- Hace más fácil comprender la información en base a reportes más detallados y elaborados.
- Operaciones optimizadas.
- Organización autogestionable.
- Información veraz en tiempo real.
- Mayor control de los recursos y menos desperdicios.

Desventajas de la industria 4.0

- Alto coste de implementación
- Perspectivas aún en desarrollo
- Vulnerabilidad de interferencia en las comunicaciones
- Requerimiento de personal tecnológicamente cualificado

- Gran impacto en cuanto a la dinámica de contratación y reducciones en la necesidad de mano de obra
- Muy complicado implementar en PYMES

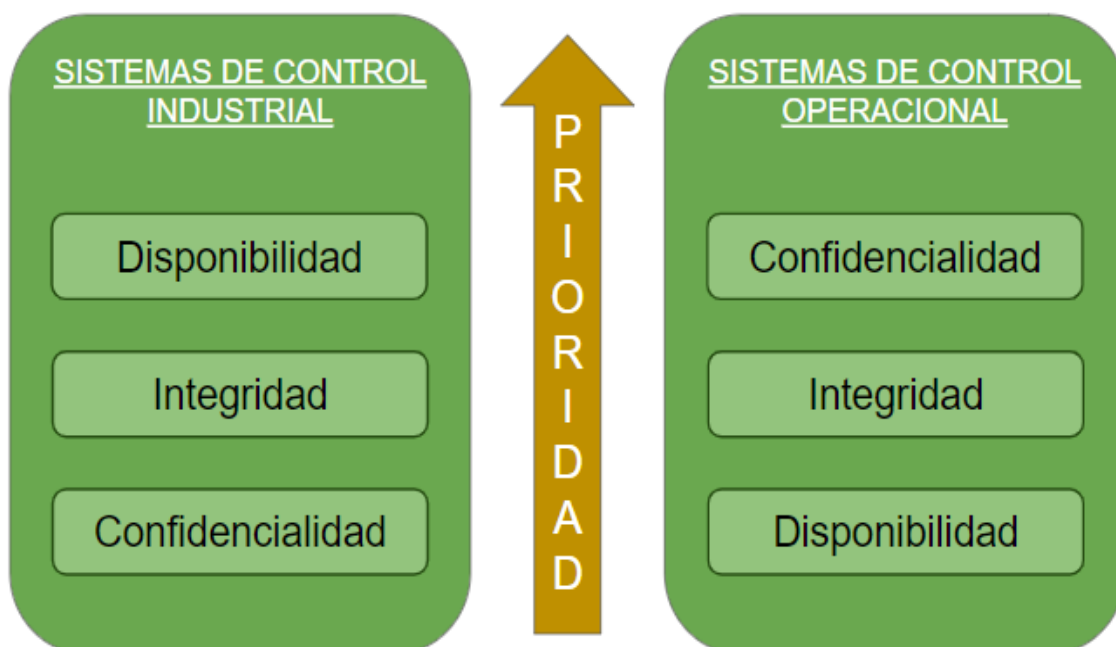
Retos

- **Ciberseguridad**
Todo lo que se encuentre en la red y sea electrónico es hackeable. La ciberseguridad avanza cada vez más, pero las estrategias maliciosas para perjudicar sistemas modernos nunca descansan. Esta guerra entre vulnerabilidades y ciberseguridad es sin dudas un gran reto 4.0 a resolver.
- **Puestos de trabajo y el componente humano**
La automatización de procesos ha obligado a muchas personas a reinventarse profesionalmente.
Imaginemos el impacto en los puestos de trabajo si esta forma autónoma de producción se extiende a la mayoría de departamentos y componentes en la industria. La sociedad debe renovarse y adaptarse a los cambios.
- **El dilema tecnología y recursos renovables**
Mantener una maquinaria operativa de este nivel requiere grandes cantidades de energía. Descubrir nuevas y mejores formas de afrontar esta demanda de energía de manera responsable será sin duda un elemento clave en este método.

Tecnologías de la información y de la operación

En el sector industrial existen dos conceptos que suelen entenderse por separado: IT y OT. Las Tecnologías de la Información y las Tecnologías de la Operación son dos conceptos distintos, pero pueden combinarse entre sí.

Aunque ambas tecnologías pueden trabajar en conjunto para potenciar sus funcionalidades debemos comprender que sus utilidades son muy distintas y que los entornos en los que deben conservarse también difieren. Conocer las diferencias entre IT y OT es importante para asegurar una convergencia responsable y funcional en el sector de la Industria 4.0.



IT vs OT

Protocolos de comunicación estándar. Principalmente redes cableadas con algunas capacidades inalámbricas localizadas. T

Sistema tiempo real.

Disponibilidad 24x7

Interacción hombre-máquina

Limitación de recursos

Utilizados y mantenidos por ingenieros de control

Diferencias entre IT y OT

A continuación se enumeran gran parte de esas diferencias para poder entender a una mayor profundidad los problemas que separan a ambos:

	IT	OT
Objetivo	Confidencialidad, integridad y disponibilidad.	Disponibilidad, integridad y confidencialidad.
Comunicaciones	Protocolos de comunicación estándar. Principalmente redes cableadas con algunas capacidades inalámbricas localizadas.	Muchos protocolos de comunicación propietarios y estándar. Se utilizan varios tipos de medios de comunicación. Las redes son complejas y, a veces, requieren la experiencia de ingenieros de control.
Gestión de cambios	Los cambios de software se aplican de manera oportuna en presencia de una buena política y procedimientos de seguridad. El procedimiento a menudo está automatizado.	Los cambios de software deben probarse exhaustivamente e implementarse de forma incremental en un sistema para garantizar que se mantenga la integridad del sistema de control. Las interrupciones del ICS

		a menudo deben planificarse y programarse con días/semanas de anticipación. Puede usar sistemas operativos que ya no son compatibles.
Soporte	Permite apoyo diversificado.	Generalmente es a través de un solo proveedor.
Componentes	Vida de 3 a 5 años. Locales y de fácil acceso. Los componentes tecnológicos son, por lo general, iguales al número de profesionales activos. Requieren de personal de control.	Vida útil de 10 a 15 años. Aislados, remotos y requieren un gran esfuerzo físico para acceder a ellos. El despliegue de dispositivos tecnológicos es amplio y variado y, por lo general, superior al número de trabajadores. Esta tecnología es, por tanto, más autónoma.
Requisitos de desempeño	No en tiempo real. La respuesta debe ser consistente. Altos rendimientos exigidos. Alto retardo puede ser aceptable. Interacción de emergencia menos crítica. Se puede implementar un control de acceso estrictamente restringido en la medida necesaria para la seguridad.	Tiempo real. La respuesta es crítica en el tiempo. El rendimiento modesto es aceptable. Alto retraso o retardo no es aceptable. La respuesta a la interacción humana y de emergencia es crítica. El acceso al sistema debe estar estrictamente controlado, pero no debe obstaculizar ni interferir con la interacción hombre-máquina.
Disponibilidad	Respuestas como reiniciar son aceptables. Las deficiencias de disponibilidad a menudo se pueden tolerar según los requisitos operativos del sistema.	Las respuestas como reiniciar pueden no ser aceptables debido a los requisitos de disponibilidad del proceso. Los requisitos de disponibilidad pueden requerir sistemas

		redundantes. Las interrupciones deben realizarse con días/semanas de anticipación planificadas y programadas. La alta disponibilidad requiere pruebas previas a la implementación exhaustivas.
Gestión de riesgos	Controlar el trabajo físico. La confidencialidad e integridad de los datos es primordial. La tolerancia a fallas es menos importante, el tiempo de inactividad momentáneo no es un riesgo importante. El principal impacto del riesgo es el retraso de las operaciones comerciales.	Administración de datos. La seguridad humana es primordial, seguida de la protección del proceso. La tolerancia a fallas es esencial, incluso el tiempo de inactividad momentáneo puede no ser aceptable. Los principales impactos de riesgo son el incumplimiento normativo, los impactos ambientales, la pérdida de vidas, equipos o producción.
Actualización	Los sistemas están diseñados para su uso con sistemas operativos típicos. Las actualizaciones son sencillas con las herramientas de disponibilidad o implementación automatizada.	Sistemas operativos diferentes y posiblemente propietarios, a menudo sin capacidades de seguridad integradas. Los cambios de software deben ser realizados con cuidado, generalmente por los proveedores de software, debido a los algoritmos de control especializados y quizás al hardware y software modificados involucrados.
Recursos	Los sistemas se especifican con suficientes recursos para admitir la adición de aplicaciones de terceros, como soluciones de seguridad.	Los sistemas están diseñados para admitir el proceso industrial previsto y es posible que no tengan suficientes recursos informáticos y de memoria para admitir la

		adición de capacidades de seguridad.
--	--	--------------------------------------

Ciberseguridad en el sector industrial

La seguridad en un entorno corporativo o un entorno industrial es diferente, en el primero se prima la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de la información mientras que en el entorno industrial se prima la seguridad en las personas y los sistemas, la fiabilidad y la integridad en la información.

Teniendo en cuenta las diferencias entre ambos sectores, es importante resaltar el desarrollo de la ciberseguridad industrial, por lo cual se debe dar importancia a los siguientes 3 factores: tecnología, procesos y personal.

- **Tecnología**, es recomendable incorporar a los entornos OT sistemas específicos relacionados con la segmentación de redes, con el análisis y gestión de eventos relacionados con la seguridad, etc.
- **Procesos**, deben establecerse políticas, procedimientos y programas que ayuden a fortificar los entornos industriales y de infraestructuras.
- **Personal**, es necesario crear equipos multidisciplinares que sean capaces de identificar posibles amenazas y vulnerabilidades, de gestionar los SGSI, así como de adaptar las recomendaciones propuestas en normativas y marcos de referencia a cada planta concreta.

En el entorno industrial se ha centrado principalmente en proteger a las personas de posibles daños físicos al trabajar y operar con máquinas. El problema es que las tecnologías en las que se basa la Industria 4.0 se centran, principalmente, en el mundo virtual. Este hecho hace necesario un replanteamiento de los parámetros de seguridad en las industrias mediante la denominada **ciberseguridad** con el objetivo de:

- Securizar las instalaciones y su operabilidad, proteger los procesos de producción de las fábricas y de los sistemas
- Proteger la integridad de la comunicación y recabación de datos entre los diferentes dispositivos con los que cuente la empresa
- Asegurar los datos confidenciales relativos a la producción de la empresa

A continuación se muestran los factores de riesgo y las vulnerabilidades en la industria 4.0.

Factores de Riesgo

- Interconexión con sistemas IT
- Acceso a datos de proceso desde cualquier ubicación
- Sistemas ICS conectados a internet
- Falta de procesos y herramientas de seguridad
- Profesionales de seguridad no involucrados en el diseño y mantenimiento
- Inexistencia de un marco regulador
- Uso de tecnologías IT de propósito general, COTS, TCP/IP, etc.

Vulnerabilidades

- Seguridad por oscuridad en el SW
- Perímetro de red indefinido
- Puertos físicos inseguros
- Configuraciones por defecto
- Aplicaciones y servicios innecesarios
- Protocolos de comunicación vulnerables
- Faltas de parcheo
- Vulnerabilidades 0-day
- Control de acceso inadecuado o inexistente
- Falta de gestión de logs

AMENAZAS

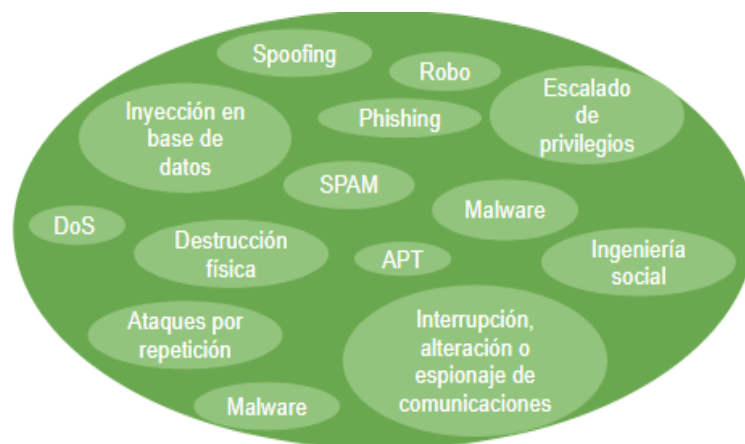
Accidentales

- Fallos en sistema de "safety"
- Fallos de equipamiento
- Autocomplacencia, descuido, pasotismo.
- Desastres naturales

Deliberadas

- Malware / Spyware
- Terroristas
- Compañías rivales
- Hacktivismo
- Servicios de inteligencia extranjeros
- Empleados descontentos
- Grupos criminales





Automatización de procesos industriales

La automatización de procesos industriales o automatización industrial es en sí misma la aplicación de maquinarias y equipos de tecnología (Software y hardware), que sean capaces de llevar todo tipo de procesos de producción, selección y control de manera autónoma, es decir, con la mínima participación de personal humano posible.

Estos también llamados sistemas de automatización buscan controlar labores mecánicas, que normalmente requerirían mucho esfuerzo y personal agregado, de manera óptima, ininterrumpida y minimizando posibles errores.

Con la combinación inteligente de maquinaria, es posible automatizar casi toda línea productiva hoy día.

Importancia de la automatización de procesos industriales

La importancia de automatizar procesos industriales circula alrededor de un concepto fundamental: eficiencia. Los sistemas industriales son excelentes para llevar a cabo tareas repetitivas y una vez que son calibrados raras veces se desvían de su funcionamiento, es decir, tienen siempre resultados consistentes.

Los principales beneficios o ventajas de automatizar procesos industriales son:



- **Reducción de costes**

Los sistemas de automatización industrial son rentables en cuanto a retorno de inversión, operan únicamente con gastos de mantenimientos que pueden ser planificados y realizan actividades que, en otras circunstancias, requeriría de mucho personal humano.

Bien implementados, optimizan el uso de materiales, por lo que se evita el desperdicio de materia prima, siendo en casi todos los escenarios más eficientes que el hombre, en trabajos mecánicos.

- **Calidad global**

Reduciendo los errores de producción se mejora significativamente la calidad de cualquier producto. Gracias a los sistemas informáticos que apoyan a la maquinaria mecánica, es posible supervisar y corregir desperfectos en tiempo real sin interrumpir la cadena productiva.

Cuando hablamos de la calidad global, nos referimos a la capacidad de mejorar el funcionamiento de la línea de producción de manera generalizada.

- **Consistencia del producto**

Gracias a la automatización podemos eliminar la variabilidad en las cadenas productivas, por lo que tendremos elementos de la misma calidad a lo largo del

tiempo. Este punto es importante en muchos aspectos, queremos la misma cantidad en cada botella, las piezas mecánicas del mismo tamaño, todos los productos cocidos de forma homogénea...

La consistencia del producto es una de las razones por la que las marcas fidelizan a sus clientes y de ahí su importancia.

- **Productividad**

Las máquinas que automatizan procesos en las industrias suelen ser alabadas por su capacidad de trabajar sin parar.

Mientras más tamaño y cadencia de producción tenga una fábrica, más costosos son los tiempos muertos. Los equipos no suelen poseer horarios de descanso frecuentes y sus curvas de productividad no decaen con el tiempo, ofrecen eficiencia en todo el transcurso de su funcionamiento, lo que es una gran ventaja.

- **Seguridad de la planta**

Muchos procesos industriales acarrean consigo actividades de riesgo para la seguridad del personal humano. Tener la capacidad de acudir a herramientas tecnológicas que puedan llevar a cabo este tipo de tareas a gran velocidad y sin errores es un punto clave.

La mayor parte de los sistemas y maquinarias de automatización modernos toman en cuenta en el diseño la seguridad del personal, por lo que los accidentes laborales relacionados son mínimos y casi nunca provocados por la maquinaria en sí, lo que quiere decir que bien implementados son seguros.

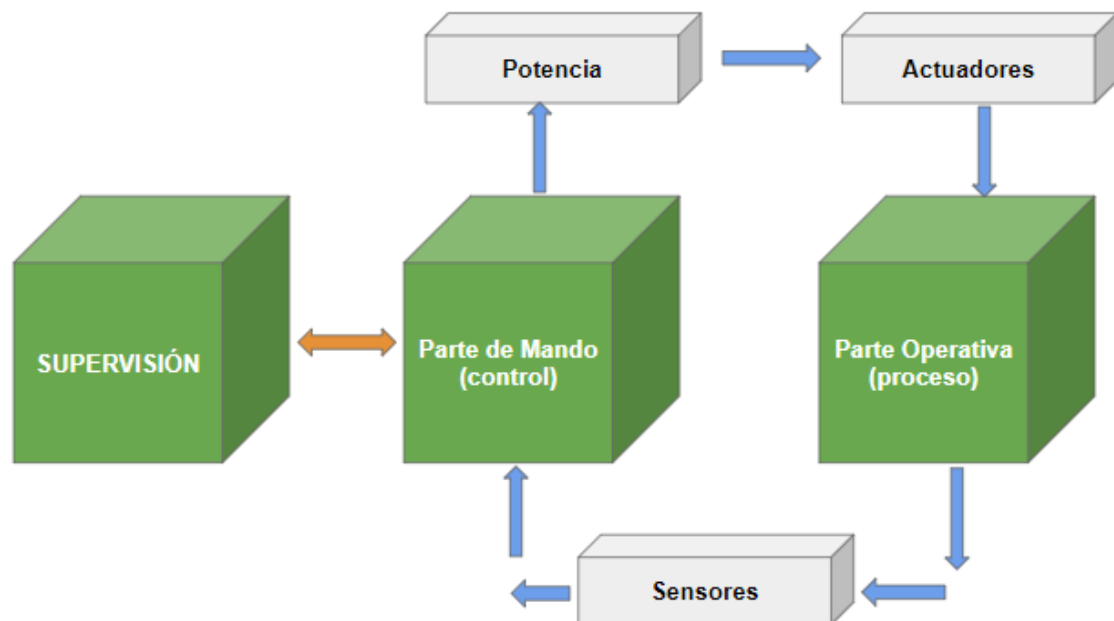
La nueva visión de las industrias viene orientada a través de la implementación de sistemas globalizados autónomos e inteligentes, sistemas que puedan automatizar y tomar decisiones por su cuenta de forma colaborativa.

Para alcanzar eso, se requiere el uso de PLC's, se trata de una computadora que tiene por objetivo controlar y automatizar una serie de procesos dentro de una línea de producción o de cualquier sistema, ya sea industrial o no, las posibilidades son infinitas.

Sistemas de control

Desde la aparición de las tecnologías de la información y las comunicaciones, principios de los setenta, el modelo de referencia **CIM** (en inglés, Computer-Integrated Manufacturing) se ha utilizado para el desarrollo e integración de estas tecnologías en el ámbito industrial con el objetivo de automatizar y mejorar los procesos productivos (aumento de la capacidad productiva, disminución de los costes, personalización de los productos y mejora de la calidad, entre otros).

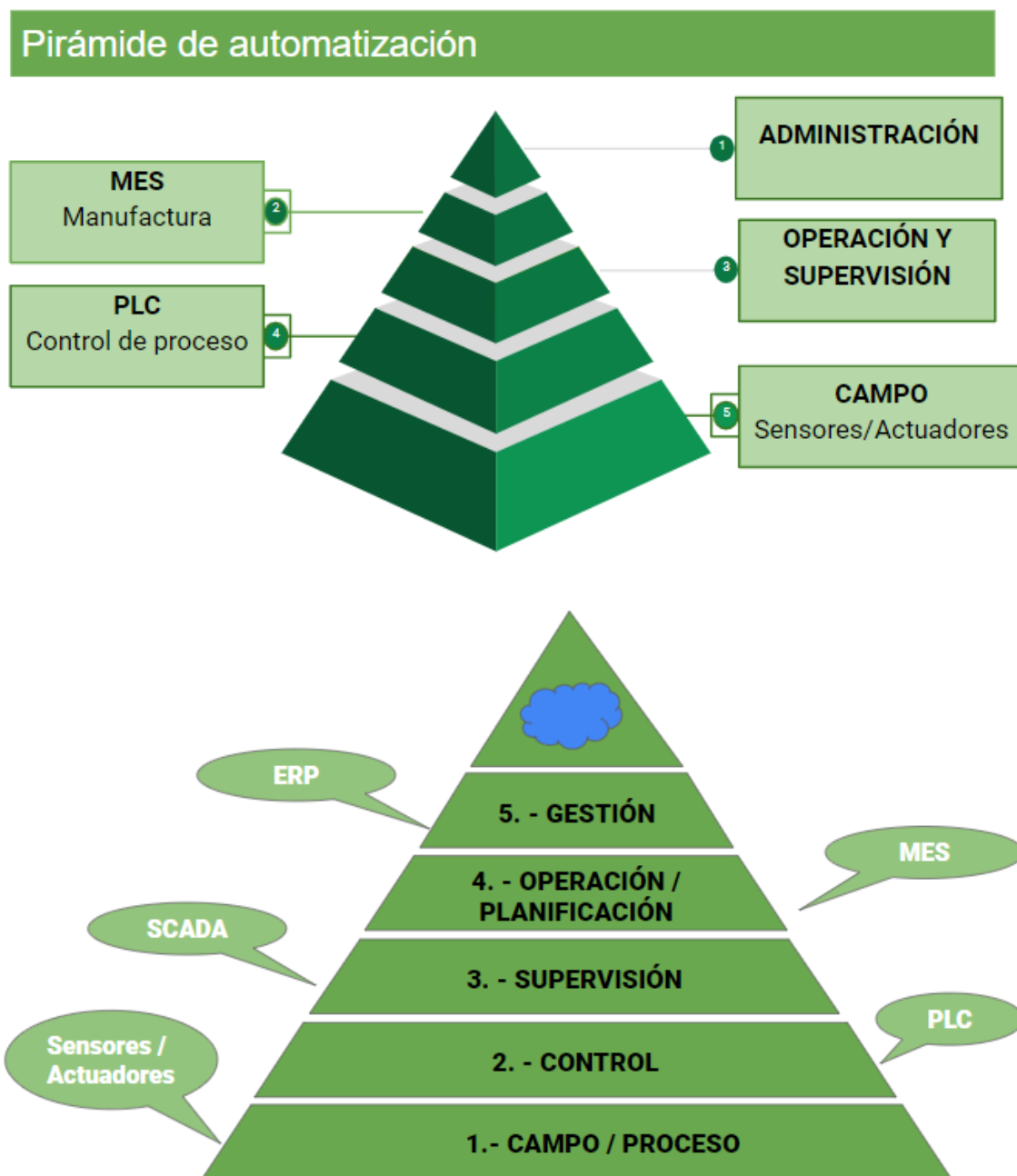
Es decir, surge de la necesidad de integrar los procesos de producción con los procesos de gestión.



El modelo de referencia CIM plantea una arquitectura piramidal donde cada subnivel de la pirámide se encarga de prestar servicios al nivel inmediatamente superior, ya sea proporcionar datos o ejecutar una acción. A su vez, el nivel superior se encarga de procesar los datos y de realizar peticiones de acción del nivel inmediatamente inferior, así como de proporcionar datos y atender las peticiones del nivel inmediatamente superior.

La pirámide de automatización es una representación pictórica de los diferentes niveles de automatización de una fábrica. Es una manera de dar sentido a toda la complejidad de una fábrica. En la imagen se muestran los niveles frente a los dispositivos más característicos y los tiempos de respuesta aproximados que se manejan en cada nivel.

La pirámide de la automatización

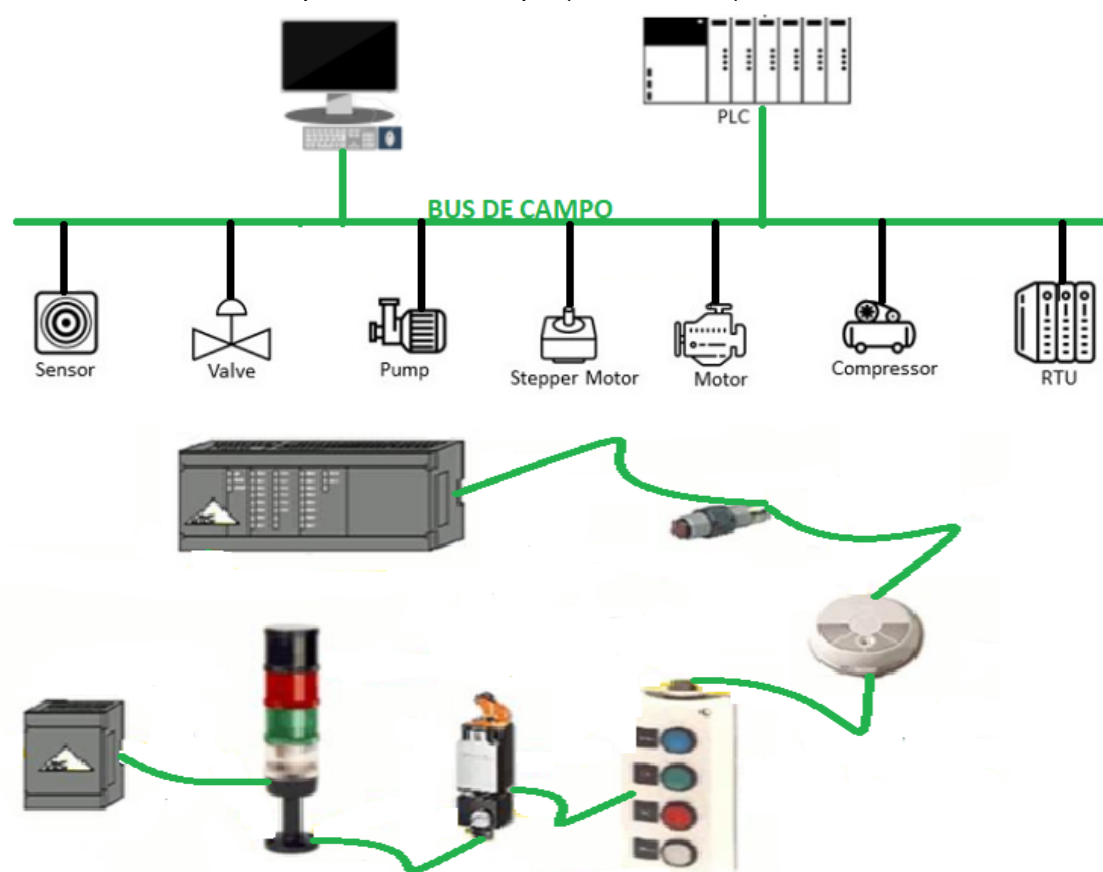


- **Nivel de Campo/Proceso.** Se trata del nivel más bajo en la jerarquía de la automatización. Físicamente se refiere a los instrumentos de medición y acción del proceso automatizado.

Por ser el área de mayor actividad por el uso continuo de los instrumentos, debido a la necesidad de la medición constante de las variables de procesos,

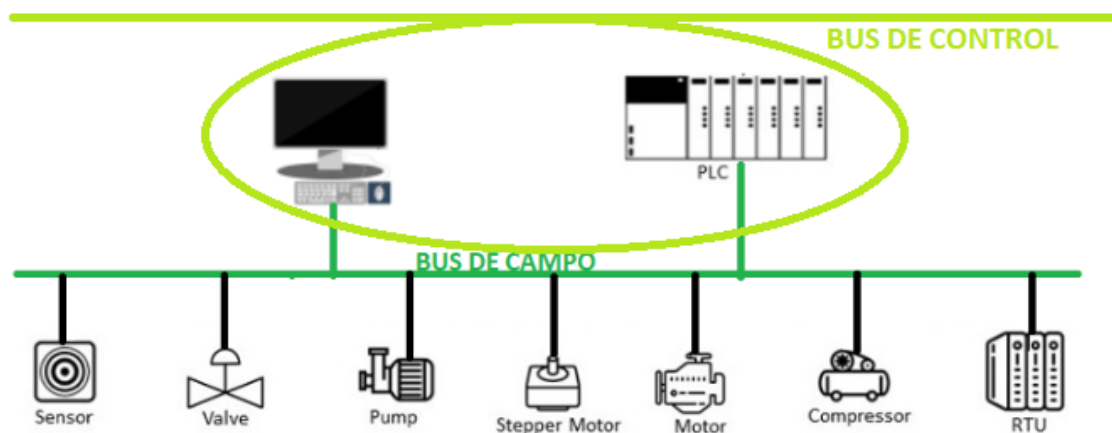
también es el área que necesita mayor cuidado y mantenimiento, además de estar expuesta casi siempre a condiciones ambientales adversas.

En este nivel se adquieren los datos del proceso mediante los sensores situados en él y se actúa mediante los actuadores. Estos sensores y actuadores que interaccionan directamente con el proceso productivo suelen recibir el nombre de dispositivos de campo (field devices).



- **Nivel de Control.** Este nivel está formado por las máquinas individuales que intervienen en el proceso productivo. Por tanto, desde el punto de vista de control, en este nivel se sitúan los autómatas programables (PLCs), unidades terminales remotas (RTU), los sistemas de control numérico de las máquinas, los robots industriales, los computadores industriales, etc. Todos estos dispositivos se conocen de forma genérica como controladores de máquinas.

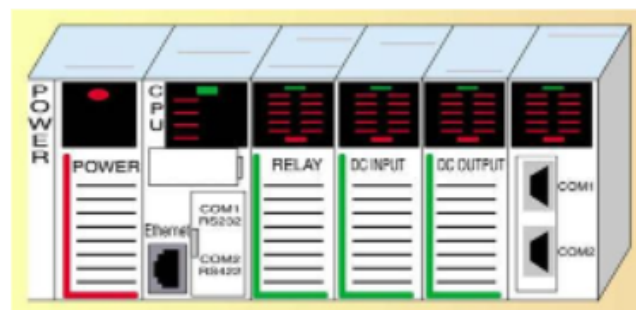
Estas tecnologías de automatización permiten mantener ciertas variables del proceso dentro de determinados valores, o asegurar que el proceso evolucione a estados deseables, para lo cual requieren comunicarse con los dispositivos del nivel de campo/proceso, ya sea para medir las variables, conocer el estado, o para actuar sobre este aplicando algún tipo de energía (eléctrica, neumática, hidráulica).



Una RTU o Remote Terminal Unit es un dispositivo diseñado para el control y automatización de instalaciones. Tiene la función de gestionar los equipos físicos y a su vez comunicar con el sistema SCADA de control y son, con mucha diferencia, los equipos más utilizados para el telecontrol de instalaciones distribuidas y/o desatendidas.

Se puede pensar que para esta función también puede utilizarse PLCs, pero la diferencia de uso entre ellos es notable. Mientras los PLCs están pensados para uso industrial, las RTUs son más apropiadas para el telecontrol de instalaciones porque incorporan un conjunto de funcionalidades hardware y software más adecuadas para ese entorno.

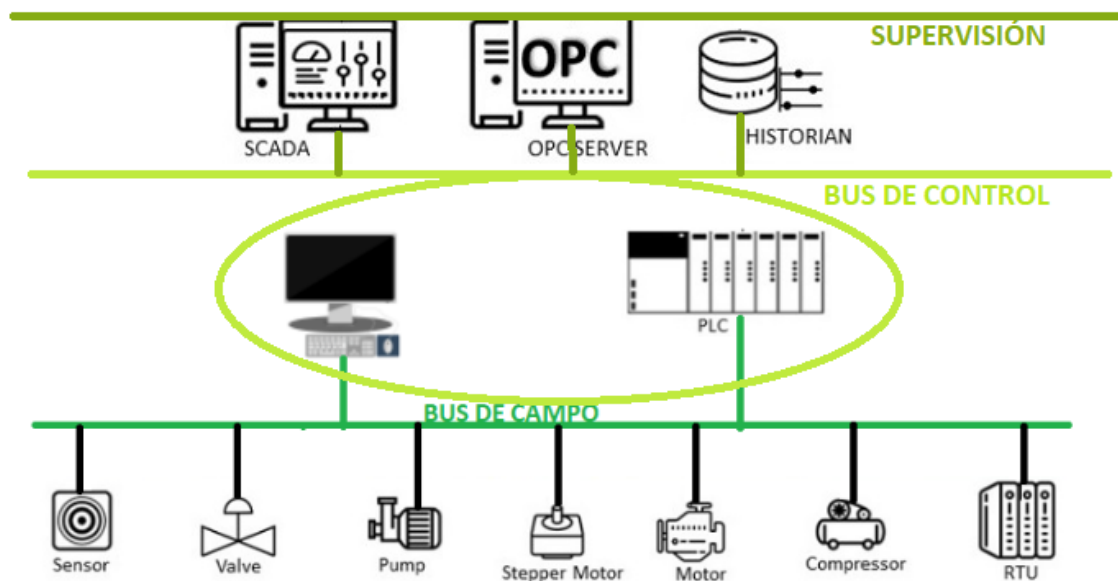
El nivel de control utiliza estos equipos para controlar y "ejecutar" los dispositivos en el nivel de proceso que realmente realizan el trabajo físico. Reciben información de todos los sensores, interruptores y otros dispositivos de entrada para tomar decisiones sobre qué salidas activar para completar la tarea programada.

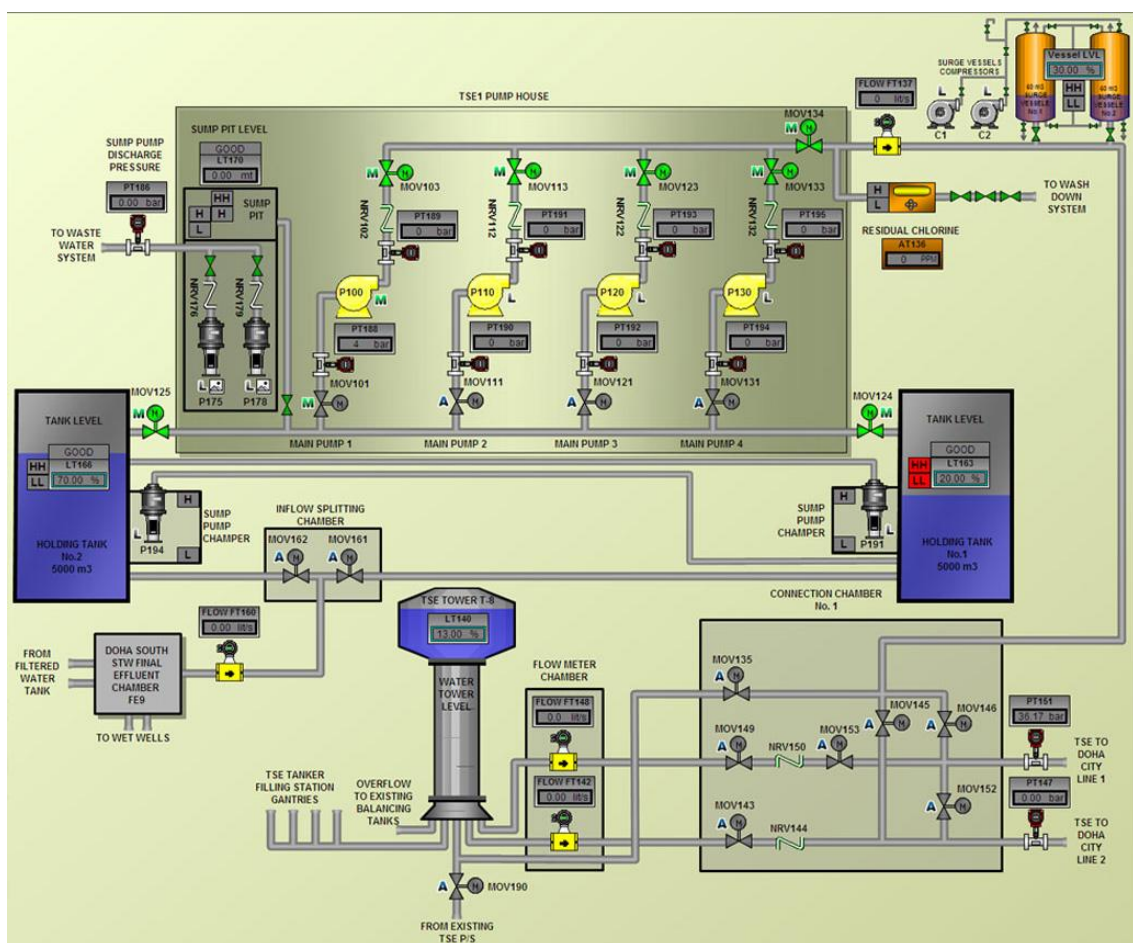


- **Nivel de Supervisión**, se encuentran los sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), así como las interfaces hombre-máquina (HMI). En esta capa, los datos de proceso se supervisan a través de interfaces de usuario, y se almacenan en bases de datos. El SCADA se utiliza típicamente

para controlar múltiples máquinas en procesos complejos, incluyendo procesos que involucren múltiples sitios.

Una diferencia entre el nivel 2 y el 3 es que el SCADA se usa a menudo para refinar o restablecer valores en el nivel de control.





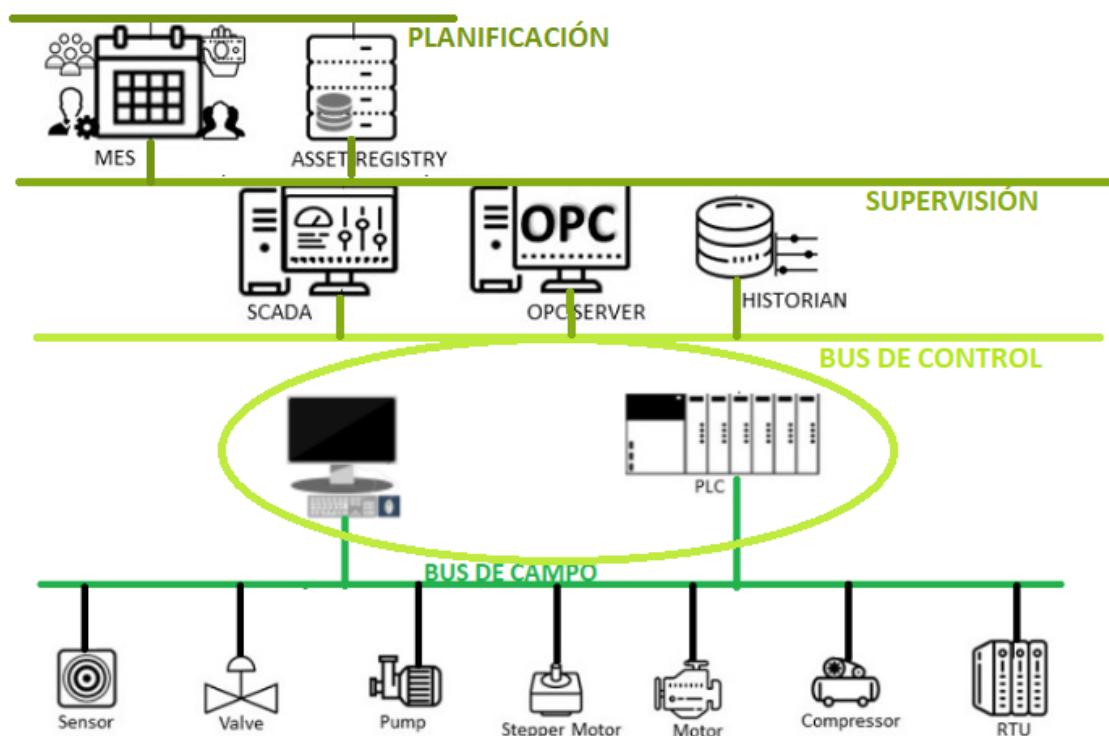
HMI (Human Machine Interface) es una 'interfaz hombre máquina', un panel de control diseñado para conseguir una comunicación interactiva entre operador y proceso/máquina, con la función de transmitir órdenes, visualizar gráficamente los resultados y obtener una situación del proceso/máquina en tiempo real.



La función de los sistemas SCADAs es controlar y monitorizar múltiples dispositivos como Unidades Terminales Remotas (RTU) enlazados con transmisores de proceso y elementos finales de control, implementando funciones de control básica como Start /Stop, o lazos de control más completos con regulaciones continuas, paradas seguras, comunicación de alerta y preavisos.

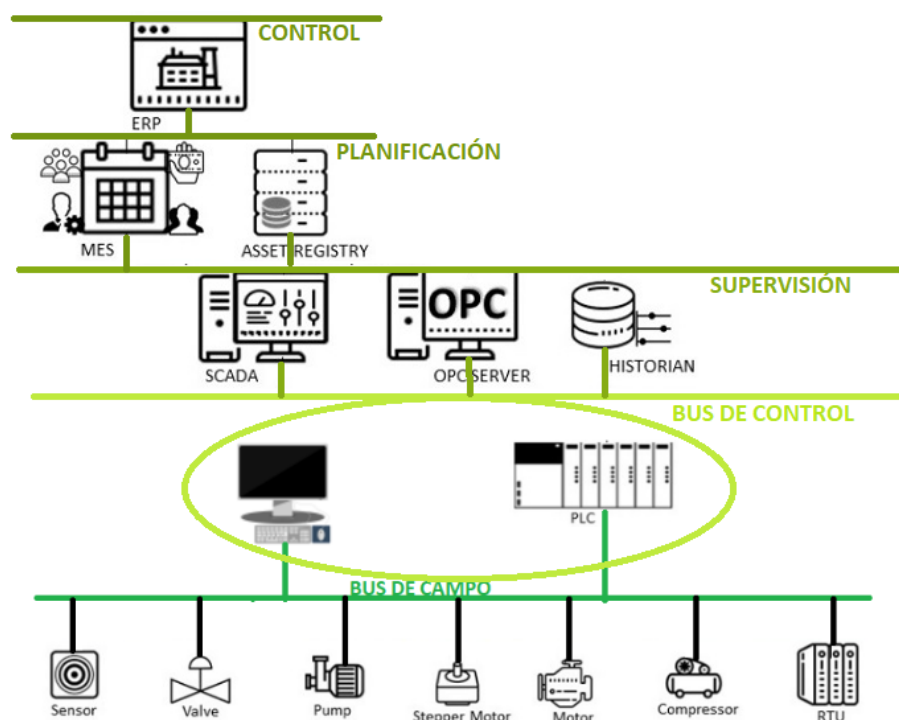
Estos dispositivos RTU se comunican digitalmente con una Unidad Terminal Maestra (MTU) en una ubicación central donde operadores pueden monitorear el proceso e intervenir en él.

- **Nivel de Planificación.** Se monitoriza todo el proceso de fabricación en una planta o fábrica desde las materias primas hasta el producto acabado. Esto permite a la gerencia ver exactamente lo que está sucediendo y les permite tomar decisiones basadas en esa información. Pueden ajustar los pedidos de materias primas o los planes de envío basándose en datos reales recibidos de los sistemas. Este nivel suele utilizar un sistema de gestión informática conocido como MES (Manufacturing Execution System).



- **Nivel de Gestión.** Utiliza el sistema de gestión integrado de las empresas, que se conoce como ERP o planificación de recursos empresariales.

Aquí es donde la alta dirección de una empresa puede ver y controlar sus operaciones. ERP (Enterprise Resource Planning) suele ser un conjunto de aplicaciones informáticas diferentes que pueden ver todo lo que sucede dentro de una empresa. Utiliza la tecnología de todos los niveles anteriores además de un poco más de software para lograr este nivel de integración.



Esto permite que el negocio pueda monitorear todos los niveles, desde la fabricación, las ventas, las compras, las finanzas y la nómina, y muchos otros. La integración del ERP promueve la eficiencia y la transparencia dentro de una empresa al mantener a todos en la misma página.

Actualmente se podría señalar otro nivel por encima del cinco: **la nube**. La nube es lo que forma parte de la transformación digital de la fábrica donde los datos de cualquiera de los niveles anteriores pueden ser directamente alimentados en un pool de datos u otras aplicaciones. Aquí es donde se alcanza el siguiente nivel de eficiencia y excelencia operativa, lo que se denomina Industria 4.0.

En la siguiente imagen podemos ver la evolución en los sistemas de control.

- Elementos mecánicos ➡ Relés ➡ Microprocesadores
- Señales analógicas ➡ Señales digitales
- Reloj mecánico ➡ Reloj electrónico ➡ Reloj distribuido ➡ Reloj GPS
- Cable simple ➡ Bus de campo ➡ Puerto serie punto a punto ➡ Redes multipuerto ➡
Redes digitales ➡ Fibra óptica ➡ Wireless
- Estándares incompletos o ambiguos ➡ Estándares específicos
- Personalizado ➡ Propietario ➡ Abierto
- Arquitectura aislada ➡ Arquitectura distribuida
- Maestro / Esclavo ➡ Topografía de malla
- Información local ➡ Información global
- Un proveedor ➡ Varios

Redes de comunicación industrial

Se considera que la comunicación es el intercambio de información entre dos o más partes.

La comunicación de datos es la conversión y transmisión de información, a menudo en formato digital, desde un transmisor a un receptor a través de un enlace (cable de cobre, cable coaxial, fibra óptica o inalámbrico).

Los sistemas de comunicación industrial son un mecanismo de transmisión de datos o información entre los diferentes niveles de la pirámide de automatización necesarios para llevar a cabo tareas de control y gestión en un proceso, se puede entender como protocolo como el convenio o conjunto de reglas que permite el intercambio de información entre diferentes dispositivos que componen una red industrial por ejemplo actuadores, HMI, variadores de velocidad, sensores etc., en otras palabras se podría decir que es el lenguaje usado para la comunicación entre dispositivos.

Topología de red

Una topología de red es una representación gráfica de cómo están conectados los dispositivos entre sí. En pocas palabras, es la disposición de los distintos elementos (enlaces, nodos, etc.) de las redes de comunicación industrial. Es la estructura topológica de una red, y pueden definir tanto el aspecto físico como el lógico de la red.

La topología física se refiere a la colocación de los distintos componentes de la red, incluida la ubicación de los dispositivos y la instalación de los cables, mientras que la topología lógica muestra cómo fluyen los datos dentro de una red, con independencia de su diseño físico.

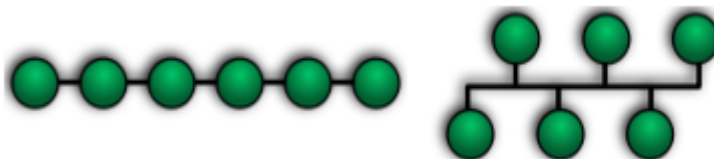
Tanto la topología lógica como la física pueden ser iguales o diferentes en una misma red.

En las redes industriales se dan con mayor frecuencia los siguientes tipos de topologías:

- **Topología de bus**

Es la forma más sencilla, esta consiste en conectar todos los equipos mediante cable a una misma línea de transmisión.

La conexión de dispositivos en serie para formar una topología de línea también se denomina topología de bus. Todos los dispositivos están conectados a un medio de transmisión. Los sistemas de bus de campo clásicos, como Profibus presentan este tipo de topología.



- **Topología de estrella**

Con una topología en estrella, se requiere un componente de distribución que forme el centro de la estrella, en la que todos los nodos están conectados de forma individual al punto de conexión central, como un hub o un switch. Esta topología requiere más cables que, por ejemplo, un bus, pero la ventaja es que si un cable falla, sólo se cae un nodo.



- **Topología de anillo**

Consiste en conectar varios dispositivos en forma de anillo con un mismo cable por el cual la información pasa en una dirección ya sea sentido horario o antihorario.



- **Topología de árbol**

Un topología de árbol tiene varios componentes de distribución, en función de su tamaño, por lo que puede considerarse una estrella expandida. Un ejemplo de ello es la típica red ethernet en una oficina que utiliza switches como componente de distribución.

Clasificación

Los sistemas de redes de comunicación industrial se pueden clasificar en diferentes categorías basadas en la funcionalidad:



- **Nivel de Campo**, contiene los dispositivos distribuidos, como sensores (entrada) y actuadores (salida), módulos de E/S y unidades de accionamiento de las máquinas / plantas de una empresa de fabricación que se comunican con los sistemas de automatización a través de un sistema de comunicación en tiempo real.

Un bus de campo es, en líneas generales, “un sistema de dispositivos de campo (sensores y actuadores) y dispositivos de control, que comparten un bus digital serie bidireccional para transmitir informaciones entre ellos, sustituyendo a la convencional transmisión analógica punto a punto”. La transmisión de los datos es cíclica y se caracteriza por un ciclo de bus corto. La duración real del ciclo de bus depende de la aplicación.

- **Nivel de Control.** A nivel de planta, los PLC's, se comunican entre sí y con los sistemas informáticos de la oficina técnica o de ingeniería utilizando estándares como **Ethernet TCP/IP**

Los controladores están conectados a los sensores/actuadores del nivel de campo y cada uno controla una parte del sistema. Los controladores también están conectados entre sí y con el nivel superior.

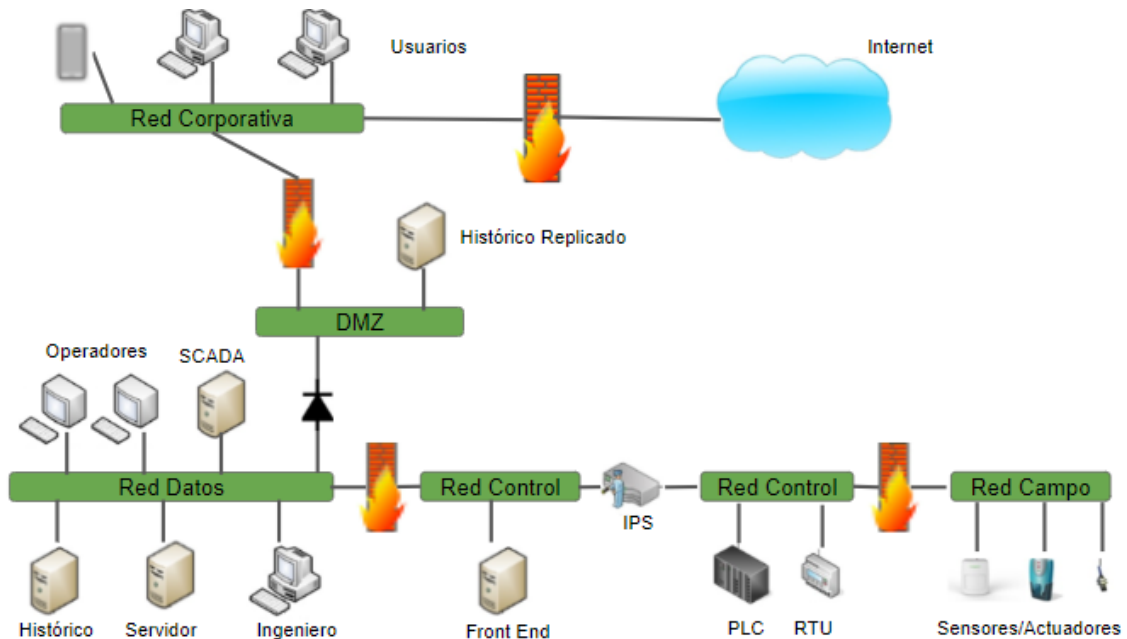
Este flujo de información requiere paquetes de datos y una serie de protocolos de comunicación.

- **Nivel de Información.** El controlador del nivel de planta reúne la información de gestión de los niveles de área y gestiona todo el sistema de automatización mediante el Sistema **MES y ERP**.

El sistema MES está conectado de forma directa con el nivel de control y los datos de producción actuales. Hacen un seguimiento de los detalles de los productos y los pedidos en la planta, recopilan las transacciones para informar a los sistemas financieros y de planificación, y envían de forma electrónica los pedidos y las instrucciones de fabricación al personal de la planta.

ERP permite recopilar y organizar los datos empresariales a través de un paquete de software integrado. El software ERP contiene aplicaciones que automatizan funciones empresariales como la producción, la cotización de ventas, la contabilidad, etc.

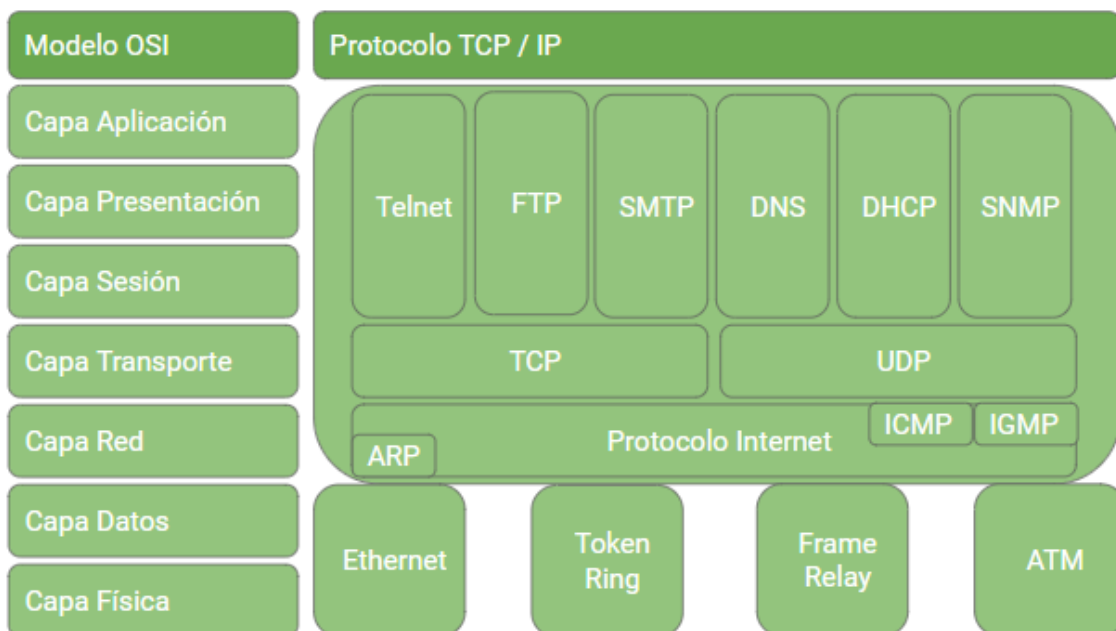
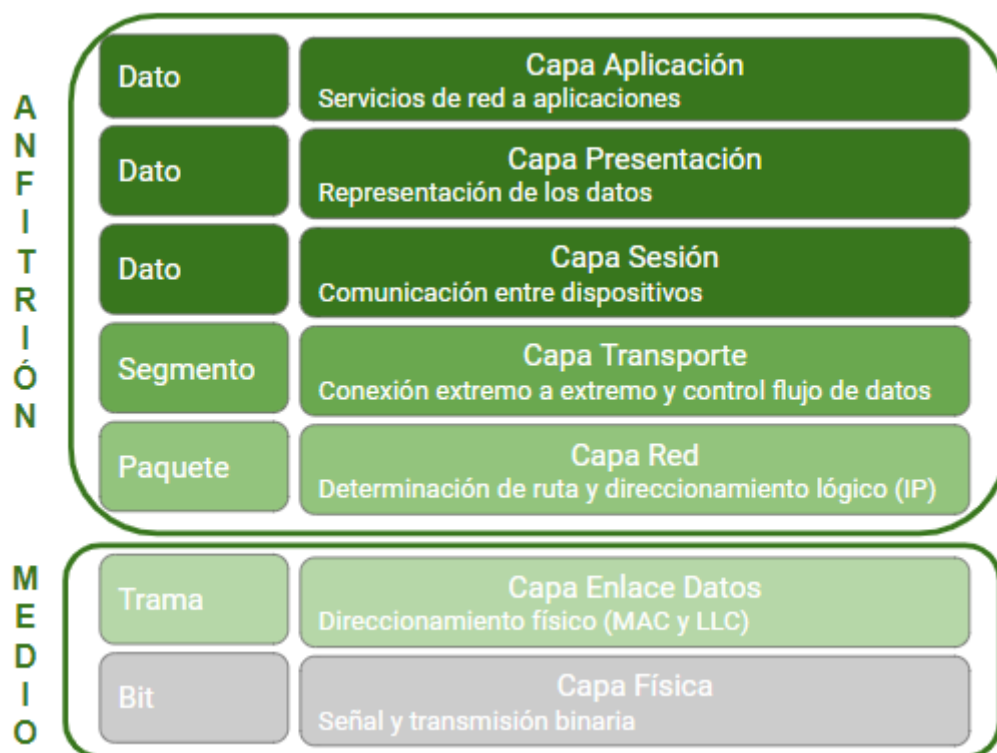
La siguiente imagen muestra un ejemplo de la disposición jerárquica de las redes de comunicación en un sistema de automatización industrial.



Modelo OSI

Todos los protocolos están desarrollados bajo el marco de referencia conocido como el Modelo **OSI** (Open System Interconnection) que tiene 7 niveles o capas.

- Capa Física, Capa de Enlace, Capa de Red, Capa de Transporte, Capa de Sesión, Capa de Presentación, Capa de Aplicación



Capa física

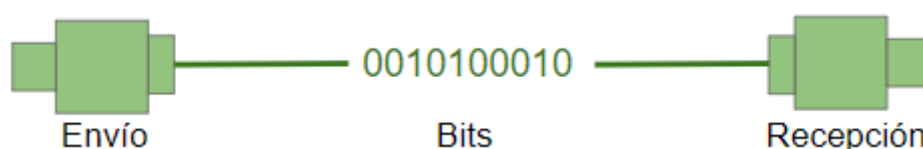
Esta capa incluye los dispositivos físicos que participan en la transferencia de datos, como los cables. Se trata también de la capa en la que los datos se convierten en una

secuencia de bits, que es una serie de unos y ceros. La capa física define entre otras cosas:

- Conectores
- Pin Out
- Niveles de Voltaje
- Señalización
- Topología de red
- Distancias máximas entre equipos
- Número máximo de equipos

En la comunicación serial es habitual encontrar los siguientes estándares:

- RS-232, RS-422, RS-485



Capa de enlace de datos

La capa de enlace de datos es muy similar a la capa de red, salvo que lo que hace es facilitar la transferencia de datos entre dos dispositivos ubicados en una misma red. La capa de enlace de datos toma los paquetes de la capa de red y los rompe en trozos más pequeños denominados tramas. Al igual que la capa de red, la capa de enlace de datos es también la responsable del control de flujo y de errores respecto de esa comunicación dentro de la red (la capa de transporte solo realiza esto último respecto de comunicaciones entre redes).



Capa de red

Responsable de posibilitar las transferencias de datos entre dos redes diferentes. Si los dos dispositivos que se comunican están en la misma red, entonces no hará falta esta capa de red. La capa de red lo que hace es fragmentar, en el dispositivo emisor, los datos de la capa de transporte en unidades más pequeñas llamadas paquetes y

reararlos después en el dispositivo receptor. La capa de red también busca el mejor camino físico para que los datos lleguen a su destino, esto se conoce como enrutar.



Capa de transporte

Responsable de las comunicaciones de extremo a extremo entre dos dispositivos. Esto implica, antes de proceder a ejecutar el envío a la capa 3, tomar datos de la capa de sesión y fragmentarlos seguidamente en trozos más pequeños llamados segmentos. La capa de transporte del dispositivo receptor es la responsable luego de rearmar tales segmentos y construir con ellos datos que la capa de sesión pueda consumir.

La capa de transporte es también la responsable del control de flujo y del control de errores. El control de flujo sirve para determinar la velocidad óptima de transmisión que garantice que un emisor con velocidad de conexión alta no apabulle a un receptor cuya conexión sea lenta. La capa de transporte realiza un control de errores en el extremo receptor consistente en asegurarse de que todos los datos recibidos estén completos, y solicitará el reenvío en caso de que no.



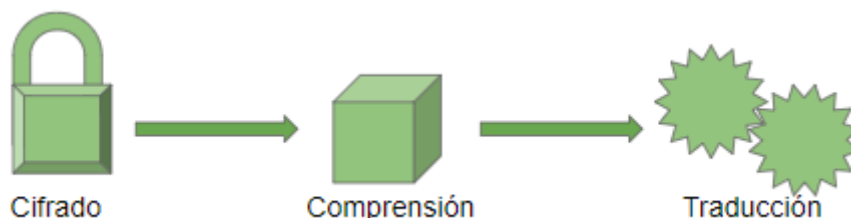
Capa de sesión

La capa de sesión es la responsable de la apertura y cierre de comunicaciones entre dos dispositivos. Ese tiempo que transcurre entre la apertura de la comunicación y el cierre de esta se conoce como sesión. La capa de sesión garantiza que la sesión permanezca abierta el tiempo suficiente como para transferir todos los datos que se están intercambiando; tras esto, cerrará sin demora la sesión para evitar desperdicio de recursos.



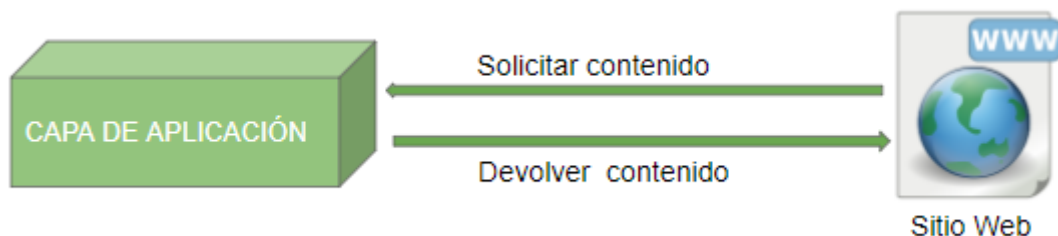
Capa de presentación

Esta capa es principalmente responsable de preparar los datos para que los pueda usar la capa de aplicación; en otras palabras, la capa 6 hace que los datos se preparen para su consumo por las aplicaciones. La capa de presentación es responsable de la traducción, el cifrado y la compresión de los datos.



Capa de aplicación

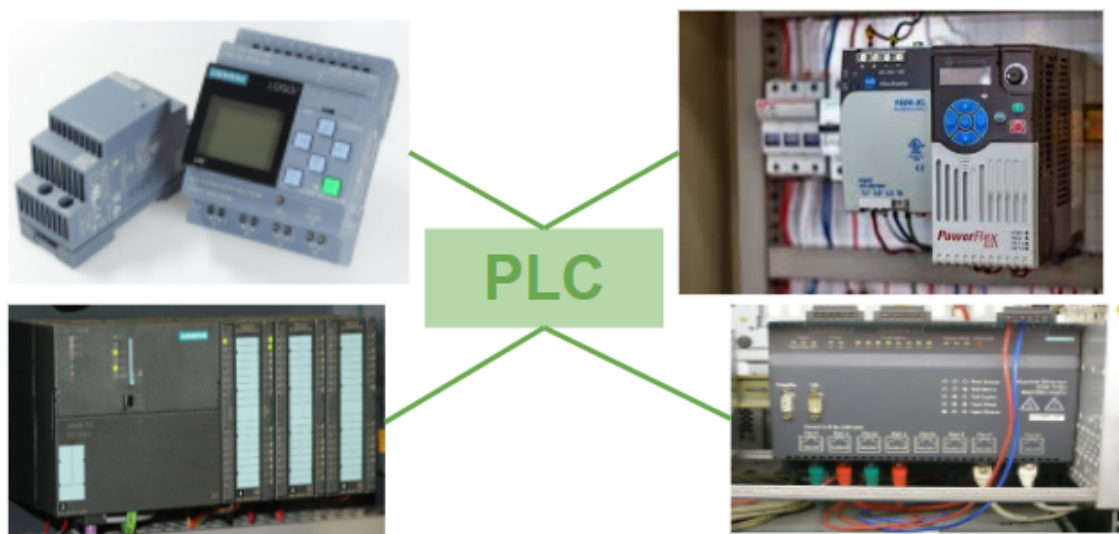
Esta es la única capa que interactúa directamente con los datos del usuario. Las aplicaciones de software, como navegadores web y clientes de correo electrónico, dependen de la capa de aplicación para iniciar comunicaciones. Sin embargo, debe quedar claro que las aplicaciones de software cliente no forman parte de la capa de aplicación; más bien, la capa de aplicación es responsable de los protocolos y la manipulación de datos de los que depende el software para presentar datos significativos al usuario. Los protocolos de la capa de aplicación incluyen HTTP, así como también SMTP (el Protocolo simple de transferencia por correo electrónico, uno de los protocolos que permiten las comunicaciones por este medio).



¿Qué es un PLC?

Un controlador lógico programable (PLC/CLP) es un ordenador industrial que se utiliza para la automatización industrial. Estos equipos básicamente se encargan de procesar datos de una máquina industrial.

El PLC es el equivalente al cerebro de una máquina. Activa los componentes de la maquinaria para que desarrollen actividades concretas, es decir, automatiza las acciones de dicha máquina o máquinas.



El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias (ej. automoción, aeroespacial, construcción, etc.), así como de maquinaria.

A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles.

Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentran que, gracias a ellos, es posible realizar operaciones en tiempo real, debido a su disminuido tiempo de reacción.

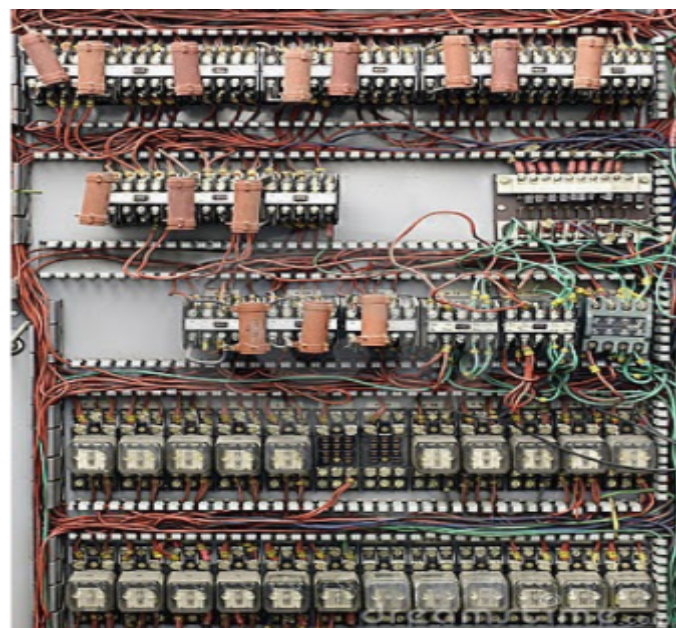
Además, son dispositivos que se adaptan fácilmente a nuevas tareas debido a su flexibilidad a la hora de programarlos, reduciendo así los costos adicionales a la hora de elaborar proyectos.

Permiten también una comunicación inmediata con otro tipo de controladores y ordenadores e incluso permiten realizar las operaciones en red. Tienen una construcción estable al estar diseñados para poder resistir condiciones adversas sobre vibraciones, temperatura, humedad y ruidos. Son fácilmente programables por medio de lenguajes de programación bastante comprensibles.

¿Cómo surgió?

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado cómo hacer que los trabajos se realicen de la forma más ágil y menos tediosa para el operador en cuestión. Los PLCs han sido un mecanismo clave en este proceso puesto que permiten, entre otras cosas, que ciertas tareas se realicen de forma más rápida y que el hombre evite su aparición en trabajos peligrosos tanto como para él, como para su entorno más próximo. De este modo, hoy en día estamos rodeados de estos mecanismos que, rebasando la frontera de lo industrial, pueden encontrarse en semáforos; gestión de iluminación en parques, jardines y escaparates; control de puertas automáticas; e incluso en el control de dispositivos del hogar como ventanas, toldos, climatización, etc.

El desarrollo de los PLCs fue dirigido originalmente por los requerimientos de los fabricantes de automóviles. Estos cambiaban constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción de modo que necesitaban un modo más económico para realizarlo puesto que, en el pasado, esto requería un extenso re-cableado de bancos de relés (procedimiento muy costoso).



A finales de los años 60, la industria necesitaba cada vez más un sistema de control económico, robusto, flexible y fácilmente modificable. Así, en 1968 aparecieron los primeros autómatas programables (APIs o PLCs).

La compañía americana Bedford Associates sugirió así un **Controlador Modular Digital** (MODICON) para su utilización en una compañía de automoción y MODICON 084 fue el primer PLC con una aplicación industrial (1968).



Los nuevos controladores debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento, su tiempo de vida debía ser largo y los cambios de programa tenían que realizarse de forma sencilla.

También se imponía que pudiera trabajar sin problemas en entornos adversos. Para ello se utilizó una técnica de programación familiar y se reemplazó el uso de relevadores mecánicos por otros de estado sólido.

A principios de los 70, los PLC ya incorporan el **microprocesador**. En 1973 aparecieron los PLCs con la capacidad de comunicación **Modbus** de MODICON. De este modo, los PLCs eran capaces de intercambiar información entre ellos y podían situarse lejos de los procesadores y los objetos que iban a controlar. Así se incorporaron también más prestaciones como manipulación de datos, cálculos matemáticos, elementos de comunicación hombre-máquina, etc.



A mediados de los años 70 – apareció la tecnología PLC, basada en microprocesadores bit-slice (ej. AMD 2901/2903). Los principales productores de PLCs en esos tiempos se convirtieron en compañías como: Allen-Bradley, Siemens, Festo, Fanuc, Honeywell, Philips, Telemecanique, General Electric, etc.

Además, se realizaron mejoras como el aumento de su memoria; la posibilidad de tener entradas/salidas remotas tanto analógicas como numéricas, funciones de control de posicionamiento; aparición de lenguajes con mayor número de funciones y más potentes; y el aumento del desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores. Por ese entonces, las tecnologías dominantes de estos dispositivos eran máquinas de estados secuenciales y con CPUs basadas en el desplazamiento de bit.

Los PLC más populares fueron los AMD 2901 y 2903 por parte de Modicon.

Los microprocesadores convencionales aportaron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLCs. Así, por cada modelo de microprocesador, existía un modelo de PLC basado en el mismo, aunque fue el 2903 uno de los más utilizados. Sin embargo, esta falta de estandarización generó una gran variedad de incompatibilidades en la comunicación debido a la existencia de un maremágnum de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí.

Fue en los años 80 cuando se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's. Se consiguió también reducir las dimensiones de los PLC y se pasó a programar con una programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los terminales clásicos de programación. De hecho, hoy en día, el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relé.



Así, en la década de los 80 se mejoraron las prestaciones de los PLCs referidas a: velocidad de respuesta, reducción de las dimensiones, concentración del número de entradas/salidas en los respectivos módulos, desarrollo de módulos de control continuo, PID (controlador proporcional, integral y derivativo), servo controladores, control inteligente.

Los años 90 mostraron una reducción gradual en el número de protocolos nuevos y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que lograron sobrevivir a los años 80. El último estándar, IEC 1131-3, trata de unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional.

Hoy en día disponemos de PLCs que pueden ser programados en diagramas de bloques, listas de instrucciones o incluso texto estructurado al mismo tiempo. Sin embargo, los ordenadores comenzaron a reemplazar al PLC en algunas aplicaciones e incluso la compañía que introdujo el Modicon 084 ha cambiado su control en base a un ordenador. Cabe esperar que, en un futuro no muy lejano, el PLC desaparezca al disponer de ordenadores cada vez más potentes y todas las posibilidades que estos pueden proporcionar.

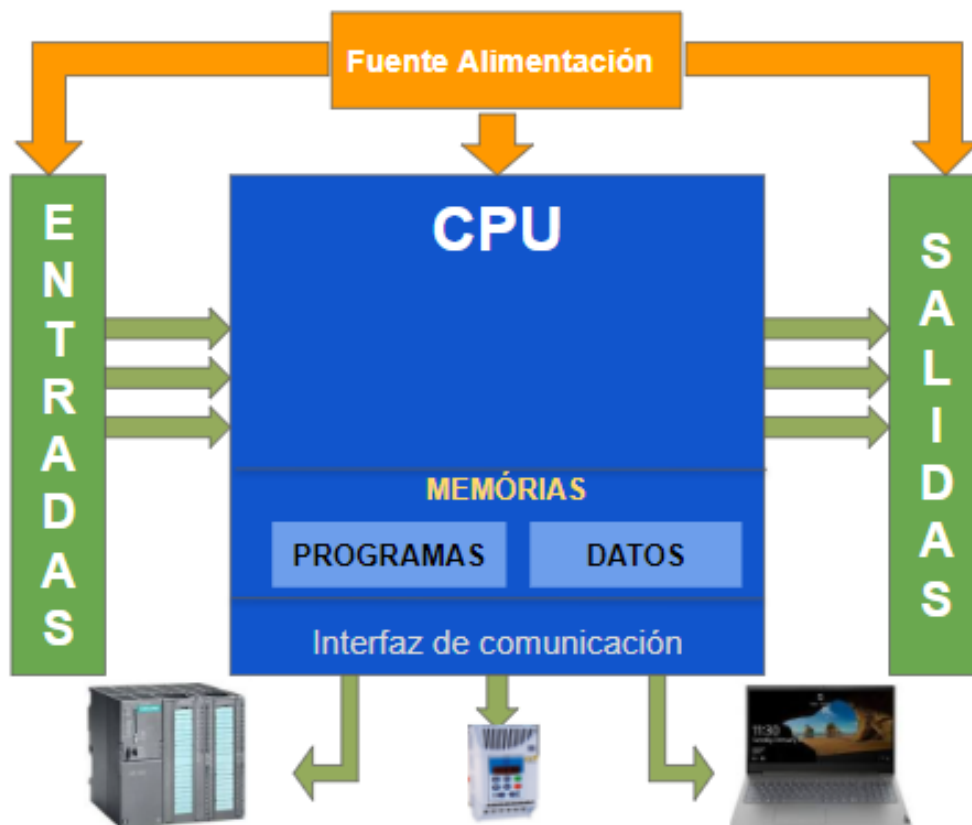
Hoy en día, la tendencia actual es dotar al PLC de funciones específicas de control y canales de comunicación para que pueda conectarse entre sí y con ordenadores en red, creando así una red de autómatas.



Ventajas y desventajas PLC en la industria

Ventajas	Desventajas
Control más preciso	Mano de obra especializada
Mayor rapidez de respuesta	Centraliza el proceso
Flexibilidad control de procesos	Condiciones ambientales apropiadas
Mejor monitoreo de funcionamiento	Mayor costo para controlar tareas muy pequeñas o sencillas
Menor mantenimiento	
Detección rápida de averías	
Posibilidad de modificaciones sin elevar costos	
Menor costo de instalación, operación y mantenimiento	
Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo PLC	

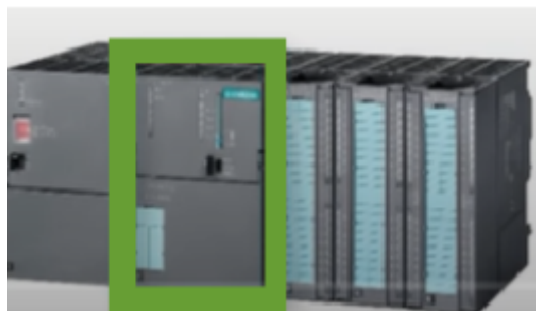
Arquitectura de un PLC



- Fuente de alimentación.** La fuente de alimentación suministra el voltaje que requiere tanto la unidad central de proceso como todos los módulos electrónicos que posea el PLC.
 Esta fuente de alimentación suele ser regulada de voltaje de corriente directa, incorporando protecciones contra interferencias electromagnéticas y contra posibles oscilaciones en el voltaje de corriente alterna a cual se conecta, evitando así, la propagación de estas anomalías a los circuitos internos del autómata.
 La fuente de alimentación puede alimentar todos aquellos captadores de tipo activo que el proceso requiera para su control, siempre que el consumo global de estos no sature la corriente máxima a entregar por la fuente.



- **CPU.** Es el cerebro del PLC. Contiene la parte de procesamiento del controlador y está basada en un microprocesador que ejecuta todos los procesos lógicos y realiza los cálculos de programación. Además, la CPU, testea también frecuentemente el PLC para lograr encontrar errores en su debido tiempo.
Junto a la CPU están las memorias; memoria de programa que sirve para almacenar los programas así cuando apagas el PLC no pierdes los programas y memoria de datos que sirve para almacenar datos durante la ejecución del PLC, por ejemplo los cálculos.



- **Entradas/Salidas.** Son los anexos entre el CPU y el mecanismo a controlar. El de entrada se ocupa de retroalimentar al PLC para el correcto procesamiento de información. El de salida envía una respuesta luego de esta retroalimentación, directo a los actuadores para el control del proceso.

Las entradas y salidas pueden ser digitales, analógicas o especiales.

Las E/S digitales presentan dos estados diferentes: presencia o ausencia de tensión, on u off, etc. Es decir, solo se tiene en cuenta si hay o no hay tensión, como si se trabajara con lógica binaria. La tensión con la que trabajan suele ser de 5V DC, 24VDC, 48VDC y 220V AC, siendo la de 24 de corriente continua la más común y más usada.

Las E/S analógicas convierten una señal analógica, ya sea de tensión o corriente, que equivale a una magnitud física (presión, temperatura, nivel, flujo, etc.), en una señal binaria. Para eso suelen llevar un convertidor

analógico-digital (A/D). Con lo que la CPU realmente trabaja con un valor binario equivalente a la magnitud física recogida por el sensor.

Las E/S especiales se utilizan en situaciones en las cuales las E/S vistas no sean muy efectivas. Es decir, en aquellas donde el programa necesita de muchas instrucciones o también en aquellas donde por el protocolo utilizado se necesita de dichas entradas para recoger el dato transmitido (tren de impulso, motores paso a paso, etc.). Por ejemplo, en las entradas de conteo rápido, donde el cableado va directamente conectado a dicha entrada el cual lleva un contador interno; siendo su funcionamiento ajeno al ciclo normal del autómatas.



- **Interfaz de comunicación.** Es por donde el PLC puede comunicarse con otros dispositivos. Las interfaces de comunicación pueden estar integradas en la CPU.



Clasificación de PLC's

Una de las formas más comunes de clasificar los PLC's es en función del número de entradas y salidas.

- Nano, menos de 15
- Micro, entre 15 y 128
- Medio, entre 128 y 512
- Grande, más de 512



Tipos de PLC's

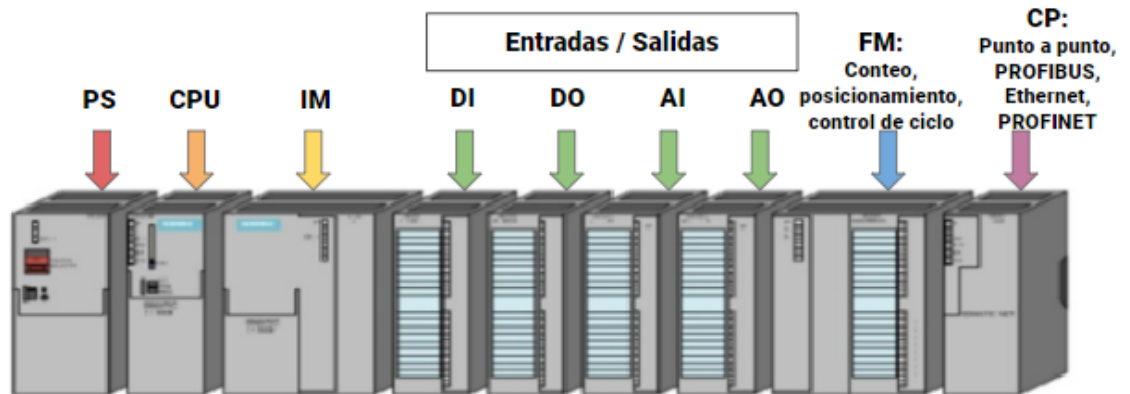
De acuerdo con la estructura de PLC, se puede dividir en dos tipos: tipo compacto o integral y tipo modular.

- **Integral**, integra la fuente de alimentación, la CPU y las interfaces de E / S en un solo chasis, como se muestra en la figura. Con una estructura compacta, tamaño pequeño, características de bajo precio, ideales para automociones menores que no se vayan a expandir mucho en el futuro. Los pequeños PLC generalmente usan esta estructura monolítica. El PLC integral consta de una unidad básica (también llamada host) con diferentes puntos de E / S y una unidad de expansión. Los PLC integrales también pueden estar equipados con unidades de funciones especiales, como unidades analógicas, unidades de control de posición, etc., para que sus funciones se puedan expandir. Dentro de los PLC's compactos existen los Relés programables que son nano PLC con pocas entradas y salidas, normalmente cuatro, memoria pequeña y bajo poder de procesamiento pero con la ventaja de bajo costo.



- **Modular**, el PLC está formado por módulos separados, como módulos de CPU, módulos de E / S, módulos de alimentación (algunos incluidos en el módulo de CPU) y varios módulos de funciones.

El PLC modular consiste en un marco o una placa base y varios módulos que están montados en el zócalo de la base o el marco como se muestra. Este PLC modular se caracteriza por una configuración flexible, fácil expansión, mayor velocidad, más memoria y más recursos de programación. Los PLC grandes y medianos generalmente adoptan una estructura modular.



- **PS**, fuente de alimentación.
- **CPU**, módulo cpu.
- **IM-interfaz**, conecta diferentes casetes individuales con un único PLC.
- **Entradas / Salidas**, entradas y salidas digitales o analógicas.
- **FM-funcional**, procesamiento complejo en tiempo-crítico de procesos independientes de la CPU, por ejemplo, conteo rápido, posicionamiento, control de ciclo.
- **CP-proceso de comunicación**, conecta el PLC en una red de trabajo industrial, ej. Industrial Ethernet, PROFIBUS, AS – interfaz, conexión serial punto-a-punto.

También hay PLC que combinan las características integrales y modulares para formar un PLC apilado.

La CPU PLC apilada, la fuente de alimentación, la interfaz de E / S, etc. también son módulos separados, pero están conectados por cables, y cada módulo se puede apilar capa por capa. De esta forma, no solo se puede configurar el sistema de forma flexible, sino que también se puede hacer compacto.

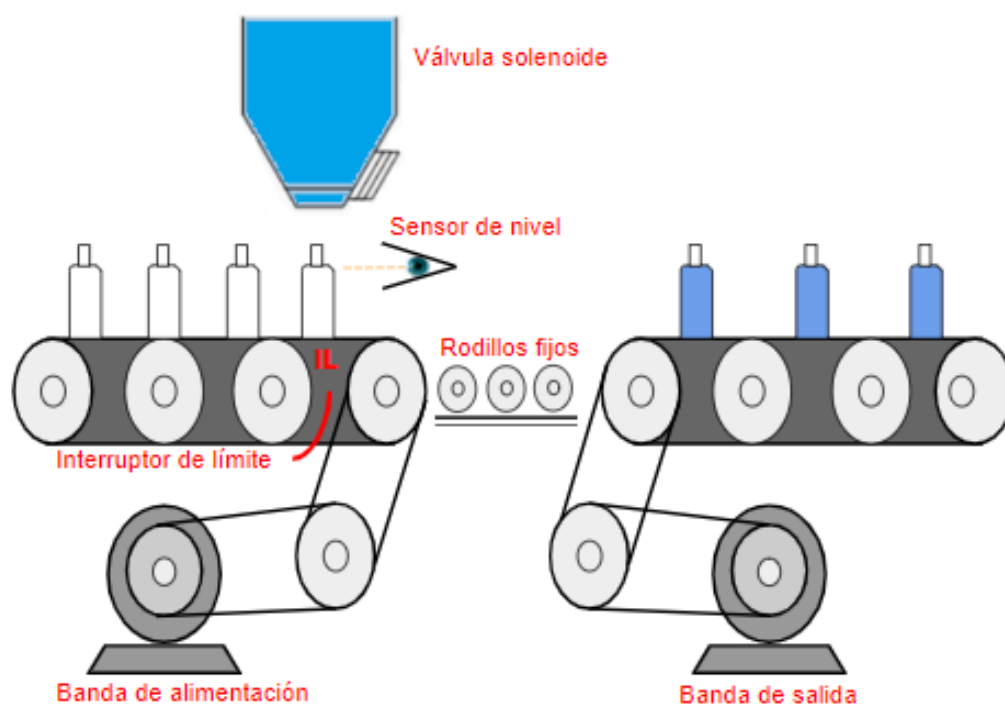
Aplicación de los PLC's

Los PLC son el soporte para una gran cantidad de aplicaciones en industrias de muy diversos giros.

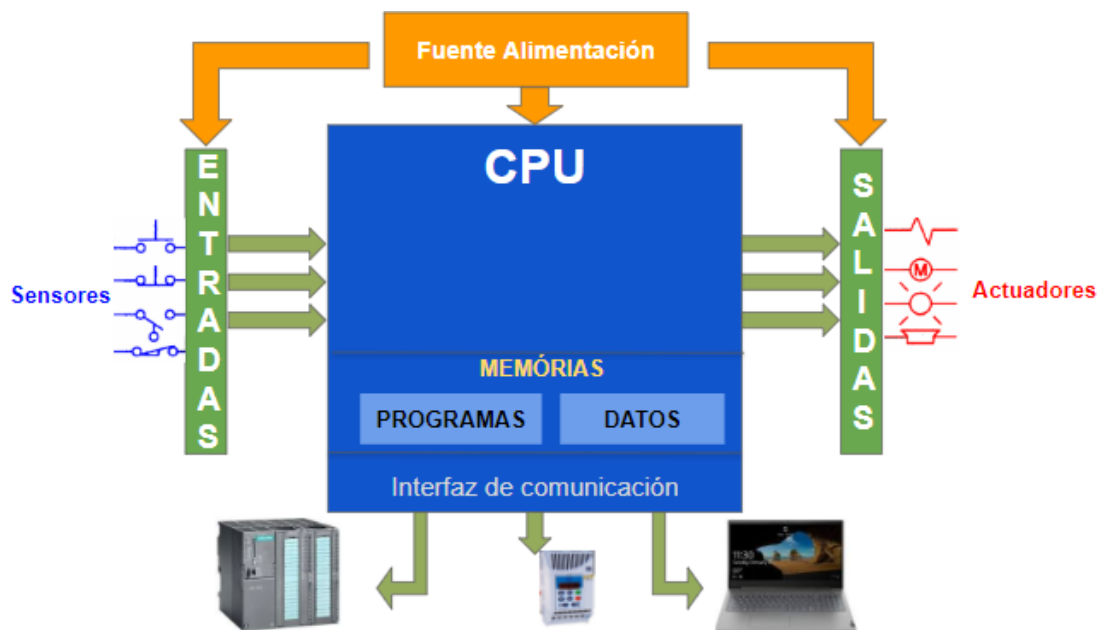
Los sectores empresariales que utilizan PLC's son como ejemplo:

- Empresas dedicadas al procesamiento de cemento y arenas
- Elaboradores de plástico
- Para la realización de maderas y puertas
- Empresas de seguridad y transporte
- Instalación de aires acondicionados y calefacción
- Industrias de automóviles y neumáticos
- Corporaciones petroleras y químicas
- Compañías energéticas
- Tráfico
- Urbanizaciones residenciales, entre otros

La siguiente imagen muestra la aplicación de sensores en una cadena de llenado de botellas. La banda de alimentación se parará cuando se active el interruptor de límite (IL) y se abrirá la válvula solenoide para llenar la botella hasta que un sensor de nivel se active y cierre la válvula solenoide y inicie la banda de alimentación de nuevo desplazando la botella llena a los rodillos fijos que la pasarán a la banda de salida.



¿Cómo funciona?



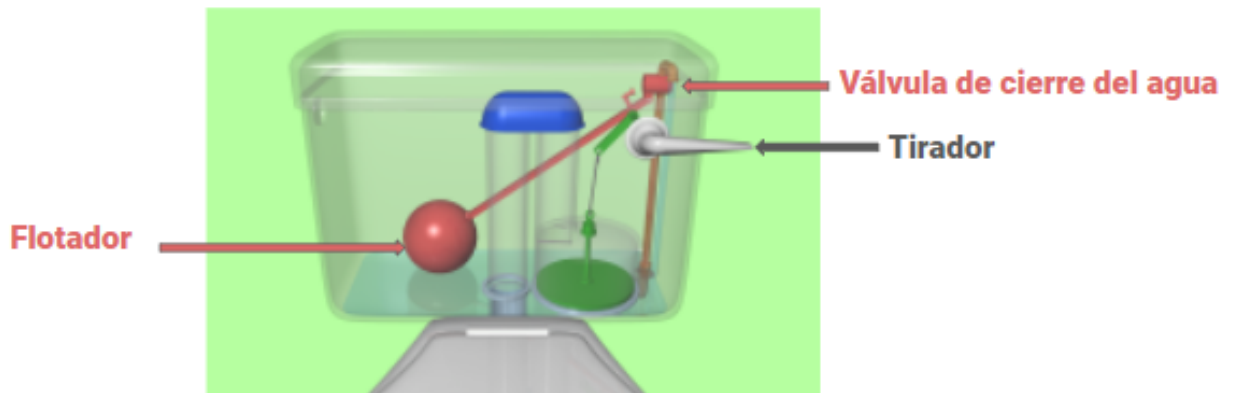
El PLC recibe información de los sensores o dispositivos de entrada conectados, procesa los datos y activa las salidas basándose en parámetros programados.

Dependiendo de las entradas y salidas, un PLC puede monitorear y registrar datos de tiempo de ejecución como la productividad de la máquina o la temperatura de funcionamiento, iniciar y detener automáticamente los procesos, generar alarmas si una máquina no funciona correctamente, y más.

En nuestro entorno existen muchas máquinas, dispositivos y sistemas técnicos que, una vez puestos en marcha, funcionan por sí mismos.

Los sistemas automáticos son aquellos que solo precisan la intervención humana para su puesta en marcha o bloqueo si se da alguna incidencia.

Uno de los mecanismos más sencillos de entender es el de la cisterna del inodoro.



El control se realiza sobre el nivel de agua que debe contener la cisterna. Cuando tiramos del tirador de salida, la cisterna queda vacía. En ese momento el flotador baja y comienza a entrar agua en la cisterna.

Cuando el flotador sube lo suficiente, la varilla que contiene en un extremo al flotador y en el otro el pivote que presiona sobre la válvula de agua, se inclina de manera que el pivote presiona sobre la válvula y hace que disminuya la entrada de agua.

Cuanto más cerca está del nivel deseado más presiona y menor cantidad de agua entra, hasta estrangular totalmente la entrada de agua en la cisterna.

De este modo, la cisterna se llena sin necesidad de abrir o cerrar manualmente el grifo de entrada de agua, la boya hace de sensor. Este es un ejemplo de sistema de lazo cerrado.

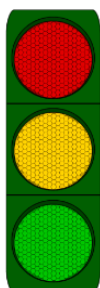
Los sistemas automáticos pueden ser de dos tipos: sistemas en lazo abierto y sistemas en lazo cerrado.

Lazo abierto

En este tipo de sistemas, el ciclo que se realiza está prefijado y no se ve modificado por el resultado del proceso, tanto si es correcto como si no lo es.



Un ejemplo característico es un semáforo.

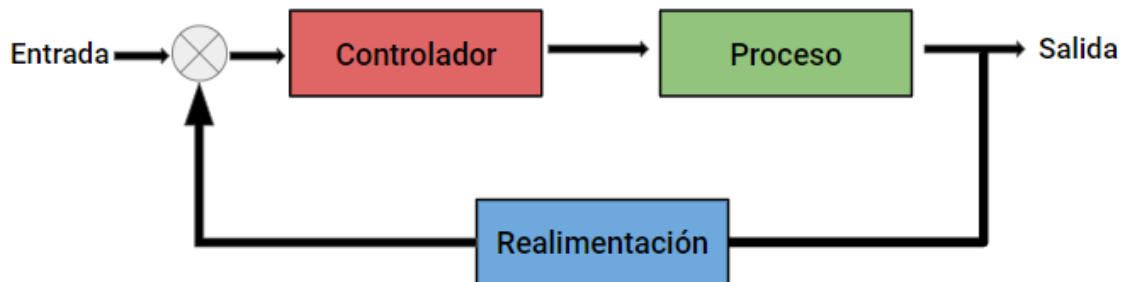


El sistema cambia de luces según el tiempo indicado, sin importar la cantidad de vehículos que circulen.

Otros ejemplos de sistemas en lazo abierto son la lavadora automática, el riego automático y el tostador de pan.

Lazo cerrado

En ellos, a diferencia de los sistemas en lazo abierto, existe un sensor capaz de regular el mecanismo de control en función de la respuesta del sistema. Se denominan también realimentación.



Ejemplos de sistemas en lazo cerrado son la cisterna del inodoro, las puertas automáticas de los comercios y el calefactor doméstico.

Los sistemas de lazo abierto son más sencillos que los de lazo cerrado, pero tienen algunos inconvenientes:

- Si se presenta alguna alteración del proceso, el sistema no la detectará y puede evolucionar produciendo daños en el producto o en el propio sistema.
- Hay que conocer muy bien cuáles son las características del proceso para poder diseñar el mecanismo de control de manera que el resultado no se separe de lo previsto.

Por estas razones, cuando el sistema de control es complejo o hay muchas variables que influyen sobre él, se suelen utilizar los sistemas en lazo cerrado.

Sistemas de control

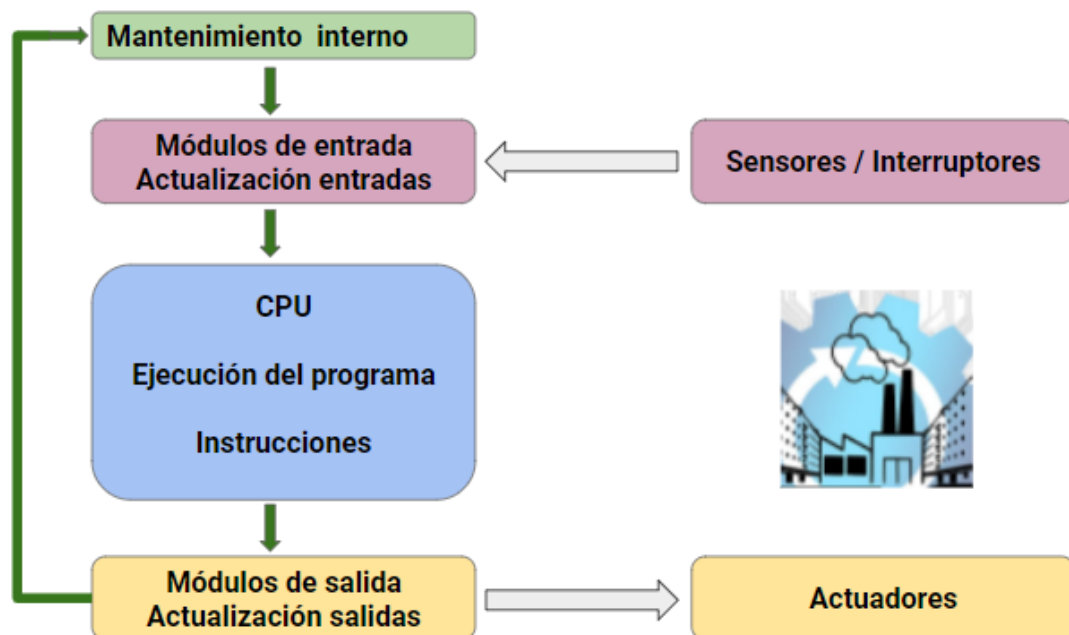
Un sistema de control es un grupo de componentes electrónicos, mecánicos, neumáticos, hidráulicos, etc. Que se utilizan en conjunto para lograr un objetivo deseado.

Para que se pueda considerar como un sistema de control por lo menos debe de contar con tres elementos esenciales que son: Una variable a controlar, un actuador y un punto de referencia (set-point).



Sabemos que un Sistema Automatizado es un sistema que funciona de forma automática sin intervención humana, la propia máquina tiene un dispositivo que la controla.

La automoción es el uso de dispositivos electrónicos, mecánicos o informáticos donde la propia máquina tiene un sistema que controla que le entra, que debe hacer, que temperatura o algún aspecto de su funcionamiento.



El PLC es el controlador, el cerebro del sistema. El PLC no funciona por sí solo, necesita de dispositivos de entrada (sensores) y dispositivos de salida (actuadores).

En la mayoría de los PLC (Autómata Programable o Controladores Lógicos Programables) el funcionamiento es de tipo cíclico y secuencial, es decir, que las operaciones tienen lugar una tras otra, y se van repitiendo continuamente mientras el autómata está bajo tensión.

Una ciclo se detalla a continuación:

- **Autodiagnóstico:** el autodiagnóstico se realiza cuando el PLC es conectado a tensión y es una verificación de todos sus circuitos. Si existiera algún problema el PLC emitiría alguna señal luminosa indicando el tipo de error que ha detectado.
- **Lectura del registro de entradas** y creación de una imagen de las entradas en la memoria: el PLC revisa cada entrada para determinar si está encendida o apagada (entrada binaria o de dos estados) Revisa las entradas desde la primera a la última, graba estos estados en la memoria creando la imagen de las entradas para ser utilizada en el paso siguiente.
- **Lectura y ejecución del programa:** acudiendo a la imagen de las entradas y salidas en memoria, la CPU ejecuta el programa realizado por el usuario. La ejecución del programa se realiza instrucción por instrucción y en el orden en que se determinó. Como ya se ha revisado el estado de las entradas, el programa puede tomar decisiones basado en los valores que fueron guardados. Las decisiones que toma el programa, en última instancia, corresponden a los valores que van a tomar cada una de las salidas, estos valores son almacenados en registros para ser utilizados en la etapa final.
- **Actualización del registro de salidas:** renovación de todas las salidas, en forma simultánea, en función de la imagen de las mismas, obtenidas al final de la ejecución del programa.

Estos ciclos pueden ser abiertos o cerrados.

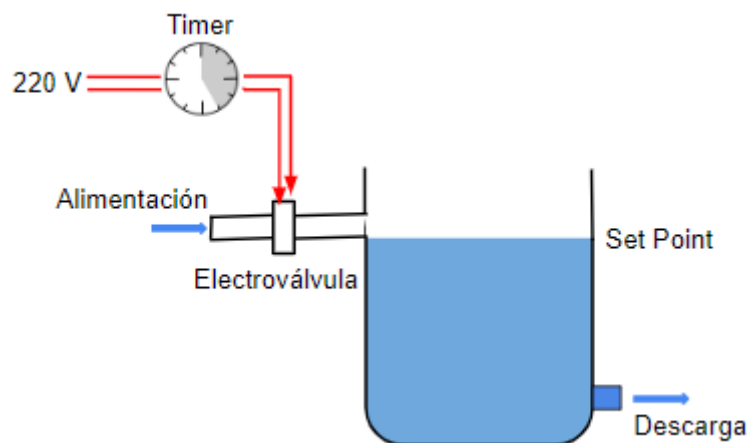
- **Abierto.** El controlador es colocado en serie con el proceso, con el objetivo de poder manipularlo y sobre todo, intentar llevar a la zona de operación deseada, pero SIN medir o SENSAR el estado actual de las variables del proceso (temperatura, velocidad, humedad, concentración, etc)

Los sistemas de control en lazo abierto son simples y muy baratos de implementar pero tienen la desventaja que no compensan las posibles variaciones que puede tener la planta, ni las posibles perturbaciones externas.

Los elementos básicos del sistema de control abierto son:

- **Variable,** se encarga de procesar las señales de entrada y tomar una decisión para enviarla al elemento de corrección. En el ejemplo que se muestra es el nivel del agua.

- Actuador, es el que produce un cambio en el proceso, tiene la capacidad de hacer cambios físicos en el proceso. En el ejemplo, es la válvula de llenado.
- Set Point, es el valor deseado de la variables. En el ejemplo, el tanque casi está lleno o sin derramarse.



Un tanque que se sabe que se vacía durante la noche, puede llenarse todas las mañanas mediante una válvula de paso accionada eléctricamente por medio de un timer. Simplemente el timer acciona la válvula durante un determinado tiempo previamente calculado y se alcanzará el nivel deseado. No se tiene en cuenta la presión de ingreso de agua ni el estado inicial del tanque ni si ha habido alguna perturbación como que se haya llenado de agua de lluvia.

- **Cerrado.** Este sistema es más completo ya que recibe información sobre los estados que va tomando la variable.

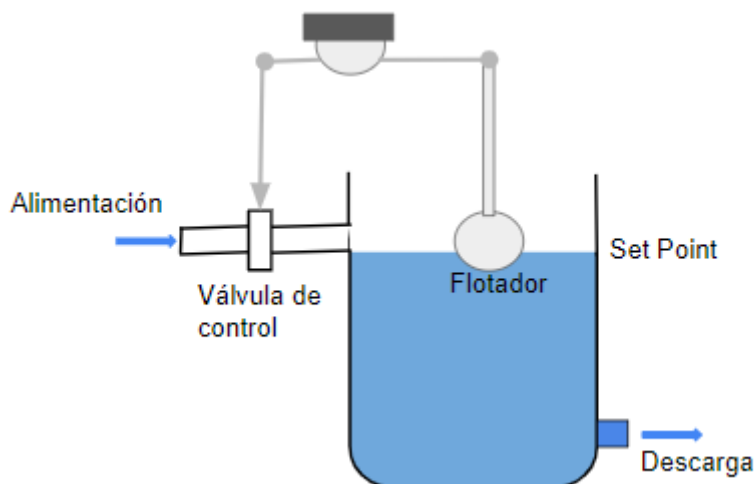
Son automáticos y operan sin interrupción, ni participación externa. Esta retroalimentación se logra colocando sensores que envían información de puntos clave del proceso para que así pueda actuar de manera autónoma.

Los elementos básicos:

- Variable
- Actuador
- Set Point
- Comparador (mecánico, eléctrico, electrónico, digital, etc.) que compara el valor medido de la variable con el Set Point deseado. Esta

comparación dará lugar a la llamada señal de error, que es simplemente la diferencia entre el valor actual de la variable y el valor deseado de la misma.

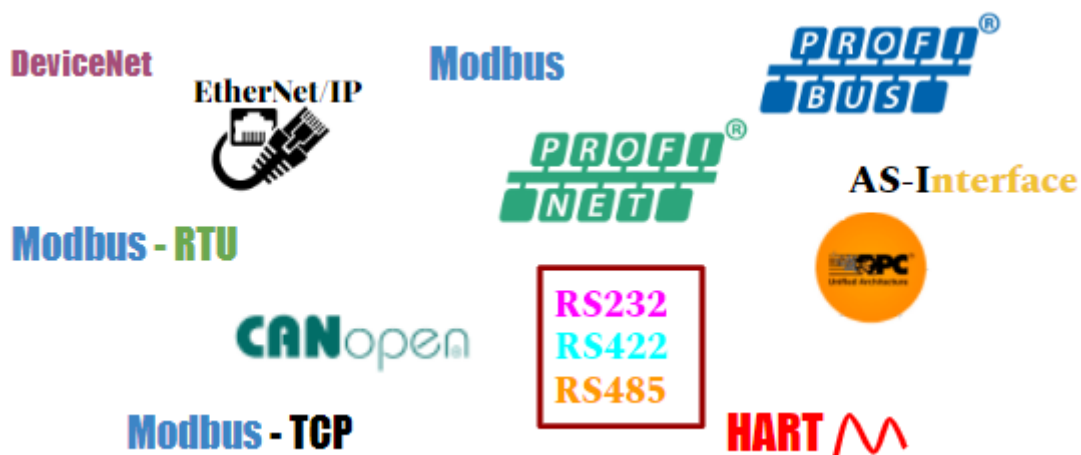
- Sensor, mide la información del sistema y retroalimenta al comparador.



En un mismo sistema se pueden utilizar ciclos abiertos y cerrados.

Cada PLC lleva un programa instalado en él que le indica qué debe hacer en cada momento. Estos programas se generan en el propio PLC o en un ordenador y se introducen en él posteriormente.

Protocolos en Comunicaciones Industriales



Los protocolos son conjuntos de condiciones o reglas que habilitan el intercambio de información entre dispositivos. Estos equipos, al quedar intercomunicados o pasar bloques de datos, conforman una red de comunicación.

Los protocolos de comunicación nos ayudan a establecer la comunicación entre los diferentes dispositivos ya sean para el fin de automatizar, de interactuar, de controlar, etc.

Entre los protocolos más comunes utilizados en el ámbito industrial se encuentran:

- **Modbus**, creado por Modicon, es una estructura de mensajería que se usa para establecer una comunicación entre cliente y servidor en los dispositivos. Los más usados actualmente: Modbus TCP/IP y RTU.
- **Profibus**. Este es un protocolo de estándar abierto. Destaca por sus altas velocidades de transmisión de datos y su durabilidad en ambientes hostiles, incluyendo riesgo de explosión. Este protocolo cuenta con más de 30 años en el sector industrial y continúa adaptándose a la evolución manufacturera.
- **Profinet**. Este es uno de los protocolos más utilizados en la industria actual porque está basado en el estándar ethernet tan utilizado en la automatización. Es además un protocolo flexible que hace posible personalizar dispositivos y programas. Destaca además por su alta precisión y calidad en la comunicación.
- **DeviceNet**. Es un sistema de cableados avanzados que fue diseñado para cambiar los cables que son conectados a un controlador programable como son los sensores y actuadores. Este protocolo proporciona un sistema de cable único, que su uso es rápido, fácil de conectar y de operar, creado para los dispositivos más simples.
- **AS-i**
Este es un bus de comunicación conocido por su robustez y flexibilidad. Fue desarrollado especialmente para los niveles más bajos en los procesos de control. Trabaja mediante el estándar IEC 62026-2, por lo que es sencilla su conexión a diversos controladores.
- **Industrial Ethernet**
El protocolo ideal para los ambientes industriales hostiles. Se trata de un sistema capaz de ofrecer velocidad, prueba de fallos y adaptabilidad. El ethernet industrial hace posible establecer un networking entre dispositivos en tiempo real y de manera funcional.

- **EtherNet/IP** clasifica los nodos de acuerdo a los tipos de dispositivos preestablecidos, con actuaciones específicas. Ofrece un sistema integrado completo, enterizo, desde la planta industrial hasta la red central de la empresa, utilizando los protocolos de transporte (TCP), Internet (IP) y las tecnologías de acceso y señalización de medios que se encuentran en las tarjetas de interfaz de Ethernet.

MODBUS

El protocolo Modbus es un protocolo abierto, es una estructura de mensajes desarrollada por Modicon en la década de los 70, utilizada para comunicaciones entre dispositivos maestro-esclavo/cliente-servidor. Modicon fue posteriormente adquirida por Schneider y los derechos sobre el protocolo fueron liberados por la Organización Modbus. Muchos equipamientos industriales utilizan Modbus como protocolo de comunicación, y gracias a sus características:

- Protocolo abierto
- Simplicidad
- Facilidad

Es el protocolo más utilizado en la automatización industrial.

Modbus es un protocolo de comunicación situado en los niveles 1, 2 y 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo (o cliente/servidor si hablamos de su versión Ethernet) es uno de los protocolos más utilizados en automatización industrial, gracias a que es un protocolo abierto, a su simplicidad y facilidad de implementación.

¿Cómo funciona?

Este sistema de comunicación se usa generalmente para transmitir señales de los dispositivos de instrumentación y control a un controlador principal o a un sistema de recolección de datos (SCADA).

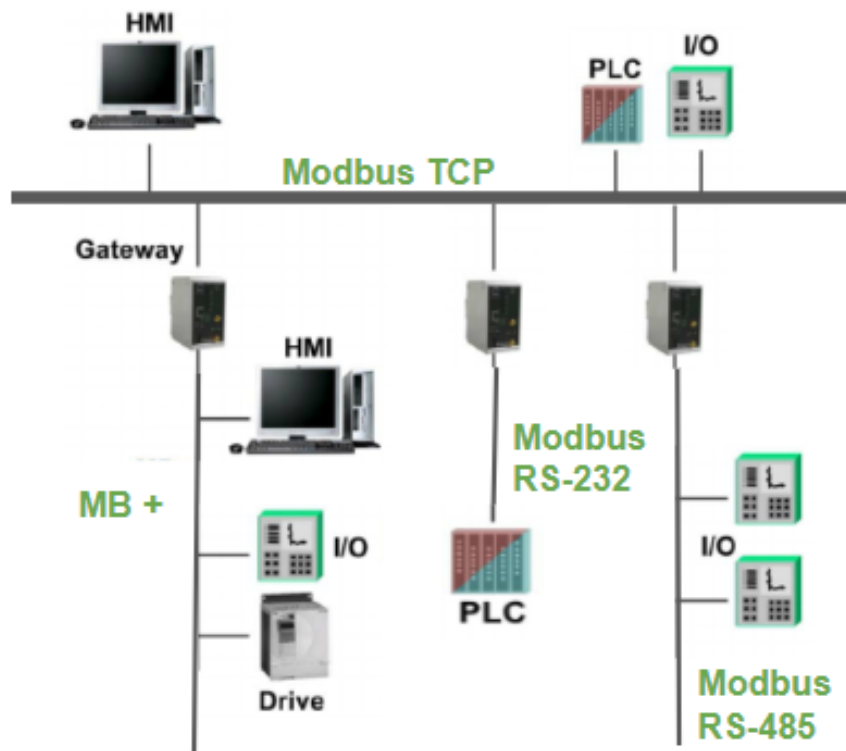
MODBUS funciona siempre en modo maestro-esclavo (cliente - servidor), siendo el maestro (cliente) quien controla en todo momento las comunicaciones con los esclavos que pueden ser hasta 247 (Dirección 1 a 247) . Los esclavos (servidores) se limitan a retornar los datos solicitados o a ejecutar la acción indicada por el maestro. Esto significa que un dispositivo esclavo no puede ofrecer información; debe esperar a que se le pida. El maestro escribirá datos en los registros de un dispositivo esclavo y leerá los datos de los registros de un dispositivo esclavo.

Los datos transmitidos pueden ser discretos o números, es decir, es posible enviar un bit para encender o apagar un motor o enviar valores numéricos como temperatura y presión.

La comunicación del maestro hacia los esclavos puede ser de dos tipos.

- Peer to peer: en que se establece comunicación maestro - esclavo, el maestro solicita información y el esclavo responde. Se envía el comando a un dispositivo comprendido entre las direcciones 1 a 247.
- Broadcast: en que se establece comunicación maestro - todos los esclavos, el maestro envía un comando a todos los esclavos de la red sin esperar respuesta, se envía a la dirección 0.

Entre sus aplicaciones destaca su uso en múltiples aplicaciones maestro-esclavo para monitorear y programar dispositivos; para comunicarse entre dispositivos inteligentes y sensores e instrumentos; para monitorear dispositivos de campo usando PC y HMI.



Capa física

MODBUS puede ser utilizado en diversos estándares de red como:

- RS-232
- RS-485

- Ethernet TCP/IP (MODBUS TCP)

La velocidad de comunicación varía en cada uno de estos estándares, así como la longitud máxima de la red y el número de dispositivos máximos conectados.

Protocolos de comunicación en serie

El protocolo serie nació como alternativa a los problemas de sincronización y cableado que ofrecía la comunicación en paralelo, modificando la manera de envío de los datos para hacerlo bit a bit por una misma línea de comunicación en lugar de varios bits a la vez por diferentes líneas.

Las comunicaciones serie se definen por 4 parámetros:

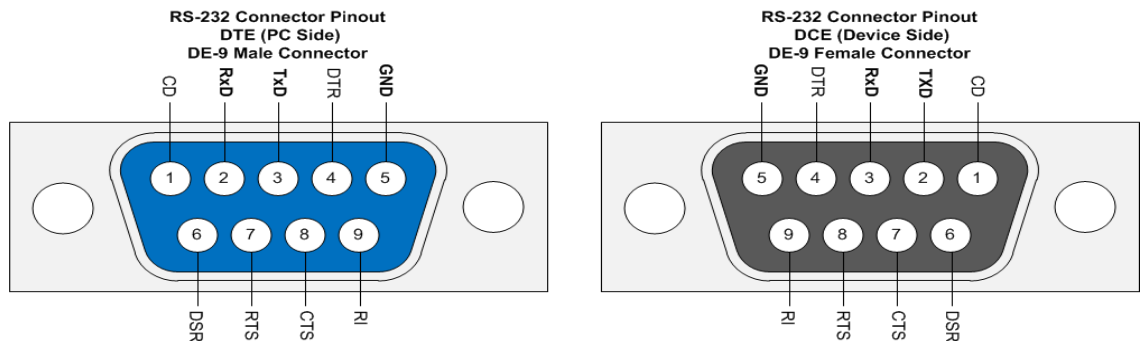
- Velocidad de transmisión (baud rate): número de bits por segundo de la transmisión, medido baudios (bauds). A mayor velocidad de transmisión, menor distancia entre elementos.
- Bits de datos: cantidad de bits en la transmisión. Los valores típicos son 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende del tipo de información que se transfiere.
- Bits de parada: indica el fin de la transmisión y también se utiliza para permitir una tolerancia en la diferencia de sincronismo entre los relojes de los equipos emisor y receptor. Puede ser de 1, 1,5 o 2 bits.
- Paridad: permite verificar si se han producido errores durante la transmisión. Hay cinco tipos: par, impar, marcada, espaciada y sin paridad. La paridad par e impar harán que el número de bits a 1 de la trama sea como la paridad indica, las paridades marcada y espaciada colocan el bit de paridad a 1 y 0 respectivamente. La paridad está formada por 1 bit.

Tanto el bit de parada como el bit paridad pueden no utilizarse. Al conjunto de bits de datos, bits de parada y paridad se le conoce como paquete de datos, y puede ir desde los 5 a los 11 bits.

En cuanto a los protocolos basados en comunicación serie, la industria creó un gran número de ellos, que se utilizaban sobre 2 estándares de comunicación: RS-232 y RS-485.

- **RS232.** Es la interfaz más popular, siendo también una de las primeras. Se caracteriza por:
 - Permite la transmisión síncrona y asíncrona, siendo esta última la más común.
 - Utiliza conector DB-9, 9 pines.

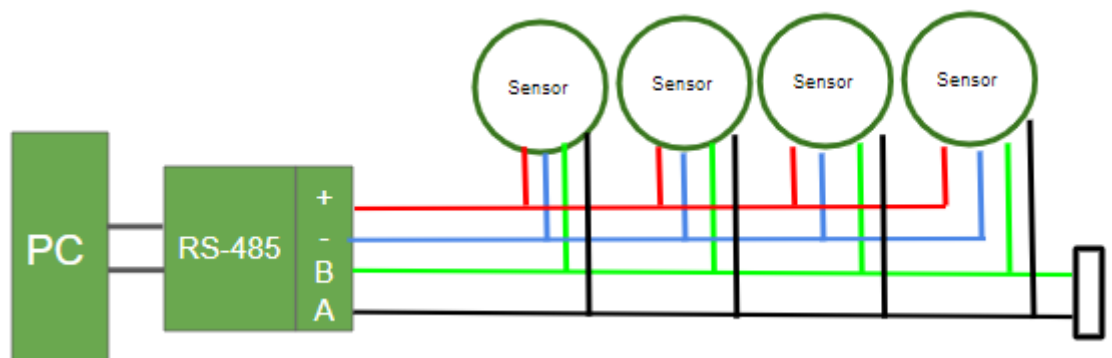
- Distancia limitada, las longitudes de los cables están limitadas a 15 metros.
- Susceptible al ruido.
- No multipunto, solo puede conectar un dispositivo de protocolo RS232 por puerto.



• RS485.

Se caracteriza por:

- Utiliza cable de dos o tres hilos, siendo el más utilizado el par trenzado. A través de este único par trenzado de cables, cada dispositivo transmite y recibe datos. Cada dispositivo activa su transmisor sólo en el instante en que necesita transmitir, manteniéndolo apagado por el resto del tiempo, de manera a permitir que otros dispositivos transmitan datos. En un momento dado, sólo se puede transmitir un dispositivo, lo que caracteriza a esta red como full-duplex. El cable de par trenzado utilizado como línea de transmisión puede ser blindado o no blindado.
- Comunicaciones a velocidades altas, hasta 10Mbps.
- Los cables pueden ser de hasta 1200 metros.
- Utiliza 5 pines.
- Gran resistencia a las interferencias.
- Admite hasta 32 equipos.
- Utiliza **Modbus**, La conexión se establece entre un maestro (host) y los esclavos (dispositivos basados en COM).



Modos de transmisión

Existen numerosas variantes del protocolo MODBUS, vamos a nombrar las más utilizadas:

- MODBUS ASCII
- MODBUS RTU
- MODBUS TCP/IP

Los modos definen la forma en cómo son transmitidos los bytes del mensaje, y como la información del mensaje será empaquetada en el mensaje y desempaquetada. No es posible utilizar los dos modos de transmisión en la misma red. El modo de transmisión puede ser seleccionado junto con otros parámetros del puerto de comunicación serial, aunque existen equipamientos que no permiten esa selección, pues poseen modo de transmisión fijo, como por ejemplo algunos PLC e inversores de frecuencia que utilizan el modo RTU por defecto.

ASCII

Modbus **ASCII** (Código Estándar Americano para Intercambio de Información) envía cada mensaje de 8 bits como dos caracteres ASCII. Las ventajas del modo ASCII incluyen la posibilidad de monitorear fácilmente los mensajes en una consola de texto. La principal ventaja es que permite intervalos de tiempo cercanos a un segundo entre dos caracteres sin causar error.

RTU

En el modo RTU(Remote Terminal Unit), cada mensaje de 8 bits contiene dos caracteres hexadecimales de 4 bits. La ventaja principal de este modo es que su mayor densidad de caracteres permite una mejor productividad de información que el modo ASCII para la misma velocidad. Cada mensaje debe ser transmitido en un flujo continuo de caracteres.

NOMBRE	LONGITUD (bytes)	FUNCIÓN
Dirección	2	Dirección del esclavo
Función	2	Indica el código de la función
Datos	n	Datos dependiendo del tipo de mensaje
CRC	2	Verificación de redundancia cíclica (CRC)

TCP/IP

El protocolo MODBUS TCP/IP es una variante del protocolo MODBUS para comunicaciones sobre redes TCP/IP, realizando las conexiones a través del puerto TCP 502.

Modbus RTU

Modbus -el protocolo de comunicación se basa en la arquitectura maestro-esclavo. Utiliza interfaces RS-485, RS-422, RS-232, así como redes Ethernet TCP / IP (protocolo Modbus TCP) para la transferencia de datos.

El siguiente enlace muestra una simulación de una red [Modbus RTU punto a punto](#).

PROFIBUS/PROFINET

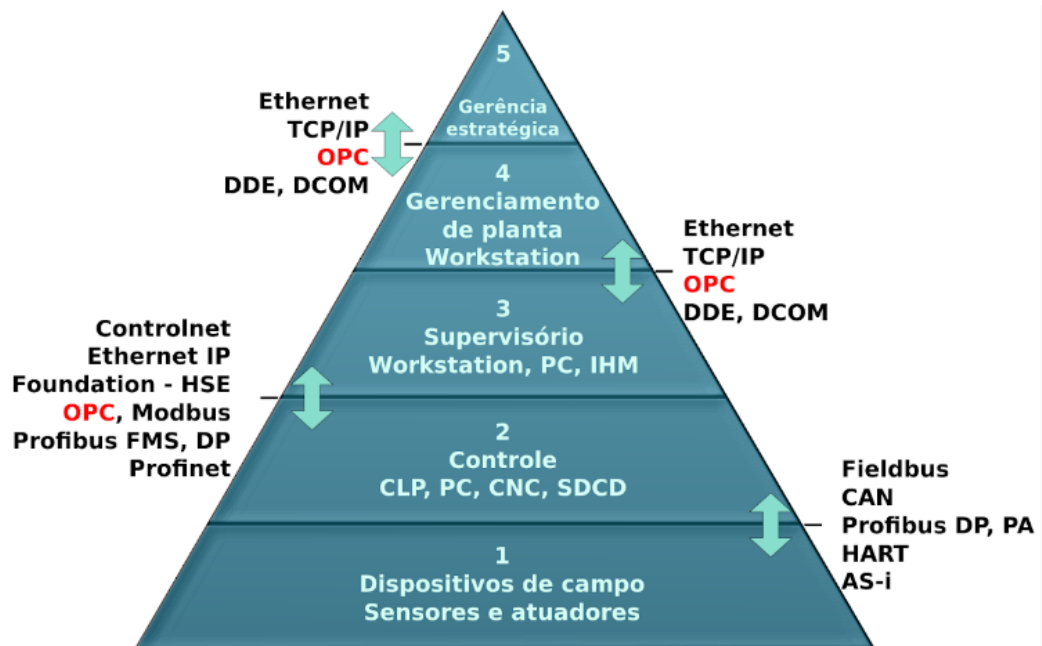
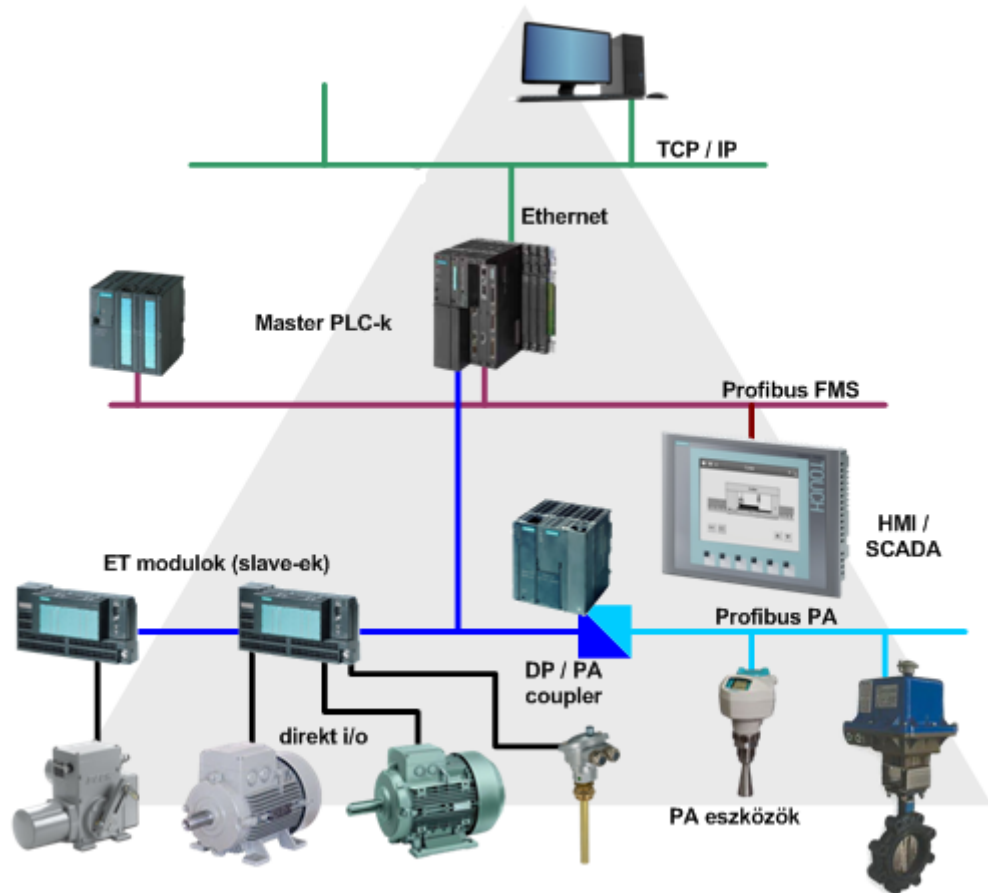
PROFIBUS y PROFINET son dos diferentes protocolos de comunicación para uso en automatización industrial. PROFIBUS es un bus de campo en serie clásico basado en RS-485 y PROFINET es un estándar de Ethernet industrial. Ambos están desarrollados por la misma organización, PI (Profibus & Profinet International).

PROFIBUS (Process Field Bus) es un estándar de red digital de campo abierto (bus de campo) que se encarga de la comunicación entre los sensores de campo y el sistema de control o los controladores.

PROFINET (Process Field Network) es un protocolo de comunicación Ethernet industrial basado en estándares abiertos TCP/IP e IT y desarrollado con un enfoque en la semejanza a PROFIBUS y es un mecanismo para intercambiar datos entre controladores y dispositivos.

La siguiente tabla resume las similitudes y diferencias existentes entre PROFIBUS y PROFINET.

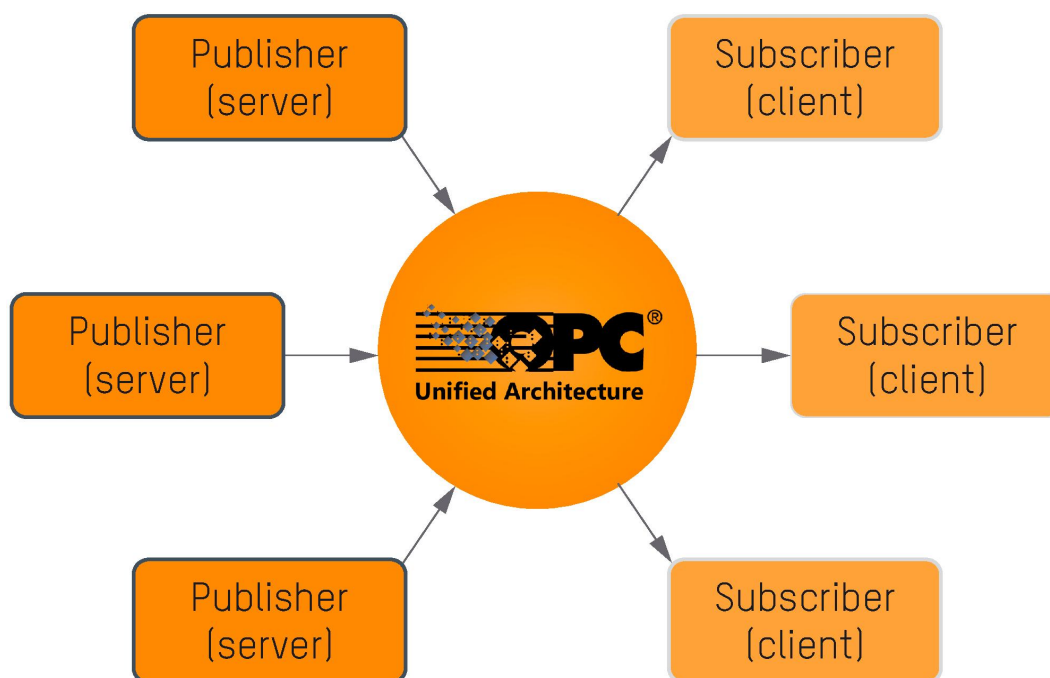
	PROFIBUS	PROFINET
Organización	PI	PI
Perfiles de aplicación	Igual	Igual
Conceptos	Ingeniería, GSD	
Capa física	RS-485	Ethernet
Velocidad	12 Mbit/ s	1 Gbit/s o 100 Mbit/s
Telegrama	244 bytes	1440 bytes (cíclico)*
Tecnología	Maestro/Esclavo	Proveedor/Consumidor
Conectividad	PA + otros*	Muchos buses
Inalámbrico	posible**	IEEE 802.11, 15.1
Movimiento	32 ejes	Más de 150 ejes
Máquina a máquina	No	Si
Integración vertical	No	Si



OPC (OLE for Process Control)

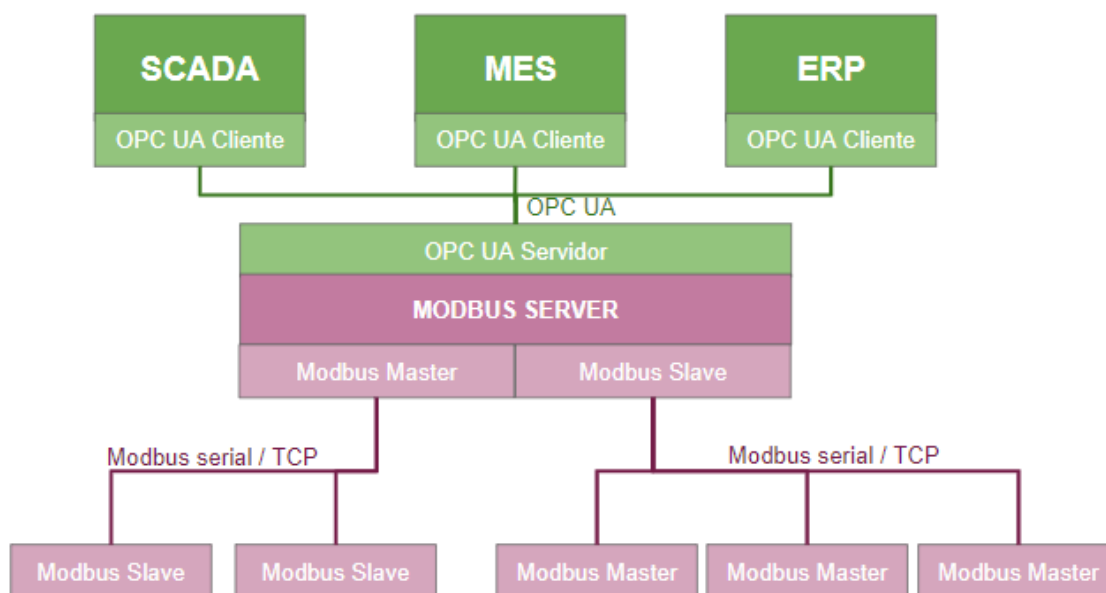
En el control de procesos, se ha necesitado un lenguaje común, este es OLE para Control de Procesos (OPC). OPC es un conjunto normalizado de interfases, propiedades y métodos que definen cómo componentes individuales de programa pueden interactuar y compartir información.

Basado en una tecnología Microsoft, ofrece una interfaz común para comunicación que permite que componentes de software individuales interactúen y compartan datos. La comunicación OPC se realiza a través de una arquitectura Cliente-servidor. El servidor OPC es la fuente de datos (como un dispositivo hardware a nivel de planta) y cualquier aplicación basada en OPC puede acceder a dicho servidor para leer/escribir cualquier variable que ofrezca el servidor. Es una solución abierta y flexible al clásico problema de los drivers propietarios. Prácticamente todos los mayores fabricantes de sistemas de control, instrumentación y de procesos han incluido OPC en sus productos.



Cada proveedor crea programas OPC que «hablan» su lenguaje nativo más OPC; luego, se cargan ambos programas en una PC y se utiliza OPC para que las dos porciones de programa interactúen.

OPC utiliza un planteamiento cliente-servidor para la comunicación. El servidor OPC es el encargado de la encapsulación de la información y de la disponibilidad de ésta a través de su interfaz, mientras que el cliente OPC se conecta al servidor OPC y accede a la información disponible. En el OPC clásico las interfaces están basadas en la tecnología COM y DCOM de Microsoft, mientras que en OPC UA en la última versión del estándar, se utilizan dos protocolos, un protocolo TCP binario de alto rendimiento (OPC-TCP) y un segundo basado en web services (HTTP).



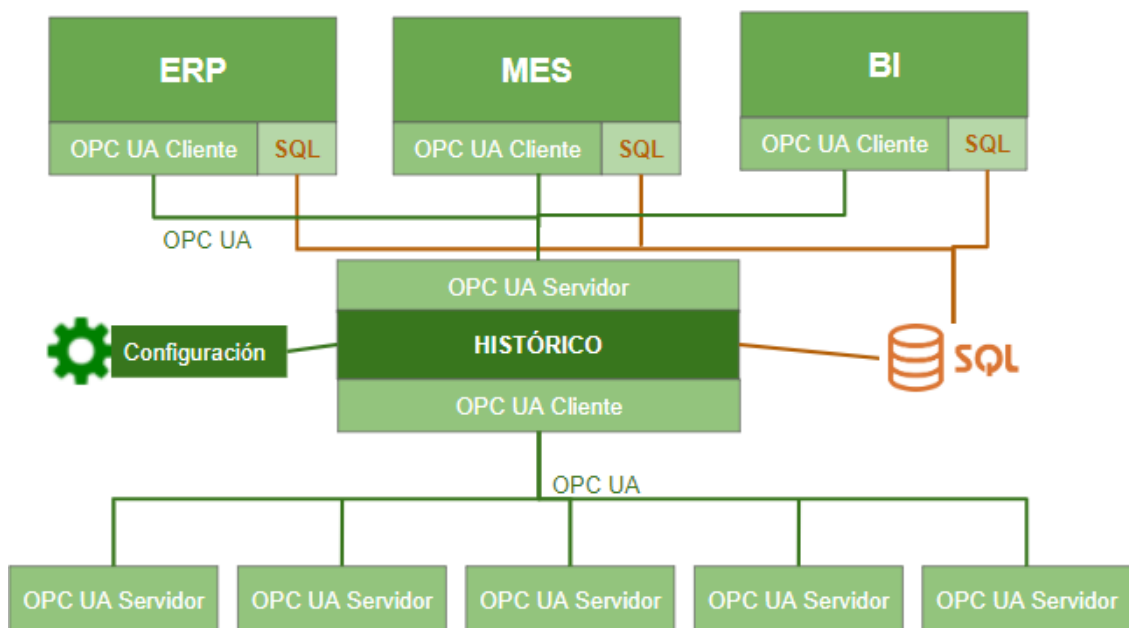
De acuerdo con las diferentes necesidades de las aplicaciones industriales, se han desarrollados tres principales especificaciones OPC:

- Acceso a Datos (OPC-DA): Acceso a datos de proceso actuales
- Alarmas y Eventos (OPC-A&E): Información basada en eventos, incluyendo reconocimiento de alarmas
- Acceso a Datos Históricos (OPC-HDA): Acceso a datos archivados

Acceso a datos OPC

El acceso a los datos OPC está compuesto por varios elementos:

- El servidor (server), mantiene información sobre el servidor. Sirve como contenedor para objetos del grupo OPC.
- El grupo (group), mantiene información sobre sí mismo. Provee mecanismos para contener/organizar lógicamente items.
- El elemento (item), representan conexiones a fuentes de datos dentro de un servidor.

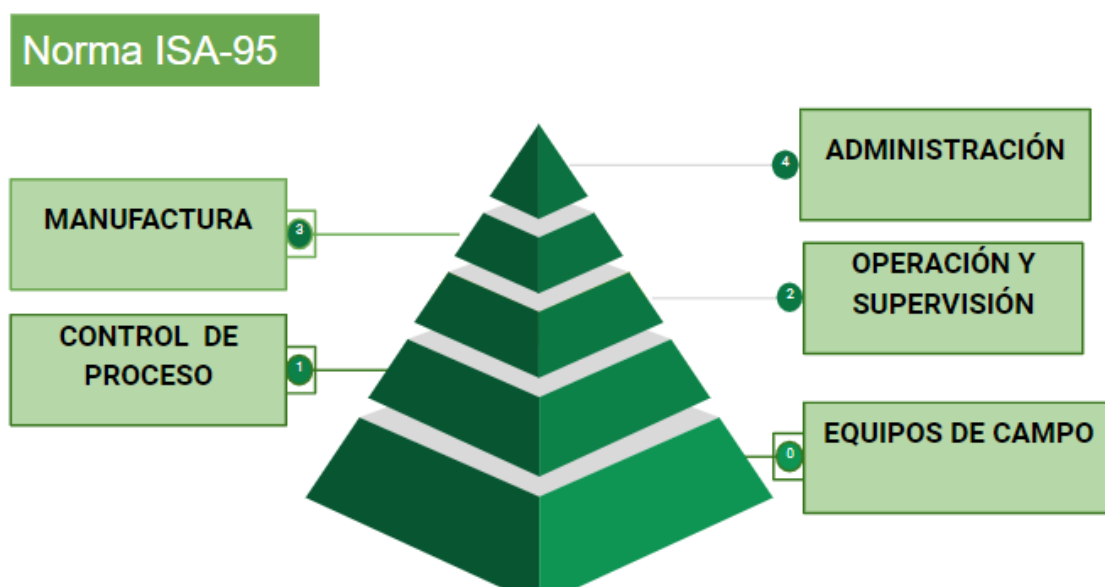


Seguridad

La **Industria 4.0** se caracteriza por la fabricación inteligente y los dispositivos interconectados. Pero como cualquier otro sistema interconectado son objetivos potenciales para los ciberataques.

Cuando se diseña una arquitectura de red, es recomendable establecer un modelo con segmentos de red diferenciadas. Separando las redes en segmentos con distintas funciones y objetivos es posible aplicar una mayor granularidad en las medidas de seguridad y evitar flujos de información innecesaria.

La arquitectura **SCI** propuesta por el estándar de la «International Society of Automation»(ISA) en su norma ISA-95 sobre integración entre sistemas empresariales y de control, propone un modelo denominado Purdue Enterprise Reference Architecture, que establece 5 niveles lógicos bajo los cuales se agruparán en segmentos de red elementos de la arquitectura con funciones diferenciadas. Esta propuesta de segmentación facilita el diseño de estrategias de seguridad adoptando medidas específicas a cada nivel y estableciendo mecanismos seguros para el flujo de información entre ellos.

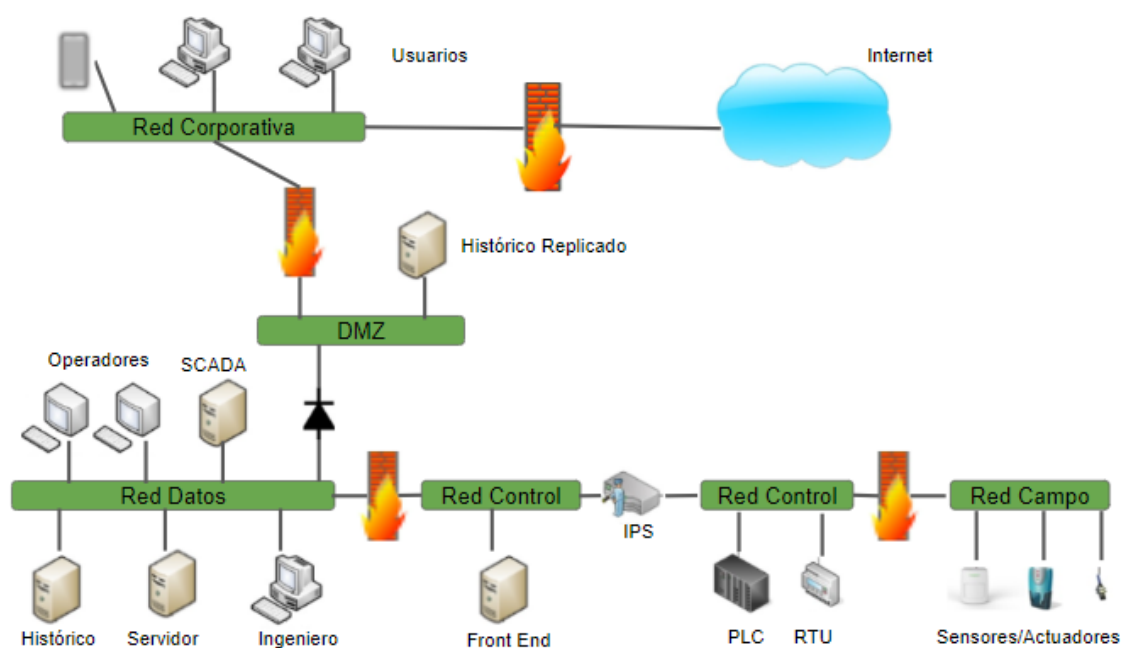


Se debe dividir la red en el número de segmentos de red necesarios para poder diferenciar y dotar de las medidas de seguridad y control de tráfico apropiados para cada uno de ellos.

Como mínimo se deben contar con tres zonas que separen Red Control, DMZ y LAN corporativa.

Realizar un cifrado de la comunicación y separación lógica entre segmentos de red, mediante el uso de tecnologías de VLAN y VPN.

Realizar un control y filtrado de tráfico a través de cortafuegos, proxies, y elementos destinados a identificar y separar tráfico y comunicaciones tanto a nivel de red (IP, encaminamiento) como por puerto/protocolo y nivel de aplicación.



Comunicación maestro-esclavo

El esquema de comunicación industrial ampliamente difundido para redes de integración de equipos de control es el denominado “maestro-esclavo”, y se utiliza en comunicaciones entre PLC y otros sistemas como SCADA's y en DCS's.

Este sistema de comunicación maestro-esclavo consta esencialmente de un equipo que se lo denomina maestro y uno o varios equipos denominados esclavos; el maestro es quien gobierna los ciclos de comunicación, toda iniciativa de comunicación es llevada a cabo por este equipo, los esclavos solo responden a la petición del maestro, si les corresponde, el proceso de pregunta/respuesta de un equipo maestro a uno esclavo se lo conoce como transacción. La imagen siguiente muestra un diagrama correspondiente a esta configuración en un PLC.



Este controlador programable tiene diseñada su arquitectura como un sistema multiprocesos especializado, basado en redes de PLCs, que se localizan en diferentes niveles.

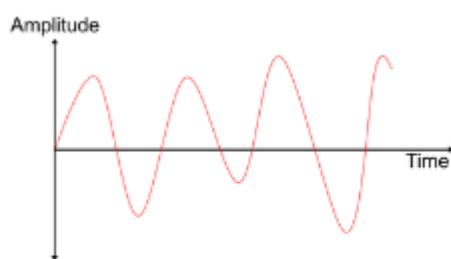
El controlador denominado como ‘Maestro’ puede modificar la estructura, los algoritmos, los ajustes, las asignaciones, etc. de su subordinado.

Existe otro controlador llamado ‘esclavo’, que lleva a cabo un complejo procesamiento de los datos con el fin de coordinar todo y tener muchos más recursos a su disposición.

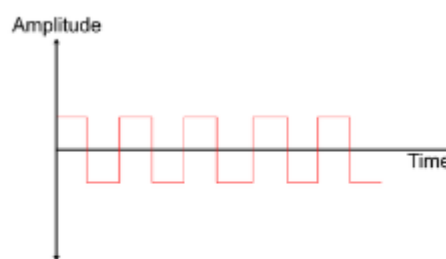
Un ‘Maestro’ puede ser un PLC o un ordenador que controle de forma más potente, disponiendo un mayor acceso a los parámetros de configuración de cada controlador subordinado.

Entradas y salidas

Sabemos que un PLC recibe y transfiere los datos por las entradas o sensores y las salidas o actuadores. Existen dos tipos de señales en un PLC: señales digitales y analógicas.



Analog Signal



Digital Signal

- **Digital**, también llamadas binarias u “on-off”, son las que pueden tomar sólo dos estados: encendido o apagado (24v, 120v, 24v, ../0v), 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 tensión se interpreta como “0”.

Tanto las entradas como las salidas pueden ser digitales. Las entradas digitales y las salidas digitales se asocian a los sensores y actuadores digitales.

Los sensores digitales son un botón o pulsador, un sensor de presencia, un sensor de proximidad, finales de carrera, barreras ópticas, ... Los hilos de las señales de entrada digitales se conectan normalmente a un bornero que desemboca en el módulo de E/S del PLC.

Los actuadores digitales son una bombilla, un motor o cilindro que se enciende o se apaga, una sirena.

Sensores digitales



Actuadores digitales



- **Análogica.** Los dispositivos que adoptan más de un estado y que generan señales continuas (dato de información variable con el tiempo) en base a alguna magnitud física, objeto de la medición, se denominan dispositivos analógicos, y las señales que generan, señales analógicas.

Como una bombilla con intensidad de luz, sensores de temperatura, medidores de caudal, luxómetros, etc.

Los sensores miden una variable física y ofrecen voltaje o intensidad a la salida para que sea leída por las entradas analógicas en los PLC.

Ejemplos de salidas analógicas son motores o inversores de frecuencia, válvulas proporcionales.

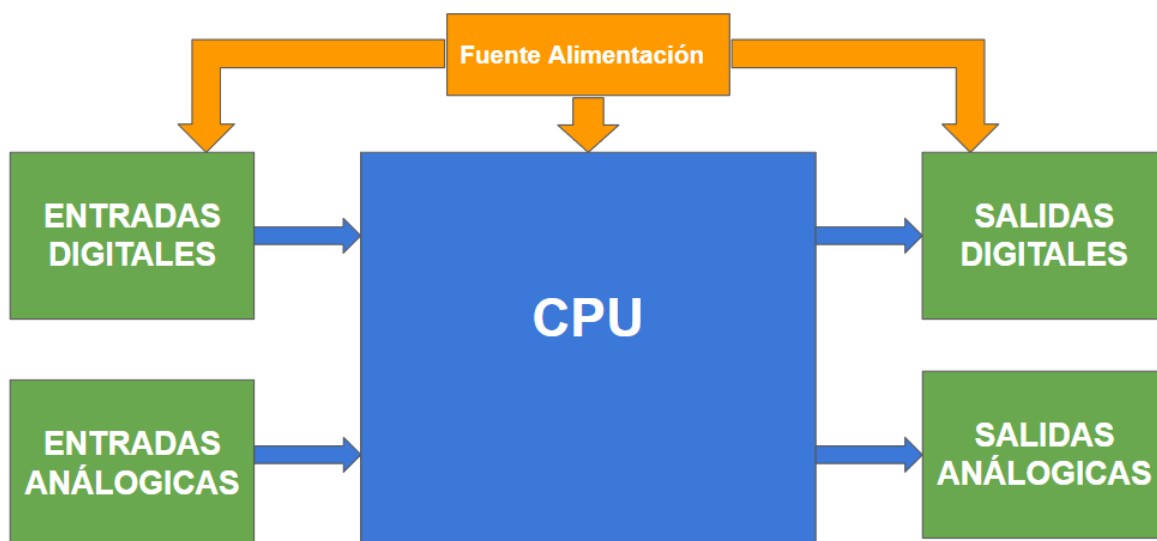
Sensores analógicos



Actuadores analógicos



De esta forma tendremos cuatro entradas y salidas diferentes

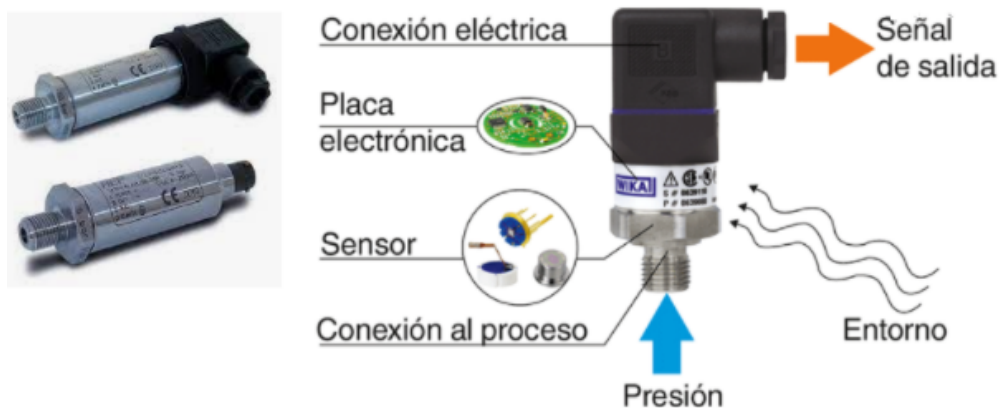


El controlador va a procesar la información recibida de los sensores. Estos datos vienen de sensores, temporizadores, termómetros, etc...

Algunos tipos de sensores en automatización son:



- **De presión**, sirven para medir la fuerza de gases o líquidos.



- **Inductivo**, detecta materiales metálicos próximos produciendo un campo electromagnético.



- **Capacitivo**, detecta cualquier tipo de material próximo produciendo un campo electrostático.



- Sensores de **temperatura**.



- **Ultrasónico**, detecta cualquier presencia a distancia.



- **Óptico**, detectar diferentes factores a través de un lente óptico.



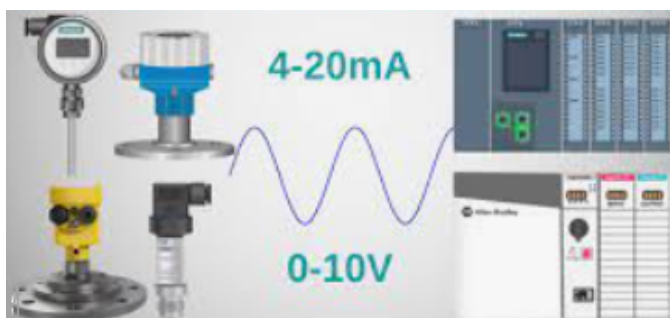
Tras recibir las entradas, los datos llegan a la CPU del equipo, que es cómo el cerebro del PLC, y este procesa la información de las entradas (sensores) y envía las señales de salida (actuadores) correspondientes. Después, gracias a relevadores y contactores harán actuar otro dispositivo, cómo válvulas, motores, luces, pistones...en el caso del cuerpo humano serán los músculos.

Los actuadores más usuales son:

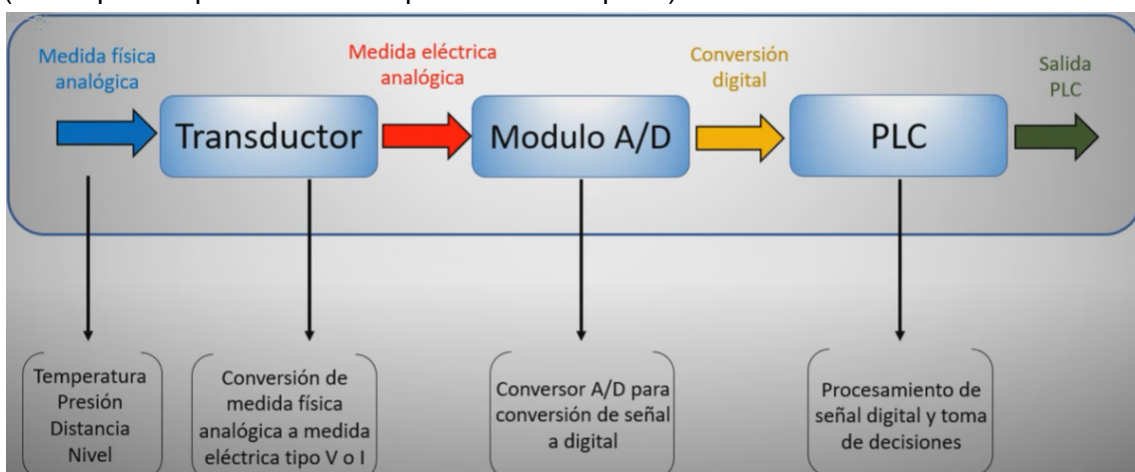
- Eléctricos: Motor corriente continua, corriente alterna, paso a paso
- Neumáticos
- Hidráulicos
- Mecánicos



En la automatización industrial las señales digitales, ya sean entradas o salidas, generalmente trabajan con una tensión de 0/24 voltios, siendo 0 apagado y 24 encendido. Pueden existir entradas o salidas digitales con otras tensiones, es común encontrar señales digitales con una tensión de 220 voltios .

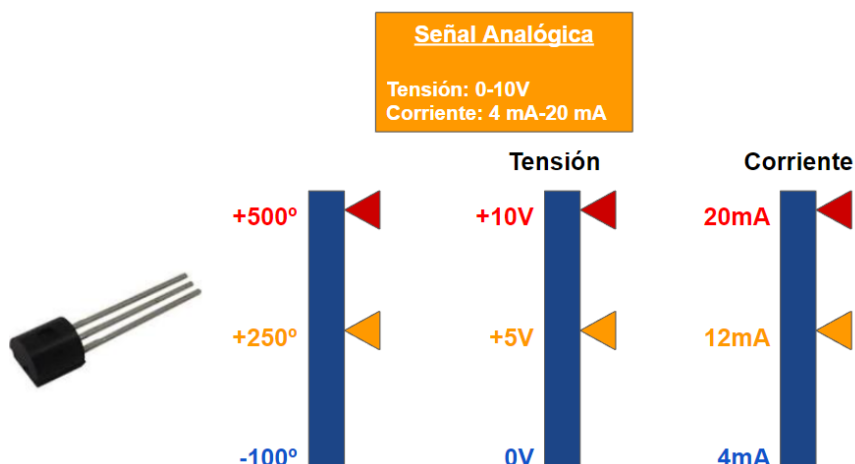


Los PLC's solo trabajan con señales digitales. Las señales analógicas poseen más de dos estados variando dentro de una franja de valores. Los patrones usados dentro de la automatización industrial son dos: variación de tensión y variación de corriente. El patrón de variación tensión más utilizado es de 0 a 10 voltios, siendo 0 el mínimo valor y 10 el máximo. El patrón de corriente más utilizado es de 4 mA a 20 mA (miliamperios que es milésima parte de un amperio).



Para que el PLC procese las variaciones de corriente o voltaje deben pasar de analógico a digital mediante un conversor que está en el propio PLC. El valor digital que se obtiene es una palabra de un número determinado de bits cuyo valor binario cambia en función del valor analógico que tengamos. Si, por ejemplo, la salida de un sensor nos da un valor de 5 voltios cuando está encendido y 0 voltios cuando está desactivado. Las entradas analógicas en los PLC modificarán esta información con un 1 o un 0 para cada situación.

Estos valores pueden ser muy variables por lo que el PLC normaliza los valores que adquiere sobre una escala interna. Realizando una interpolación rectilínea.



Por ejemplo un sensor de temperatura cuando la temperatura sea de 250° emitirá una tensión de 5V o si trabaja con corriente emitirá 12mA, si la temperatura es de 500° emitirá una tensión máxima de 10V o una corriente de 20 mA.

En algunos casos es posible trabajar con más de dos estados utilizando señales digitales, utilizaremos un inversor de frecuencia antes de mandar la señal a un motor que trabaja a 3 velocidades diferentes.



Sensores

Sabemos que existen entradas digitales y analógicas. Las entradas digitales podemos dividir las según la corriente sea alterna (AC) o corriente continua (DC).

Corriente alterna (AC) es aquella que circula durante un tiempo en un sentido y después en sentido opuesto, volviéndose a repetir el mismo proceso en forma constante. Su polaridad se invierte periódicamente, haciendo que la corriente fluya alternativamente en una dirección y luego en la otra.

Corriente continua (DC) es aquella corriente en donde los electrones circulan en la misma cantidad y sentido, es decir, que fluye en una misma dirección. Su polaridad es invariable y hace que fluya una corriente de amplitud relativamente constante a través de una carga.

Un sensor es un dispositivo capaz de hacer una detección de una variable física y darte la información en un valor eléctrico, ya sea en resistencia, voltaje o corriente.

Clasificación

Los sensores se pueden clasificar de acuerdo con un conjunto de características diferentes y no excluyentes, según:

- **Principio físico de funcionamiento:** final de carrera, termorresistivos, capacitivos, inductivos, etc.
- **Aporte de energía:** activo/pasivo. En los sensores activos, la magnitud física a medir proporciona la energía suficiente para generar la señal de salida (ej. Termoeléctrico, fotoeléctrico, magnetoeléctrico, piezoeléctrico). Los sensores pasivos necesitan una fuente de alimentación externa (ej. Resistivos-Termorresistivos, Capacitivos, Inductivos...).
- **Señal eléctrica generada:** analógica/digital. Un sensor analógico puede tomar cualquier valor dentro de unos determinados márgenes. En el caso de las señales analógicas es imprescindible el uso de circuitos de acondicionamiento. Los sensores digitales toman un número finito de valores.
- **Magnitud medida:** presencia/proximidad, presión, temperatura, humedad, velocidad, caudal, etc.
- **Rango de valores que proporciona:** de medida/todo-nada. Los sensores de medida proporcionan a la salida todos los valores posibles correspondientes a cada valor de la entrada (ej. Sensor analógico termoresistivo). Los sensores todo/nada, utilizados en sistemas discretos, detectan si la magnitud está por encima de determinado valor. Su salida solo puede tomar 2 valores diferentes. Son ejemplos de este tipo de sensores los que indican si se ha producido presencia/ausencia de un objeto en las proximidades del sensor. También se suelen clasificar entre continuos o discretos.

Los sensores pueden ser de 2, 3, 4, 5 o 7 hilos.



Existen dos versiones:

Corriente continua (DC) no polarizados, con protección contra sobrecargas y cortocircuitos, siendo las polaridades de conexión indiferentes. Y los de alimentación alterna (AC).

Los sensores a tres hilos se alimentan con corriente continua (DC). Disponen de tres hilos 2 para alimentación y uno para la transmisión de la señal de salida. Están protegidos contra sobrecargas y cortocircuitos, y contra la inversión de la polaridad.



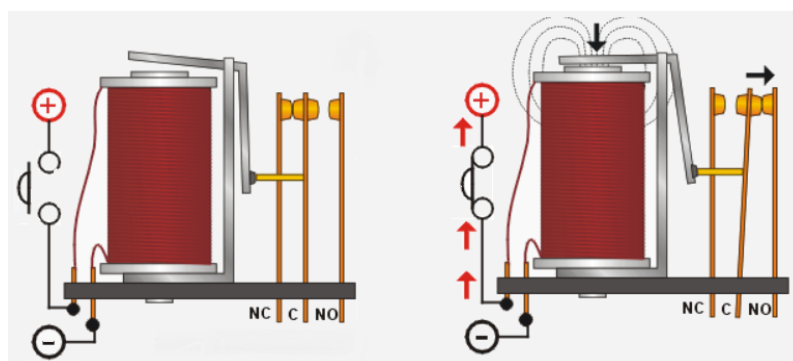
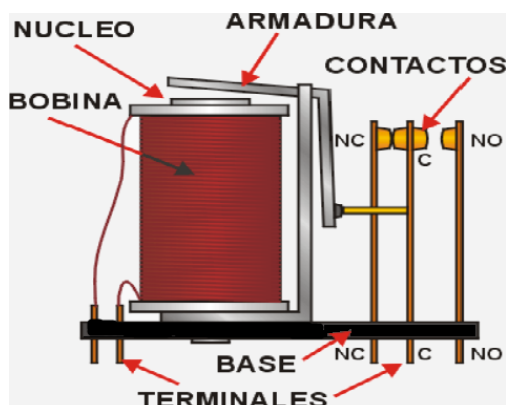
Actuadores

Igual que un PLC tiene entradas digitales y analógicas también tiene salidas digitales y analógicas.

- Salidas digitales. permiten al PLC actuar sobre los actuadores que admiten órdenes de tipo todo o nada.

Existen tres tipos:

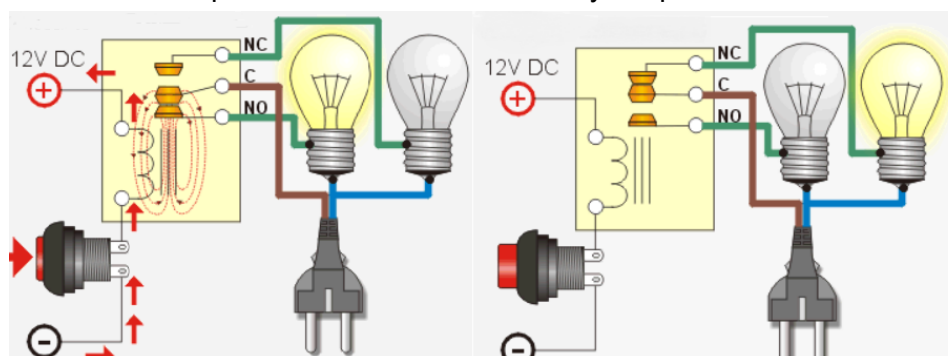
1. **Relé.** Son las más utilizadas, libres de tensión, pudiendo gobernar cualquier actuador, ya sea a corriente continua o alterna. Se emplean cuando el consumo de los elementos alimentados tiene un cierto valor y las conmutaciones no exigen demasiada rapidez. Permite conmutar hasta 250Vac y corrientes de hasta 8 amperios, conmutar desde redes de alimentación a electroválvulas o enviar una señal a cualquier elemento remoto.



El modo más simple para controlar un relé es a través de un pulsador o un interruptor alimentado con baja tensión continua como se ve en la siguiente figura de la izquierda.

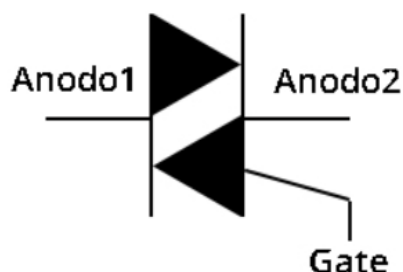
Por ejemplo, el relé tiene una bobina para 12VDC que es el tipo más usado como interfaz para circuitos electrónicos de control. Como

pueden ver, los cables que van al pulsador son de baja tensión y baja corriente, pudiendo por lo tanto, usarse pulsadores, interruptores y cables de conexión de baja tensión y sin peligro de electrocución. El paso de corriente por la bobina de 12V crea un campo magnético que mueve la armadura y conmuta los contactos principales. Como se ve en la figura derecha, la lámpara y los contactos del relé se encuentran conectados a la tensión de la red eléctrica pero esta parte está aislada respecto a los 12V de la bobina y del pulsador.



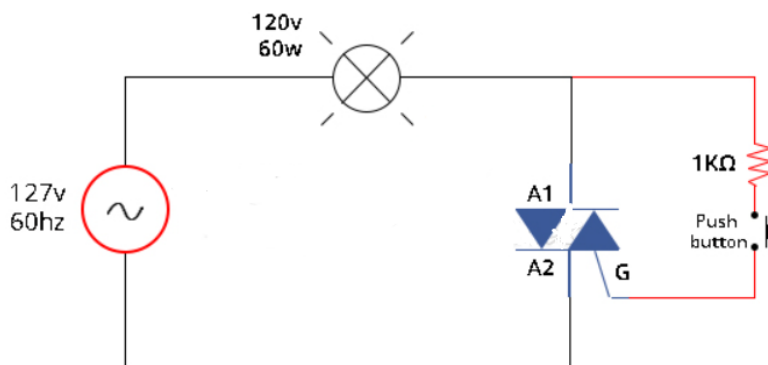
En los conmutadores tenemos un tercer contacto conocido como NC, es decir "normalmente cerrado" (NC: "normally closed" en inglés) que nos permite trabajar al contrario, es decir, cuando el relé se activa la lámpara se apaga. En la figura podemos ver un relé que en condiciones de reposo (no activado) mantiene encendida una lámpara gracias al contacto NC. El mismo circuito con el relé activado apaga la lámpara mientras que la otra se enciende.

2. **Triac.** Se utilizan para actuadores a corriente alterna o a corriente continua. Puesto que el funcionamiento del triac dependerá de la tensión de alimentación del actuador, este deberá operar a la tensión precisada.

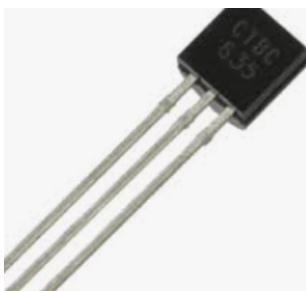


El funcionamiento es bastante sencillo de comprender, ya que cuenta con tres terminales, dos ánodos y una puerta o mejor conocida en inglés como gate. En los ánodos se coloca la corriente alterna junto con el elemento que se quiere controlar, ya sea un motor, una lámpara, un horno, etc. Puede ser cualquier cosa que funcione con corriente

alterna, por último una vez que colocamos una corriente dentro de la terminal gate este se activa para actuar como un interruptor cerrado, para desactivarlo basta con quitar la corriente de todo el circuito.



3. **Transistor.** Esta salida se encuentra limitada en cuanto a la tensión que puede conmutar, siendo habitual los 30Vdc como máximo, siempre en DC. Se emplean en conmutaciones muy rápidas, soporta consumos moderados y tiene una vida media mayor que el relé.



- Salidas analógicas, permiten que el valor de una variable numérica interna del PLC se convierta en tensión o intensidad.

Recordemos que los PLC's trabajan solo con señales digitales.

Las señales analógicas poseen más de dos estados variando dentro de una franja de valores. Los patrones usados dentro de la automatización industrial son dos: variación de tensión y variación de corriente.

El patrón de variación tensión más utilizado es de 0 a 10 voltios, siendo 0 el mínimo valor y 10 el máximo.

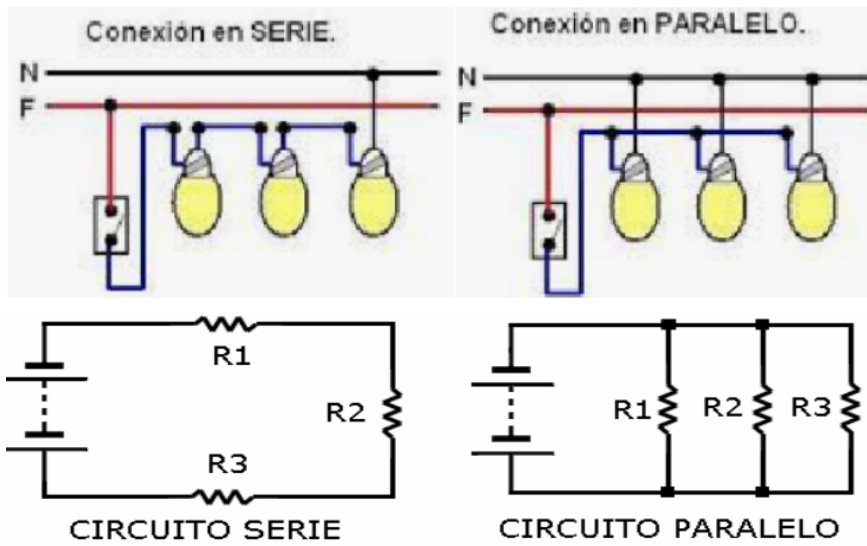
El patrón de corriente más utilizado es de 4 mA a 20 mA (miliamperios que es milésima parte de un amperio).

Al igual que para las entradas, se hace necesario un conversor, en este caso digital-analógico (D/A), que realice la función inversa.

Conexión de sensores

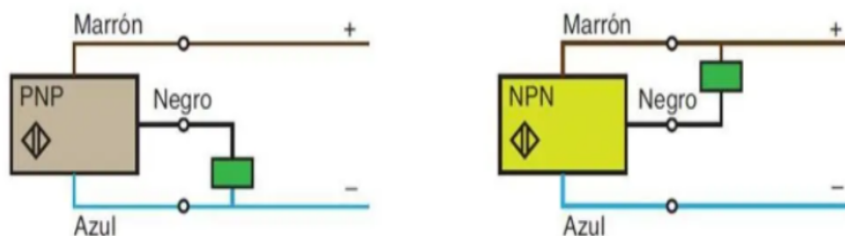
Hay dos formas básicas de conectar más de dos componentes en un circuito: En serie y paralelo.

- **Circuito serie**, todos los componentes se conectan de extremo a extremo para formar una sola ruta para que la corriente fluya a través del circuito.
- **Circuito paralelo**, los terminales de entrada de cada componente están conectados entre sí, lo mismo ocurre con los terminales de salida, creando múltiples caminos para que la corriente fluya de un extremo de la batería al otro:



Existen dos tipos básicos de sensores a tres hilos.

- Salida **PNP o SOURCE** (señal positiva). Carga a potencial negativo, salida del sensor positiva.
- Salida **NPN o SINK** (señal negativa). Carga a potencial positivo, salida del sensor negativa.



Es muy importante conocer el tipo de entrada del PLC ya que la salida que devuelva el sensor tiene que ser la contraria. Es decir, si el PLC tiene entrada + (SOURCE) el sensor tiene que enviar señal negativa o por el contrario si el PLC tiene entrada - (SINK) el sensor tiene que enviar positiva para que se produzca la polarización.

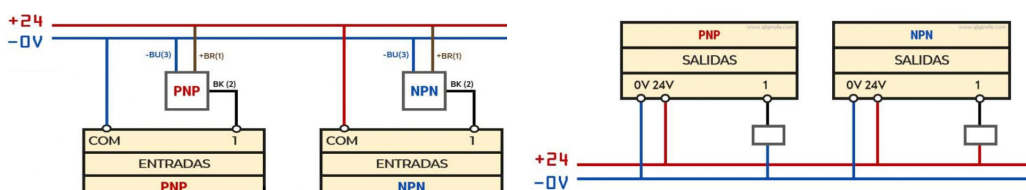
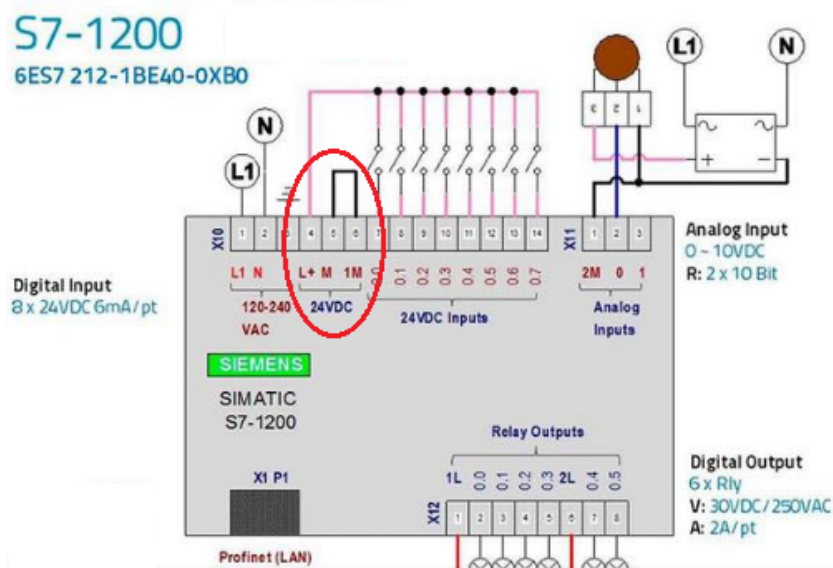
Así cuando se dice que el sensor es tipo PNP, su salida será positiva (+) y si es NPN, su salida será negativa (-).

En los esquemas anteriores observamos que la salida del sensor es conectada una carga (contactor o relé), pero, es importante señalar lo siguiente: para conectar la salida del sensor a una carga, debes de considerar la corriente de salida máxima del sensor la cual se encuentra en la ficha técnica del instrumento, la omisión de este procedimiento puede ocasionar un mal funcionamiento y por ende la avería del sensor.

En Europa y América se utilizan sensores PNP y mientras que en Asia NPN.

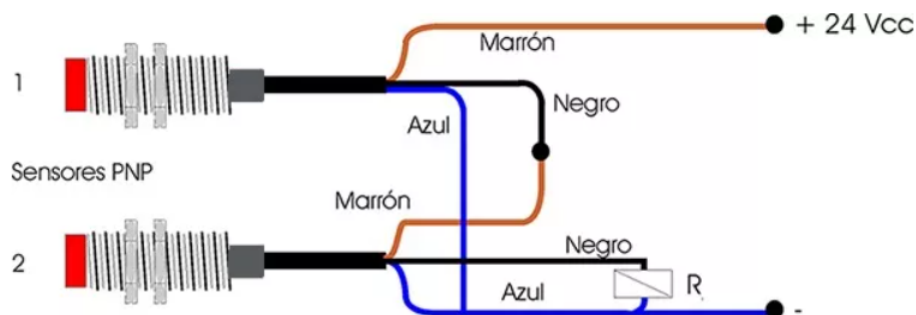
En muchos modelos de PLC's las placas de entradas son compatibles tanto para PNP como para NPN dependiendo cómo sea cableado el "común".

Para ello se dispone de un común (COM) en la placa de entradas, dependiendo de si utilizamos sensores PNP (COM -) o NPN (COM +) deberemos alimentar el común de una determinada manera.



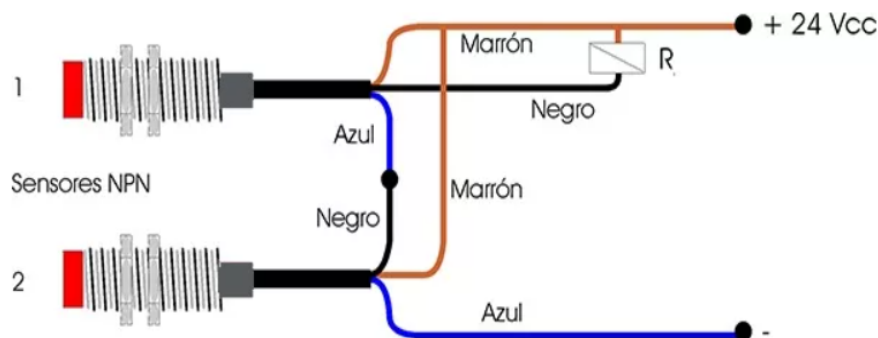
Conexión sensores PNP en serie.

La carga, relé o entrada de PLC, se conecta en la salida del sensor N°2 (entre hilo negro e hilo azul). Para que esta carga se active es necesario que el sensor N° 1 detecte y alimente con su salida (hilo negro) al sensor N°2 y así este último puede funcionar y cuando detecte activará la carga.



NPN con sensores en serie.

En este caso, la carga, (relé o entrada de PLC), se conecta a la salida del sensor N°1 (entre hilo marrón e hilo negro). Para que la carga se active es necesario que el sensor N° 2 detecte y con su hilo negro, baje a cero el hilo azul del sensor N° 1 y así quede bien alimentado. Por tanto, cuando el sensor N° 1 detecte activará la carga que tiene conectada.

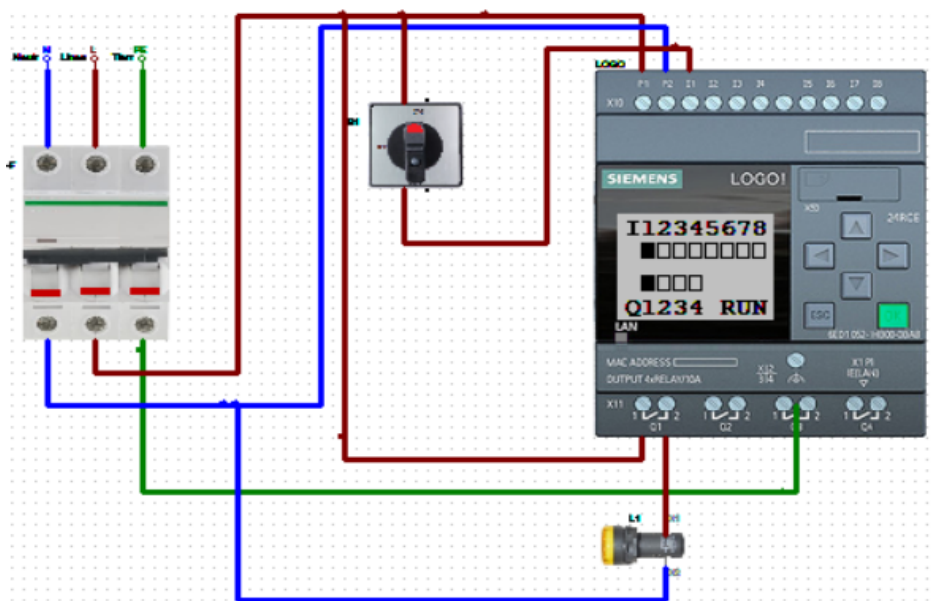


Conectar PLC Logo Siemens

Observemos las diferentes partes del PLC LOGO de Siemens, PLC de otros fabricantes son similares.



La siguiente imagen muestra un PLC LOGO Siemens con un interruptor de entrada y una bombilla de salida que se ilumina al poner el interruptor en ON.



El primer paso es alimentar al PLC, conectaremos el neutro - (cable marrón) y la fase + (cable azul) y el cable de tierra en el inferior del PLC.

Se tienen que conectar con cable + todos los sensores de entrada así como las salidas (Q1, Q2, Q3, ..., en estas conectaremos las marcadas con 1). El sensor o sensores que tengamos los conectaremos a la entrada elegida (I1, I2, I3, ...) con cable + y los actuadores de salida que tengamos los alimentaremos conectándose con cable + a las salidas (Q1, Q2, Q3, ..., en las marcadas con un 2).

Lenguajes de programación PLC's

Los lenguajes de programación para PLC's sirven como canal de comunicación entre el sistema operativo que interpreta el lenguaje, y el usuario que tiene acceso a la configuración del programa.

La finalidad es crear instrucciones secuenciales (comandos) que el CPU del PLC traduce en salidas digitales que energizan y controlan máquinas específicas o procesos complejos.

Tipos

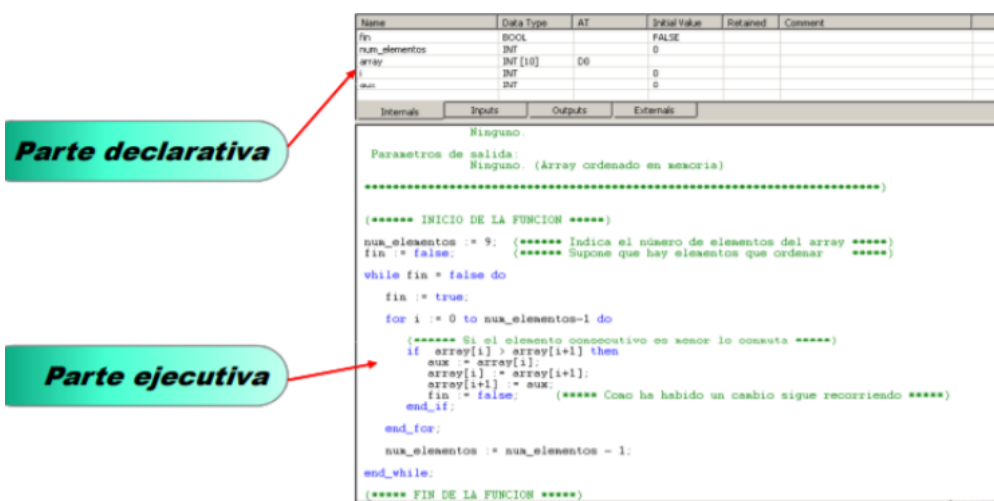
Existen dos tipos de lenguajes:

1. Lenguajes de texto o bajo nivel son los lenguajes estándar que compilan directamente con el microprocesador, son lenguajes más antiguos y complejos que describen todas las instrucciones que se desean ejecutar.
 - Lista de Instrucciones (IL o STL), se utiliza para pequeñas aplicaciones debido a la complejidad de su estructura, es muy parecido al lenguaje ensamblador. Emplea instrucciones de mando que el procesador obedece siempre y cuando exista la parte operacional (lo que va hacer) y el operando que da respuesta a la operación.

```
LD      I0.1
O       Q0.0
A       I0.2
A       I0.0
=       Q0.0
```

```
LD      I0.1 // Pulsador de marcha
O       Q0.0 // Retenida
A       I0.2 // Relé térmico
A       I0.0 // Pulsador de paro
=       Q0.0 // Motor
```

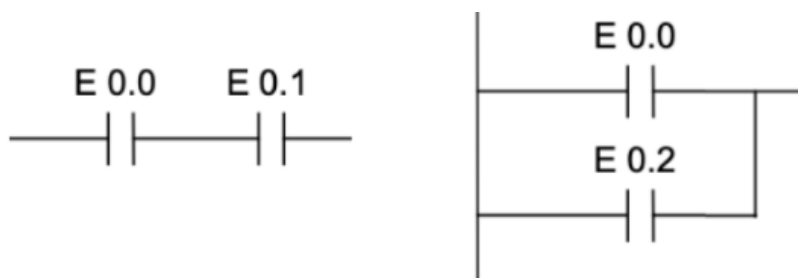
- Texto Estructurado (ST), tiene una sintaxis parecida a PASCAL, se utiliza para codificar expresiones aritméticas complejas con valores analógicos y digitales, dispone de estructuras para bucles, funciones y condicionales, soporta ciclos de interacción y particularmente alterna letras mayúsculas y minúsculas en su código.



2. Los de nivel alto son la evolución de los anteriores, están dotados de una interfaz gráfica que facilita su programación pero que también la limita a sus parámetros preestablecidos.

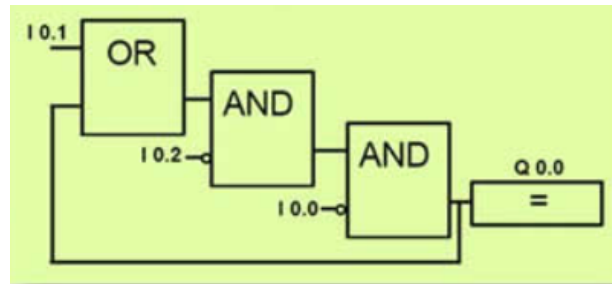
- Diagrama Escalera, **Ladder** o de Contacto (LD), es el lenguaje de interface gráfica más utilizado en campo, su nombre se debe a su forma estructural semejante a una escalera por donde corren dos relés verticales llamados Lógica 1 y 2.

El riel izquierdo (L1) es el que recibe el flujo de energía (entrada) que representa el voltaje y deja pasar la energía al riel derecho que representa la tierra (salida). Se parece a los controladores de relés y se lee de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.



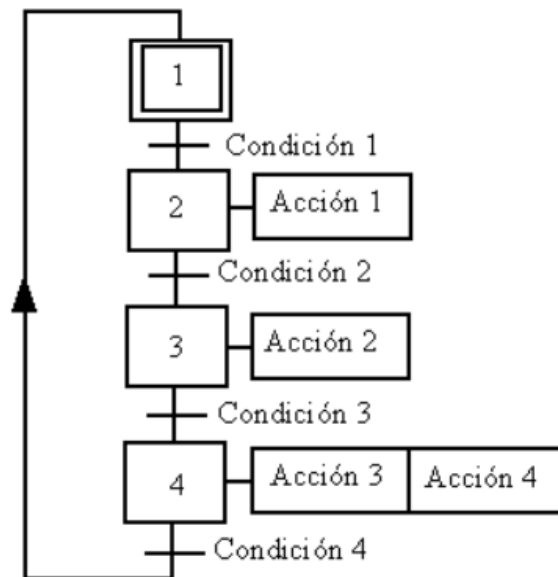
- Diagrama de Bloques (SFD), es utilizado para la representación gráfica de un proceso mediante símbolos lógicos, su elemento más característico son los bloques de función que albergan las variables que transformarán la secuencia.

Las señales de salida son el producto de la señal de entrada y la operación del bloque que representa una variable asignada las cuales nunca se conectan entre sí.



- Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC), es una representación diagramática de secuencias de control en un programa en el que se pueden organizar subrutinas o etapas que van afectando el producto de las funciones posteriores.

La energía fluye de un punto a otro siempre y cuando se haya cumplido una condición. Este lenguaje proviene del estándar francés GRAFCET que también utiliza etapas, transiciones y acciones para su funcionamiento.



Las secuencias SFC se representan por cajas rectangulares que contienen las etapas que están conectadas por líneas verticales llamadas transiciones, por último están las condiciones (verdadero o falso) que desbloquean la acción para seguir con las funciones siguientes.

Los elementos de entrada son las condiciones y pueden ser físicas como pulsadores, sensores, interruptores o variables internas de memoria o marcas.

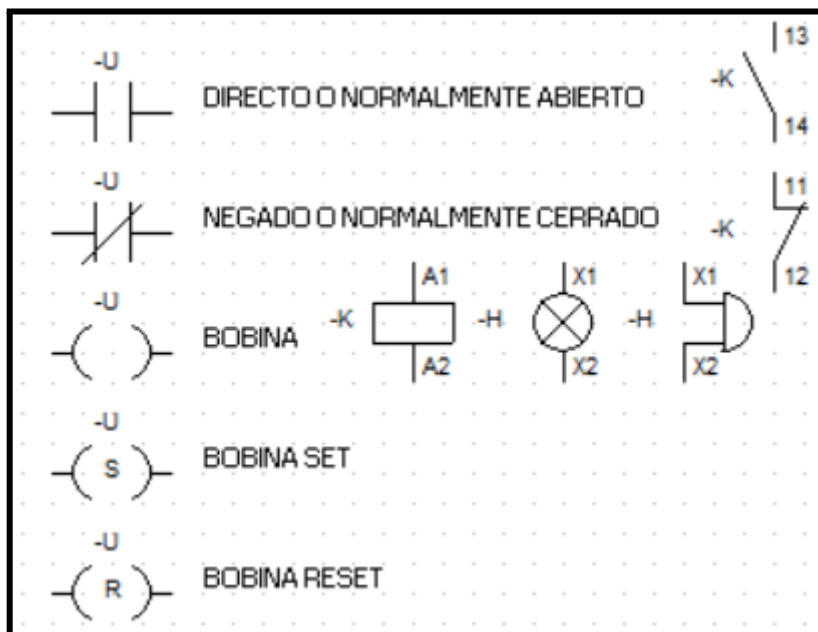
Los elementos de salida son las acciones y pueden ser físicas como motores, indicadores, válvulas o variables internas de memoria.

En un PLC los elementos de entrada se conectan por la parte superior directamente o a través de un módulo conversor o amplificador. Las salidas externas se conectan por la parte inferior directamente o por módulos intermedios.

En algunos PLC's se puede programar directamente usando el panel frontal pero en la mayoría se utiliza un PC con un software específico para realizar el diagrama de Ladder y luego se descarga al PLC.

Los elementos que usan señales digitales que nos permiten utilizar operaciones lógicas con bits.

Los símbolos básicos con los que se trabaja en Ladder son:



La imagen anterior muestra a la izquierda el símbolo Ladder y a la derecha el símbolo electrónico.

Un pulsador eléctrico o botón pulsador es un componente eléctrico que permite o impide el paso de la corriente eléctrica cuando se aprieta o pulsa.

Un pulsador solo se abre o se cierra cuando el usuario lo presiona y lo mantiene presionado. Al soltarlo vuelve a su posición inicial.

Lo aprietas y permite el paso de la corriente eléctrica, pero nada más que lo sueltas vuelve a su posición inicial cortando el paso de corriente.



Un interruptor es diferente, si lo pulsamos cambia de posición, pero al soltarlo se queda en esa posición, no cambia de nuevo a la anterior, como hace el pulsador. El interruptor cambia de posición cada pulsación sobre él. Pulso se abre, lo suelto y permanece abierto. Lo pulsas de nuevo y se cierra, al soltarlo permanece cerrado.



El paso o cierre de la corriente se consigue mediante contactos eléctricos, también llamados "bornes" normalmente de cobre.

Cada contacto eléctrico del pulsador tiene 2 posiciones:

- Cerrado: Los 2 bornes están juntos y el pulsador permite el paso de la corriente eléctrica.
- Abierto: Los 2 bornes están separados y el pulsador corta o no permite el paso de la corriente eléctrica.

Contacto Directo - Abierto

Un contacto directo o abierto transfiere directamente la información que tenga el sensor. El estado normal es abierto y la corriente no puede pasar.

En el ámbito de los contactos y bobinas, un 1 significa activado ("conductor") y un 0 significa desactivado ("no conductor").

Es el contacto más empleado en todo tipo de pulsadores o interruptores.

Un contacto directo o normalmente abierto tendrá valor lógico 0 y no dejará pasar la corriente.



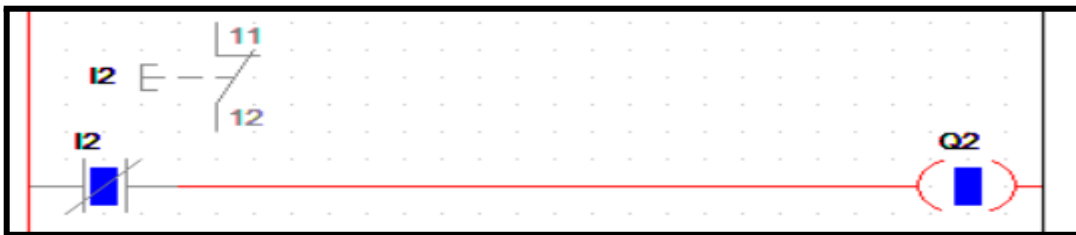
Cuando se acciona el botón, se cierra y permite pasar la corriente, valor lógico 1.



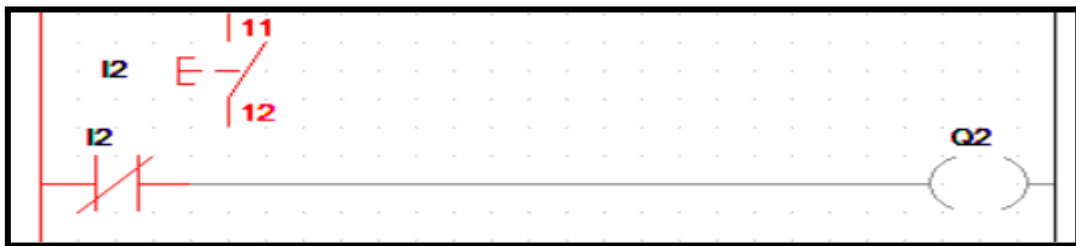
La función de un contacto directo o normalmente abierto es ligar una cosa.

Contacto Negado - Cerrado

El contacto o entrada se encuentra en cortocircuito cuando su valor lógico es 0, deja pasar la corriente y en circuito abierto cuando su valor lógico es 1, cierra el paso de corriente.



La utilidad de este tipo de equipos es la activación de los mismos si hay algún fallo en ellos lo que permite detectar fallos de alimentación, cableado.... Su función es desligar.



Bobinas

Existen cuatro posibilidades:

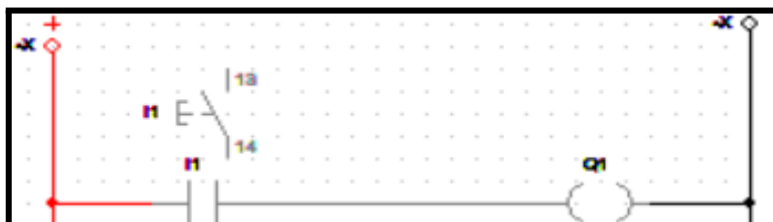
- Bobina normalmente abierta. Se activa cuando la combinación lógica que hay a su entrada (izquierda) da como resultado un 1 lógico. Suele representar un elemento de salida o variable interna.
- Bobina normalmente cerrada. Su función es similar a la bobina NA, con la única diferencia que se activa cuando hay un 0 lógico.

- Bobina set o enclavar. La bobina set una vez activada, sólo puede ser desactivada por su correspondiente bobina reset, aunque las condiciones de entrada cambien la bobina mantendrá su valor.
- Bobina reset. Pondrá a nivel lógico 0 a la bobina.

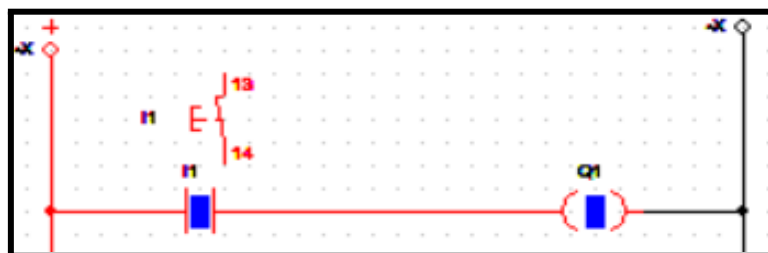
Ejemplos

Veamos algunos ejemplos:

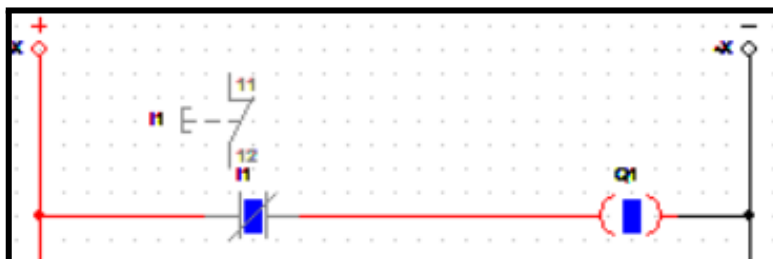
- Si el contacto o entrada **I1** (NA) se activa entonces la bobina **Q1** se activa.
Sin pulsar:



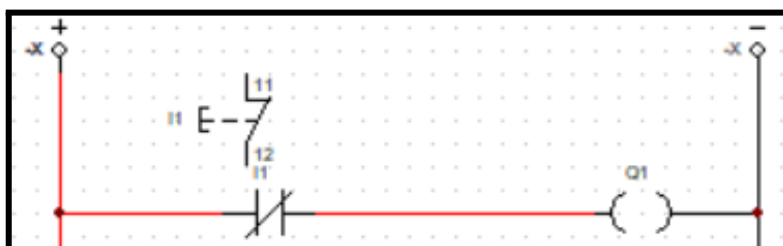
Pulsado:



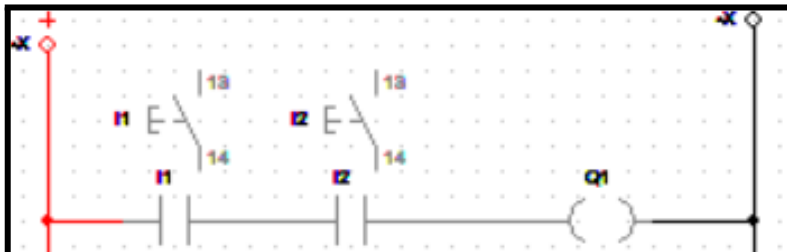
- Si el contacto o entrada **I1** (NC) se activa entonces la bobina **Q1** se desactiva.
Sin pulsar:



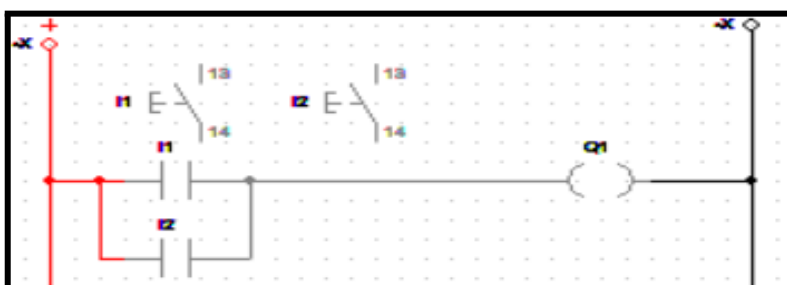
Pulsado:



- Si las entradas **I1** (NA) y **I2** (NA) se activan entonces la bobina **Q1** se activa.



- Si las entradas **I1** (NA) o **I2** (NA) se activan entonces la bobina **Q1** se activa.



Práctica-Cableado PLC

Como vimos en la definición del PLC y las entradas/salidas, se puede trabajar con diferentes tensiones o corrientes. Un PLC funciona con tensión continua y normalmente es de 24 Vcc. y siempre trabaja con señales digitales.

Las entradas pueden ser:

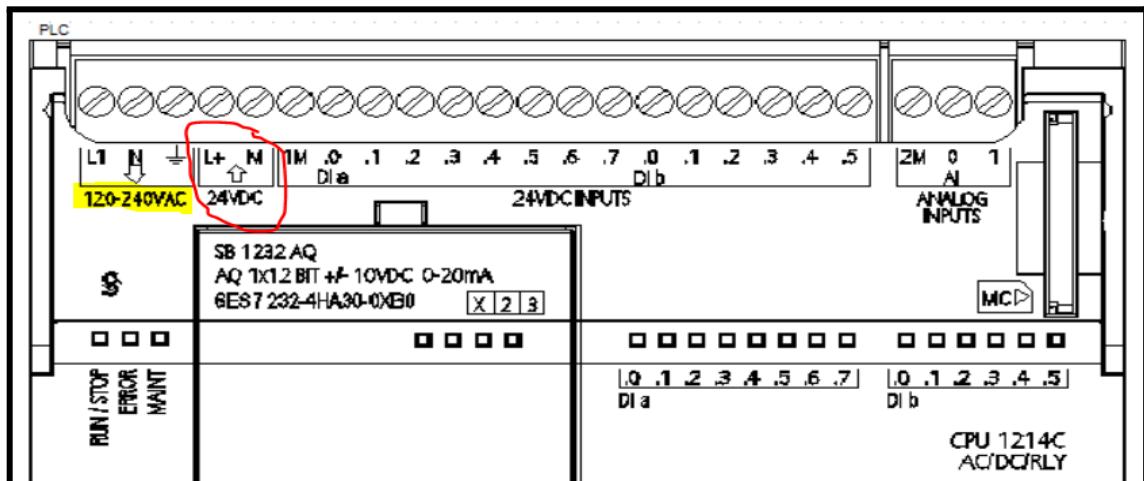
- digitales con tensiones de 5, 12, 24 o 48 VCC o 110 a 220 Vca
- analógicas con tensión 4-20 mA o voltaje 0-10 VDC, 0-20 VDC

Las salidas pueden ser:

- digitales tanto a corriente continua como alterna
- analógicas con tensión entre 0-10 Vcc o voltaje 0-20 mA / 4 a 20 mA

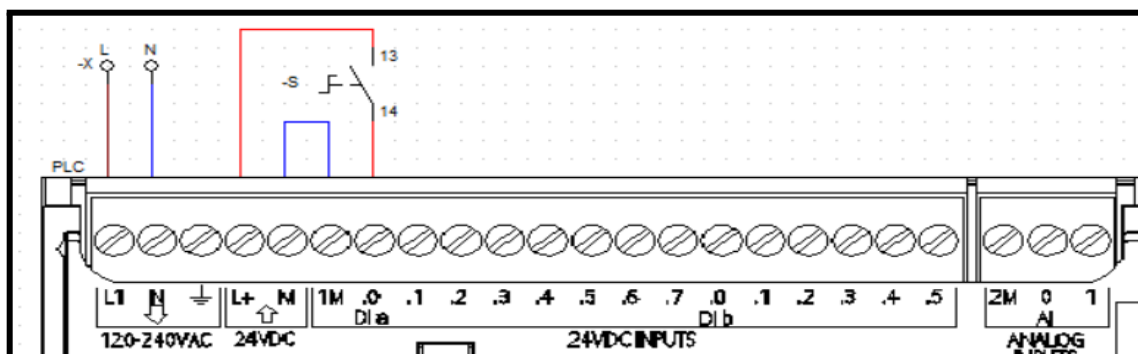
Podemos tener un PLC que se alimente con corriente alterna y que trabaje con entradas o salidas a 24 VDC. En este caso se debe convertir la corriente alterna a continua.

La siguiente imagen muestra un PLC Siemens S7-1200 que se alimenta de corriente alterna de 120-240 VAC y tiene un convertidor interno de corriente que nos da 24 VDC.



El cableado será el siguiente:

El neutro y fase de corriente alterna se conectará al PLC para alimentarlo y haremos un puente con el cable neutro que sale del PLC a 24 VDC con la entrada 1M que alimentará a todos los sensores digitales.



Si el PLC es alimentado a 24 VDC tendremos que tener conexión a través de una fuente de alimentación.



Un PLC me permite controlar un sistema con una corriente eléctrica mínima.

CADe-SIMU

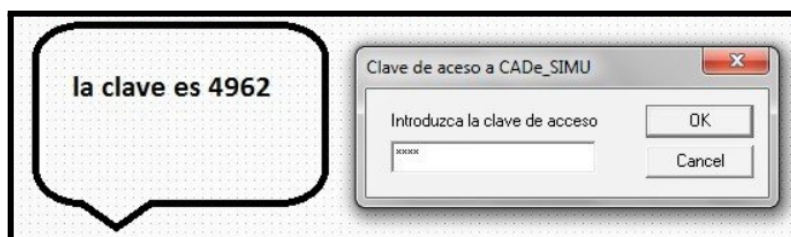
Es un programa para hacer diagramas eléctricos de control (simulador de control eléctrico) que permite realizar simulaciones prácticamente en cualquier circuito común de contactores.

Descarga

1. La descarga gratuita la realizamos desde la página oficial www.cade-simu.com



2. Una vez dentro de la página del enlace, procedemos a descargar el archivo que se encuentra en formato rar.
3. Una vez que el archivo se ha descargado, procedemos a descomprimir el archivo.
4. Al momento de descomprimir, se recomienda llevar los archivos a una carpeta en el escritorio.
5. Cuando se termine de descomprimir el archivo, vamos a la carpeta creada en el escritorio y buscamos la carpeta que dice "Cade Simu"
6. En la carpeta se mostrará el programa descargado y listo para usarse.
7. Utiliza la Cade_Simu contraseña para acceder al software. Cuando realizamos una descarga de Cade Simu online, lo primero que se nos pedirá para instalarlo en cualquier versión es la clave.

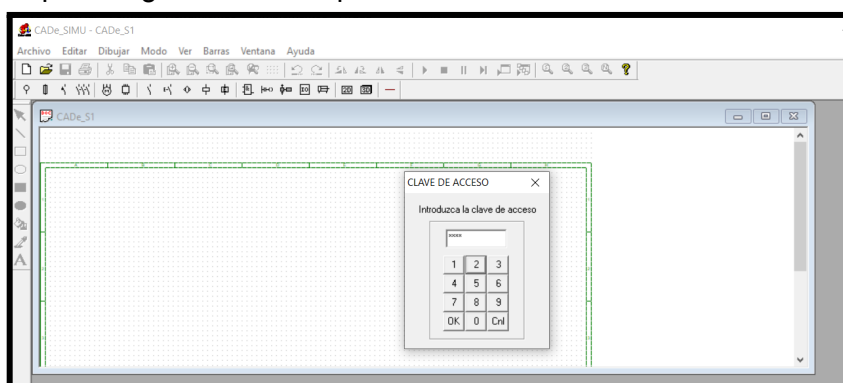


No tiene instalador y al descomprimir se crea directamente el ejecutable.

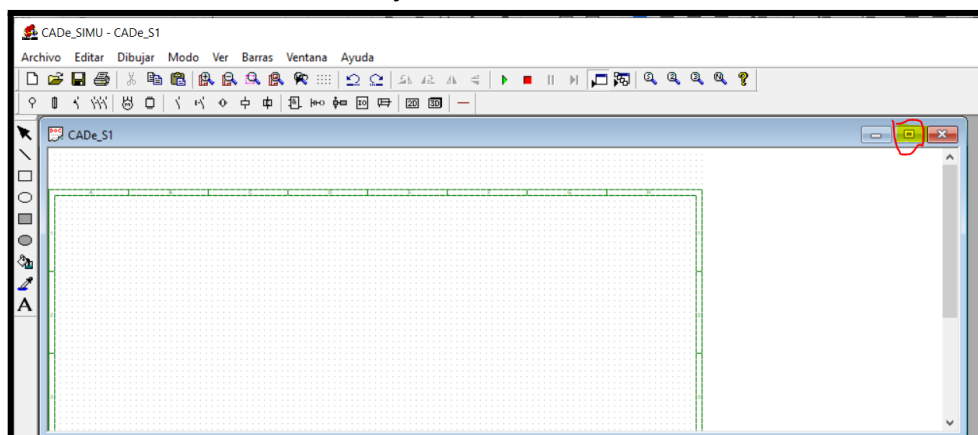
Los archivos tienen la extensión CAD.

Funcionamiento

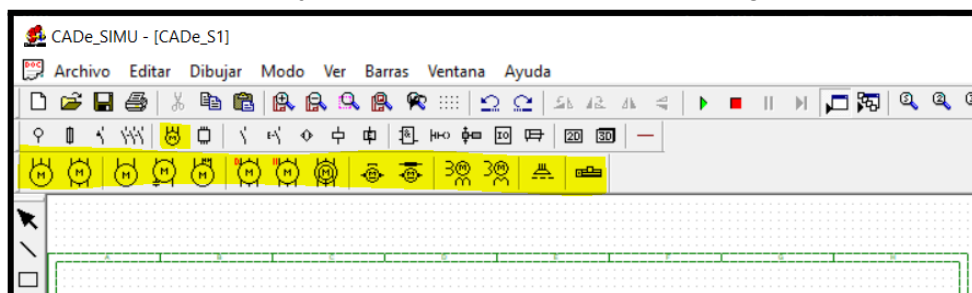
Al ejecutar CADe_SIMU siempre nos pedirá la clave de acceso, si no se introduce no se podrán guardar los esquemas.



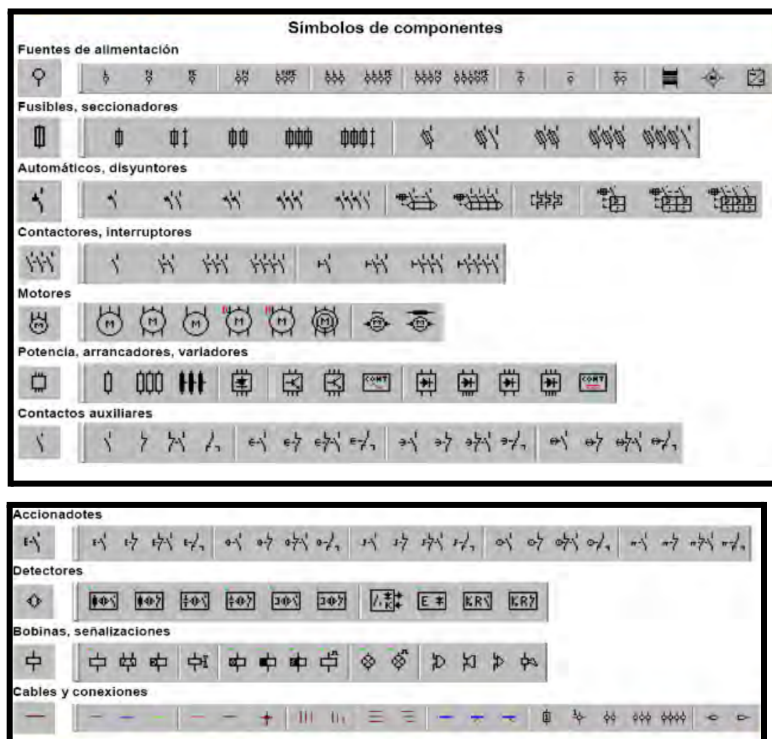
Maximizamos el área de trabajo.



Tendremos los componentes agrupados por categorías. Pulsando sobre cada uno de ellos aparecerán debajo los distintos símbolos de la categoría seleccionada.

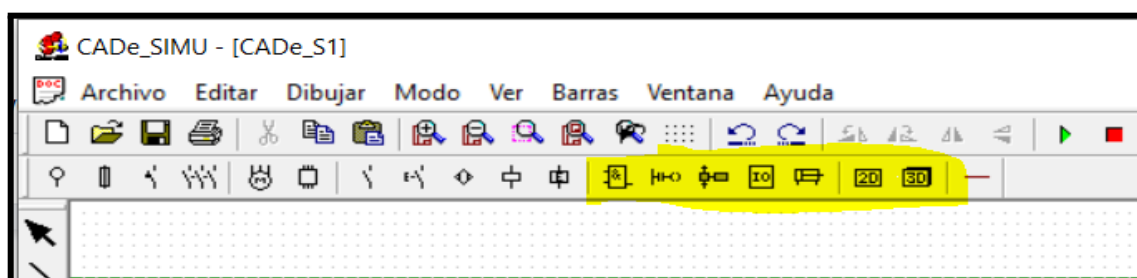


Las distintas categorías podemos se muestran en la siguiente imagen.



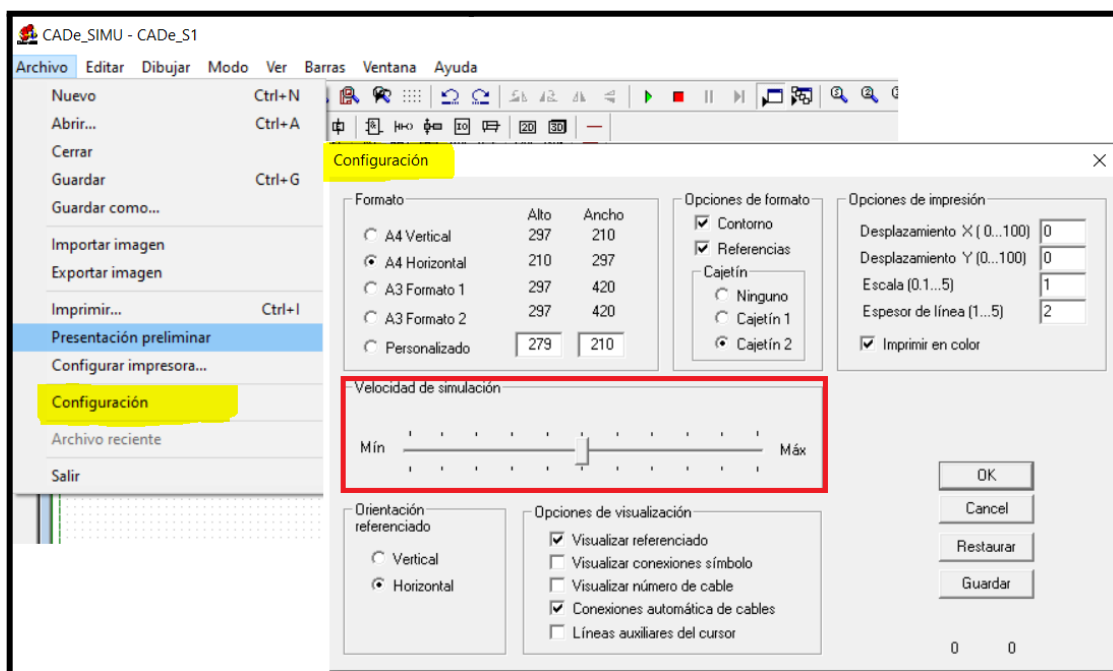
Pasando el cursor por encima del componente, nos aparecerá una descripción. Para instalarlo bastará con pulsar sobre él y desplazar el cursor hasta el área de dibujo.

En línea con los diferentes componentes tenemos las opciones para realizar los esquemas de puertas lógica, Ladder, Garfcet, Entradas/Salidas donde encontramos PLC's, actuadores neumáticos y algunos de los componentes en diseño 2D y en 3D.

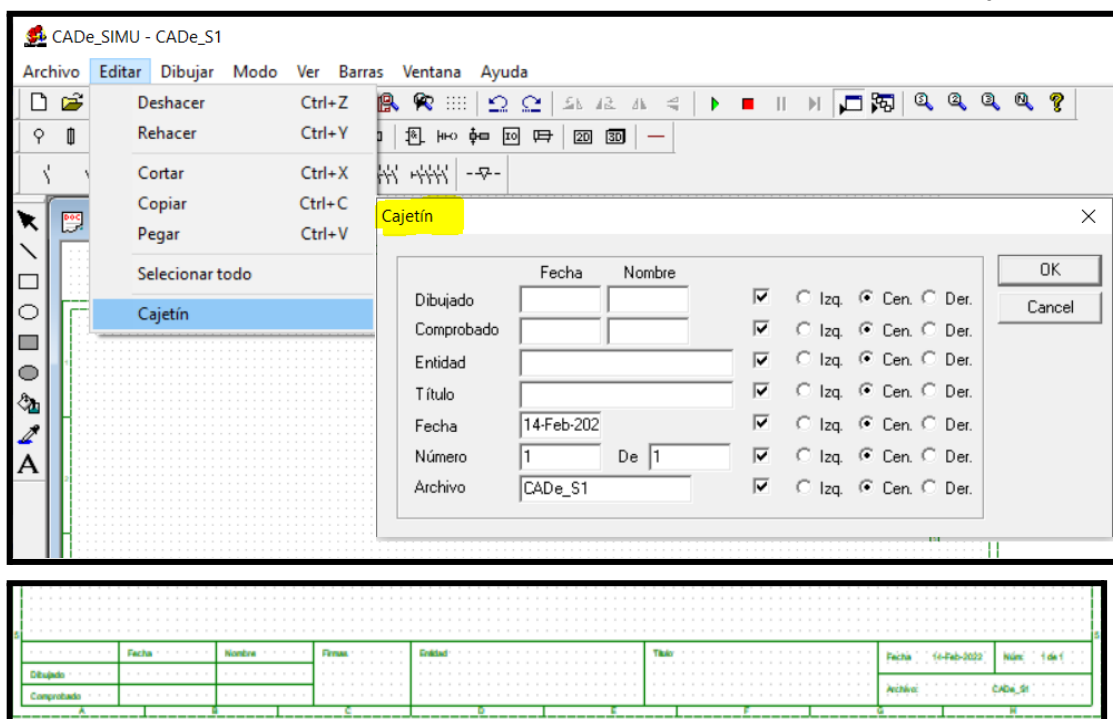


Pulsando en Archivo y sobre menú de configuración editamos las principales opciones del programa, como el tamaño de la hoja, el grosor de las líneas, el tipo de cajetín y las opciones de impresión y simulación.

En velocidad de simulación conviene subirla ya que el programa es bastante lento simulando.



Desde el menú de edición podemos insertar los datos del esquema en el cajetín.



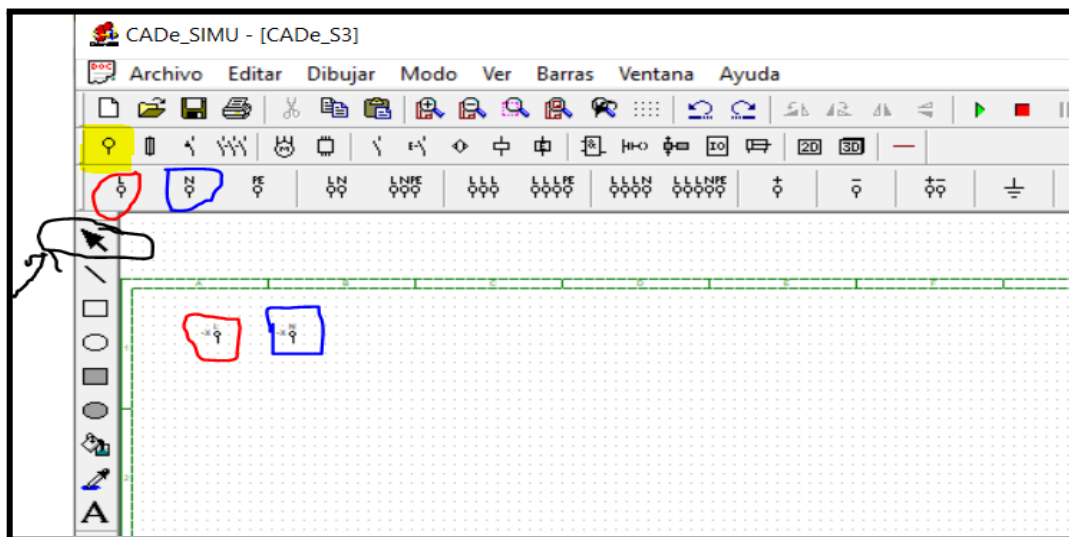
Realizaremos un esquema de un encendido y apagado de una bombilla para explicar el funcionamiento del programa.

Práctica-Encendido bombilla 1

Como es un simulador de funcionamiento es necesario alimentar y conectar correctamente todos los componentes para que la simulación funcione.

Necesitamos la alimentación eléctrica, los pulsadores de encendido y apagado, una bombilla y un PLC.

Seleccionamos cada componente y lo situamos en la zona donde lo queremos insertar y lo identificamos en el esquema.

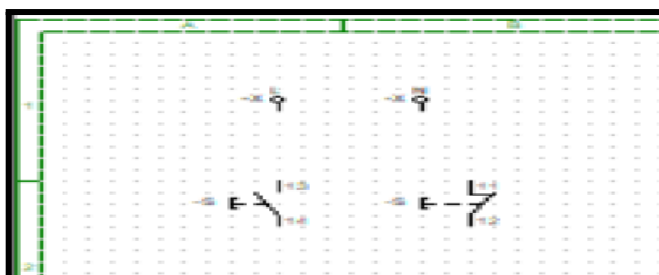
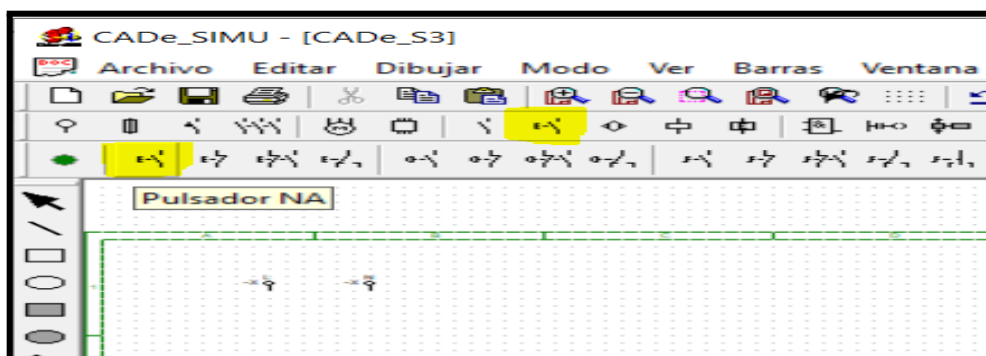


Hemos seleccionado alimentación  y alimentación fase y alimentación neutro.

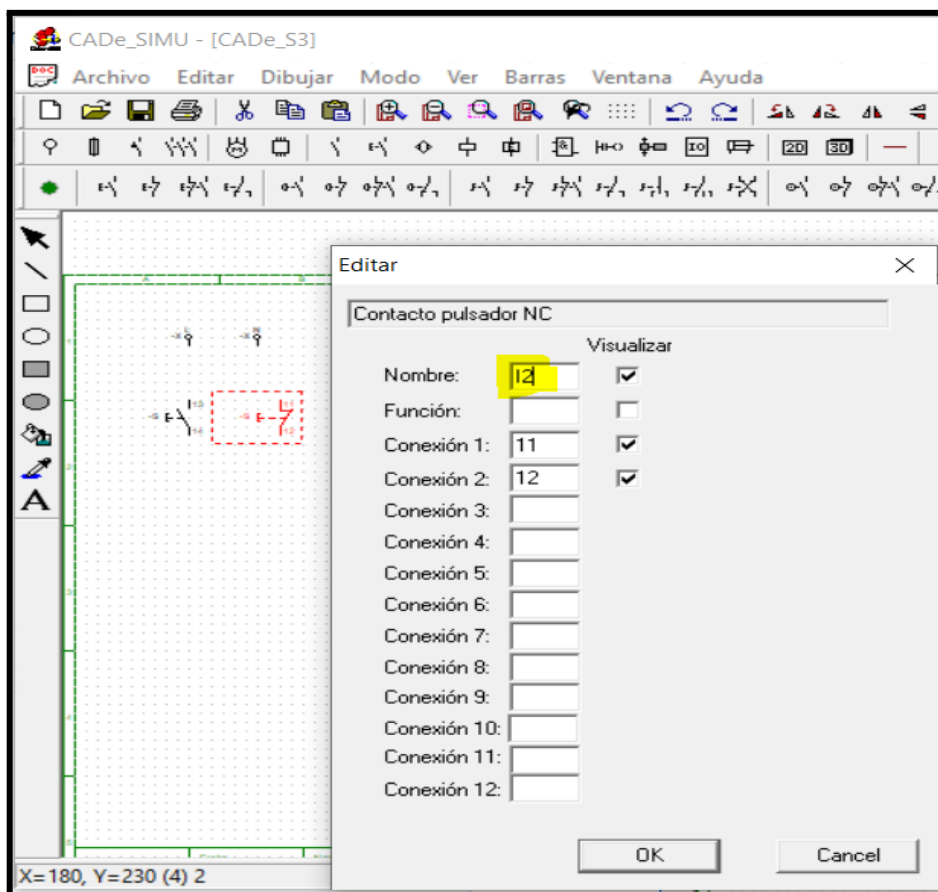


Lo primero que se debe considerar es el tipo de estado que tendrán las entradas, para este caso voy a considerar el pulsador VERDE como Directo o Normalmente Abierto (NA) y el pulsador ROJO como Negado o Normalmente Cerrado (NC).

Buscamos la categoría de Accionamientos y elegimos un pulsador NA y otro NC.

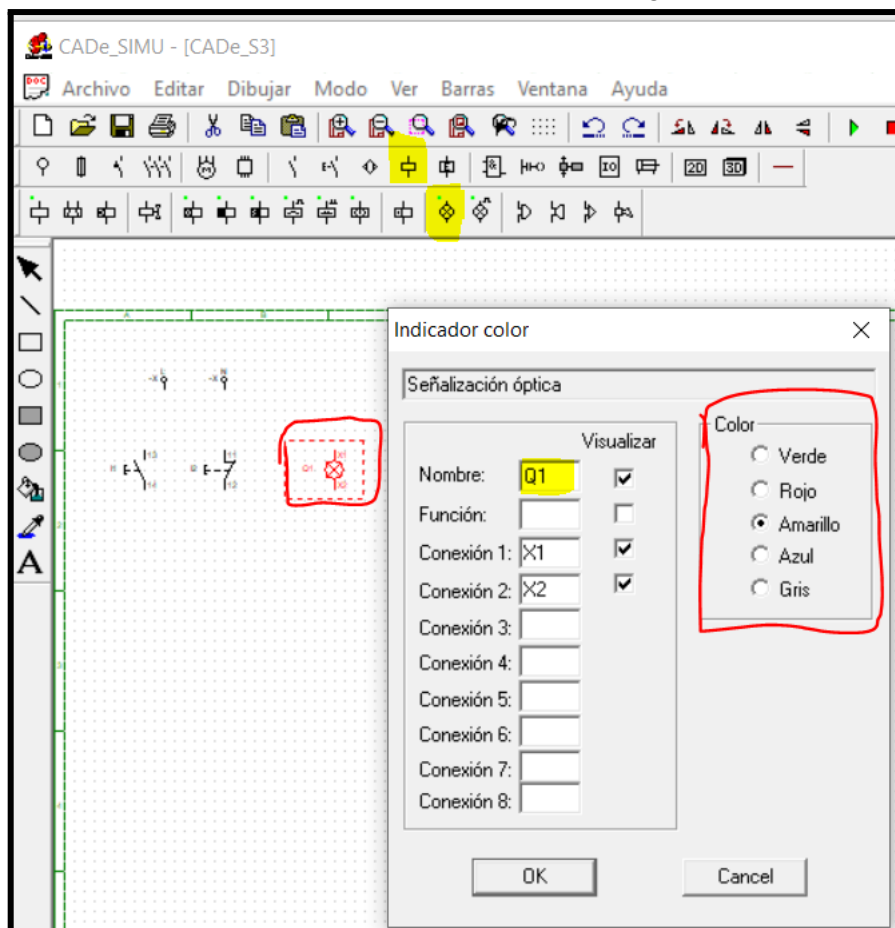


Haciendo doble clic sobre un componente podemos editarlo. El nombre del componente es muy importante, ya que todo lo que esté identificado con el mismo nombre actuará de modo simultáneo.

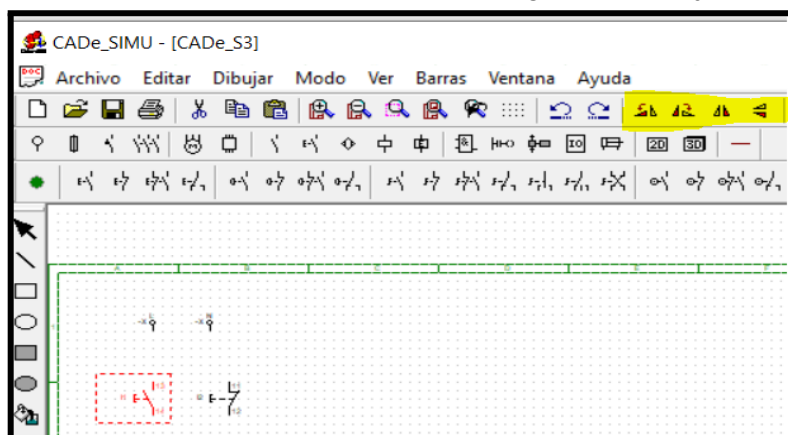


El pulsador VERDE está conectado a la entrada **I1** y el pulsador ROJO a la entrada **I2** del PLC, la bombilla va a estar conectada a la salida **Q1**.

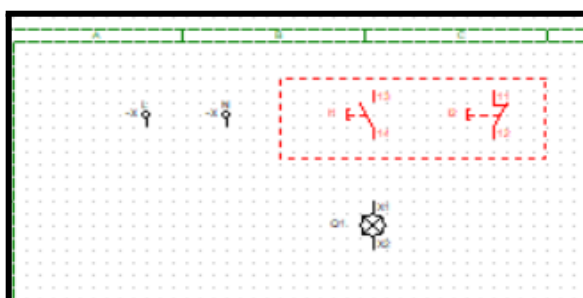
En el piloto de señalización al editar podemos elegir el color de la señal.



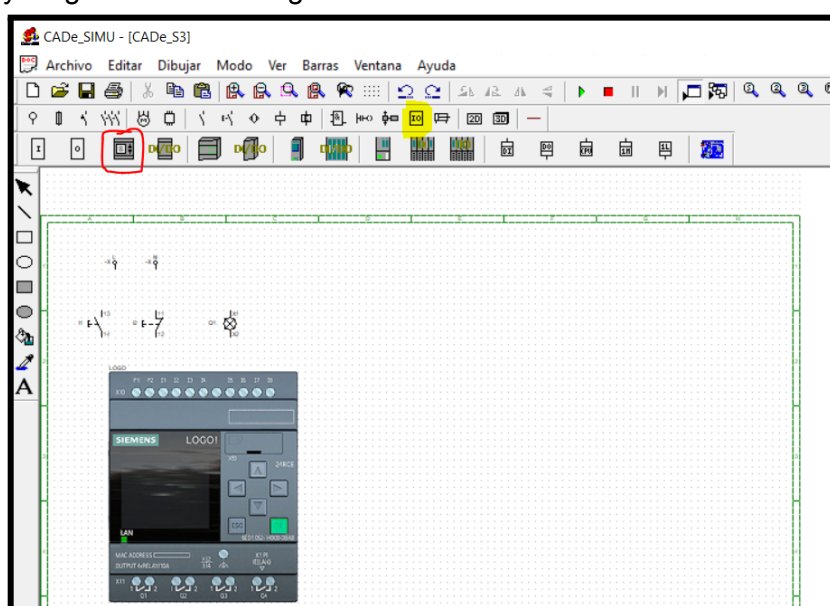
Seleccionado un componente podemos girarlo o reflejarlo.



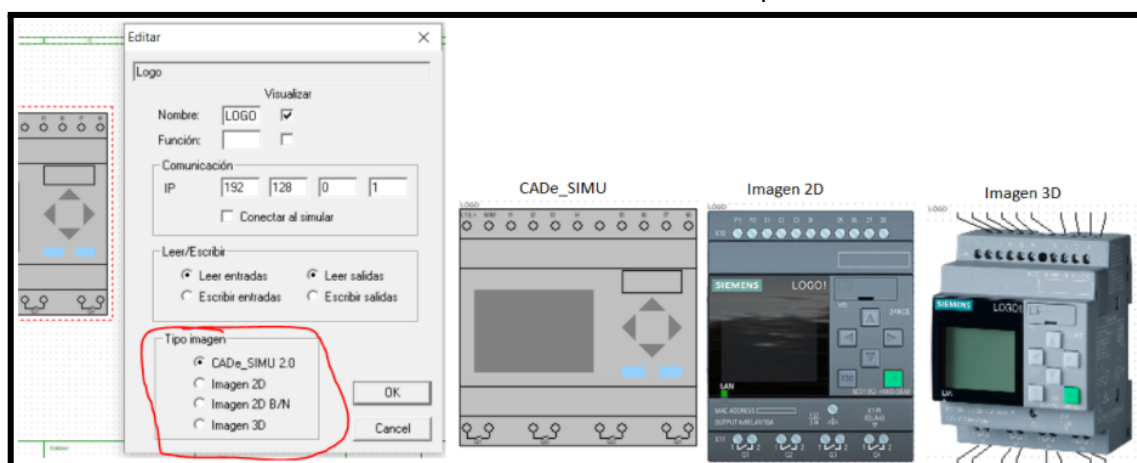
Seleccionando varios componentes podemos moverlos todos a la vez.



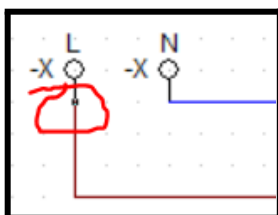
Ahora insertamos un PLC, en la barra de componentes seleccionamos Entrada/Salida y elegimos Módulo Lógico.



Si hacemos doble click sobre el PLC tenemos diferentes opciones de visualización.



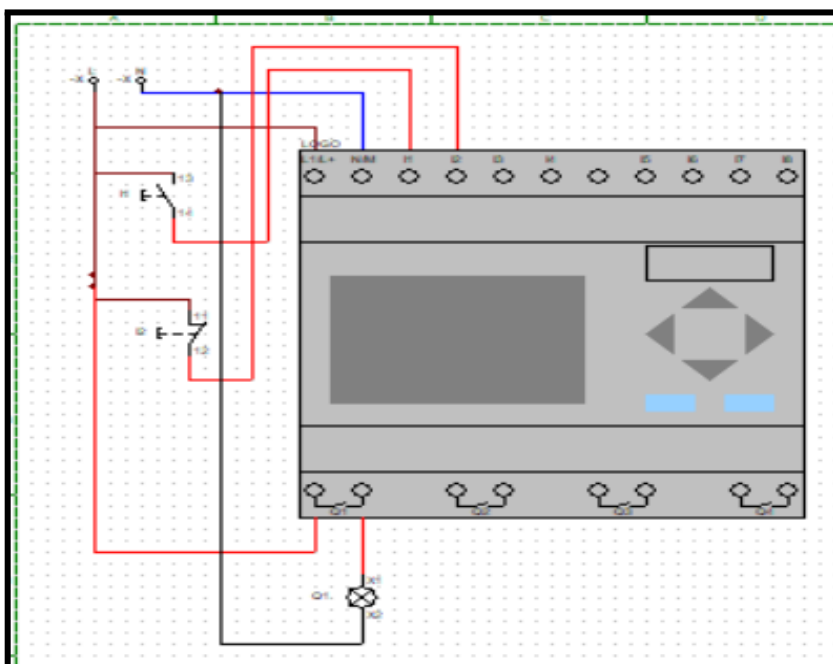
Ahora vamos a cablear, conviene hacer un zoom al área ya que es delicado.



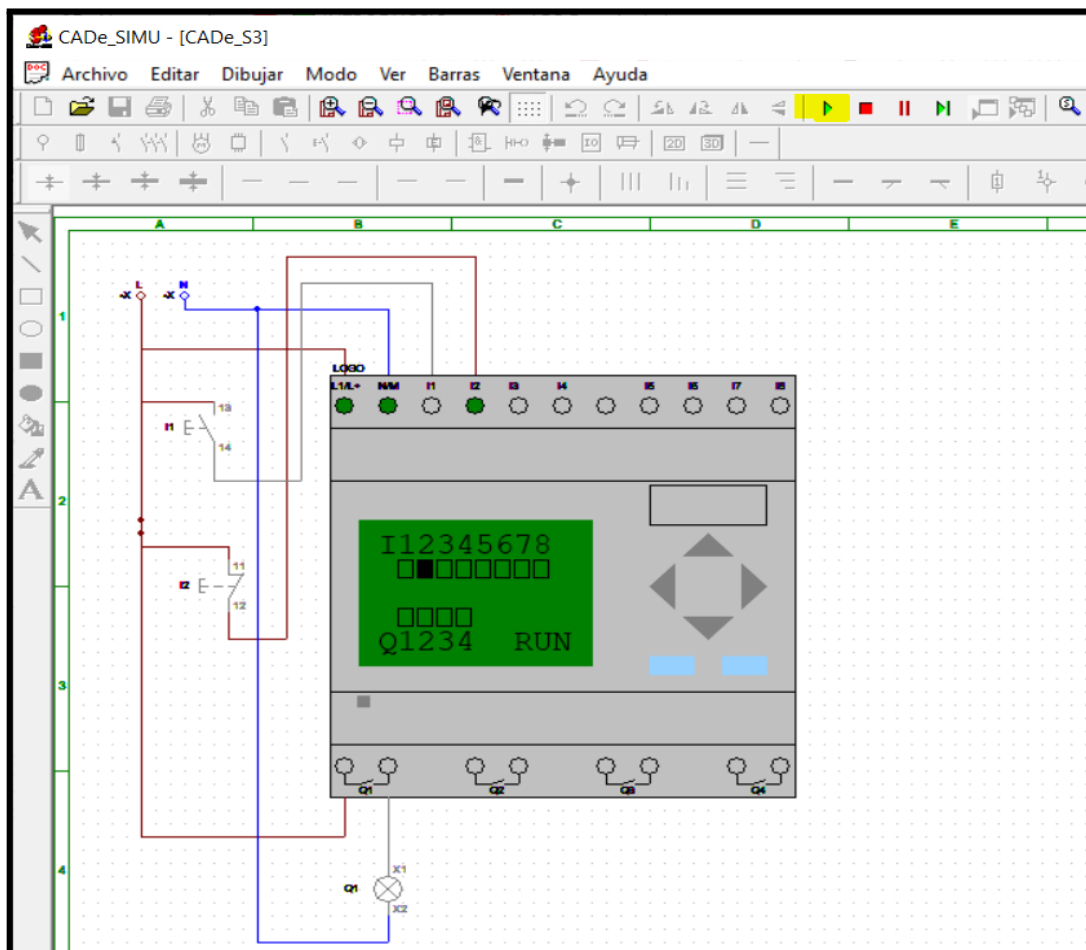
Este pequeño punto es la única indicación para cablear correctamente. Debemos ser cuidadosos, ya que si no se hace bien, la simulación no funcionará.

Cableamos todos los componentes. Cada pulsador y selector deberá conectarse a la alimentación L y a su respectiva entrada del PLC.

La lámpara se debe conectar a la conexión 2 de Q1 en este caso para cerrar el circuito con la alimentación N y conectaremos 1 de Q1 con la alimentación L.

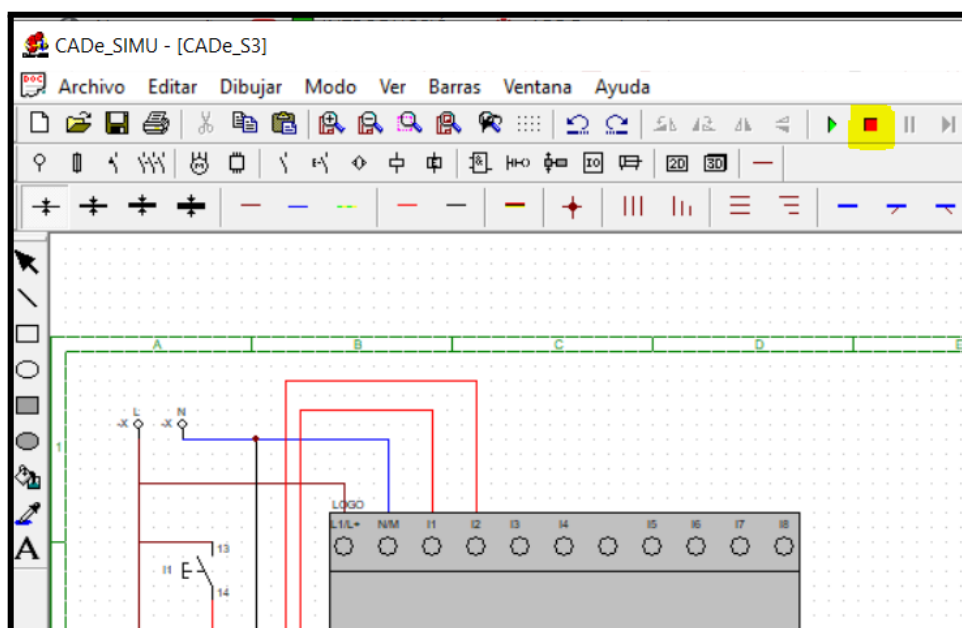


Una vez cableado todo, procedemos a activar la simulación pulsando sobre el icono.

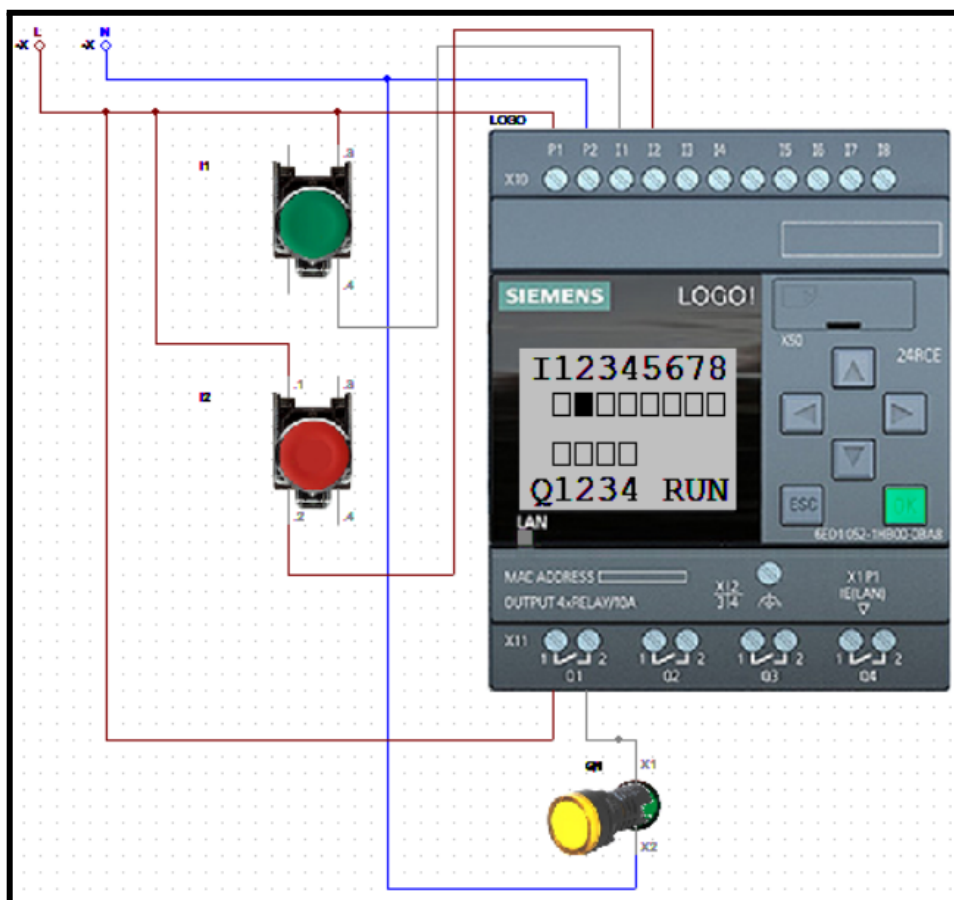


Al activar la simulación, el cableado tomará el color rojo para la fase y azul para el neutro. Vemos en nuestro ejemplo como se ha encendido el PLC y la entrada I2 está activa. Si pulsamos el mecanismo I1 se activará en el PLC.

Para parar la simulación pulsamos el icono de stop.

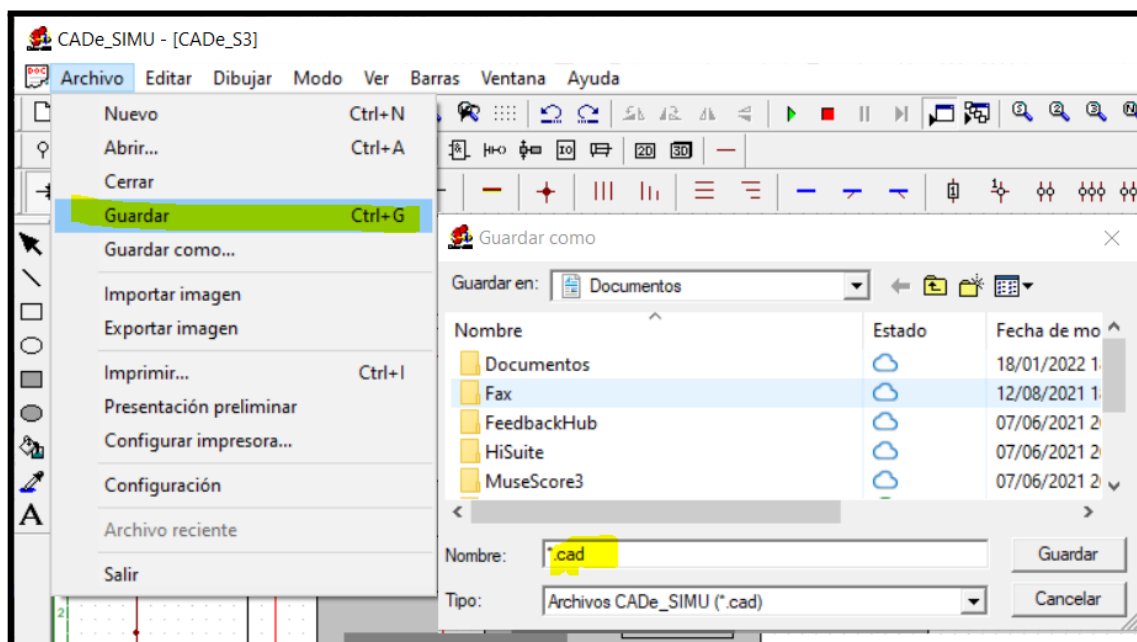


Este mismo esquema lo podemos visualizar en 3D realizando doble click sobre cada componente y seleccionando imagen 3D.



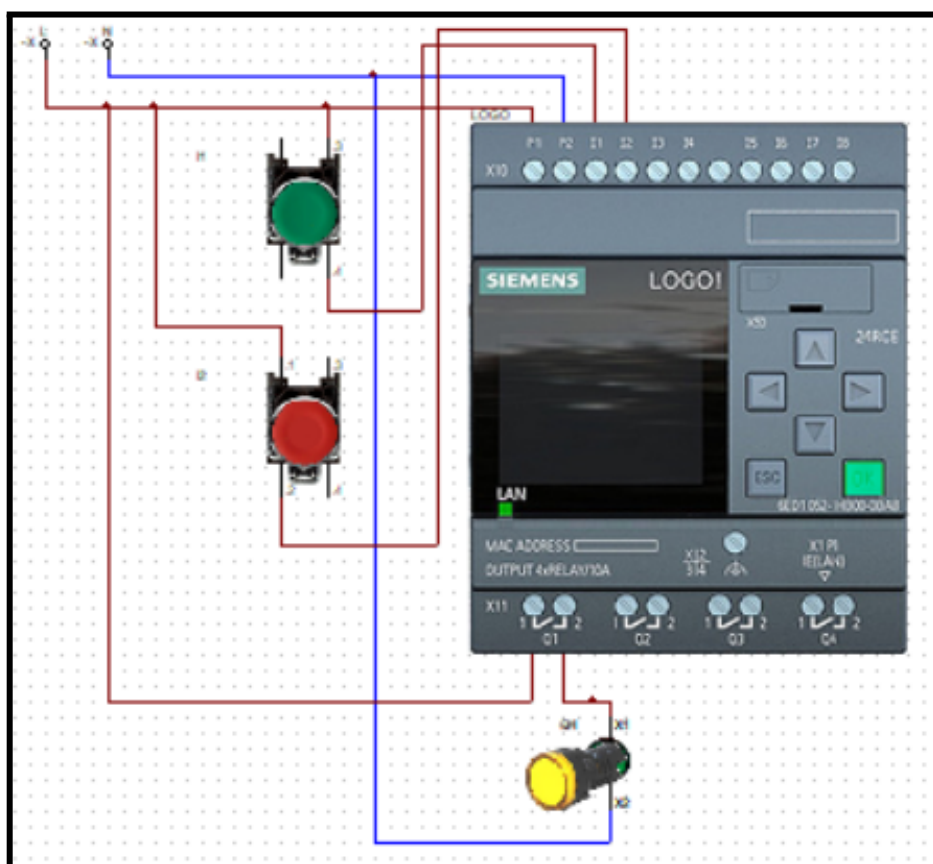
Una vez finalizado el esquema, desde el menú de Archivo, vamos a guardarlo, pulsando Guardar o Guardar como.

La extensión por defecto es .CAD y debemos escribirla nosotros ya que si la borramos , el programa no la añade de forma automática.



Práctica- programación Ladder: Encendido bombilla

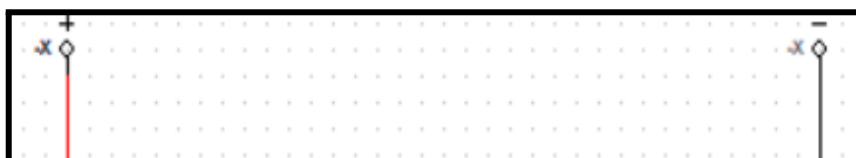
Realizaremos el diagrama Ladder para encender una bombilla al presionar un pulsador VERDE, y que este se apague al presionar el pulsador ROJO.



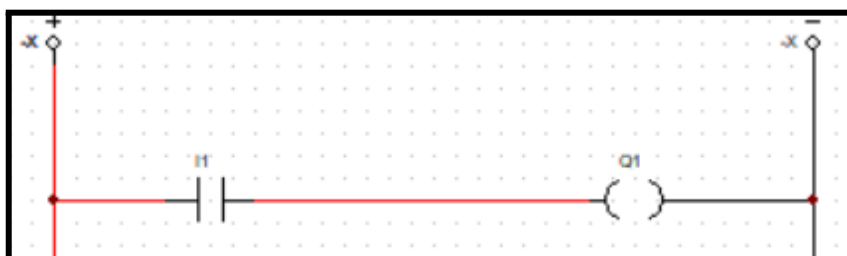
La imagen muestra la conexión de los sensores y actuadores al PLC LOGO de Siemens.

Ahora realizamos el diagrama de Ladder paso por paso.

1. Creamos las dos líneas verticales correspondientes a la corriente, polo + y -.

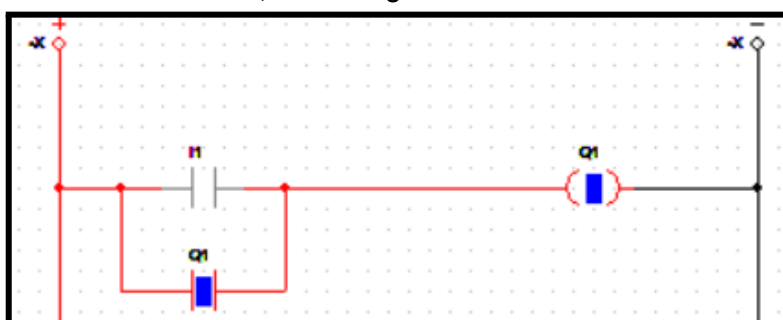


2. En el primer segmento o peldaño añadimos el pulsador verde **I1** y la bombilla **Q1**.

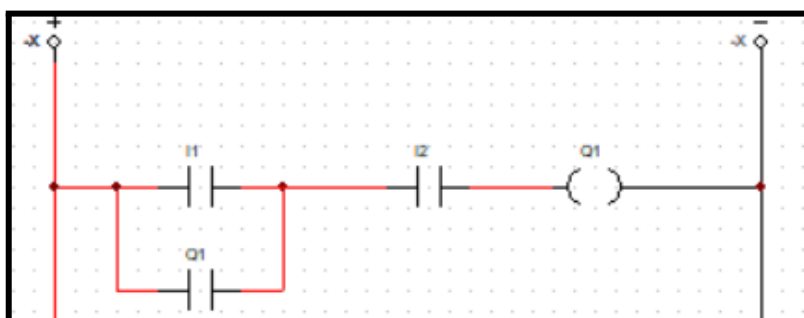


Al pulsar el botón verde se encenderá la bombilla pero al soltar se apagará, ya que lo que se manda al PLC es un pulso. Necesitamos que la bombilla se quede encendida hasta que reciba otra orden. Para ello se utiliza el enclavamiento.

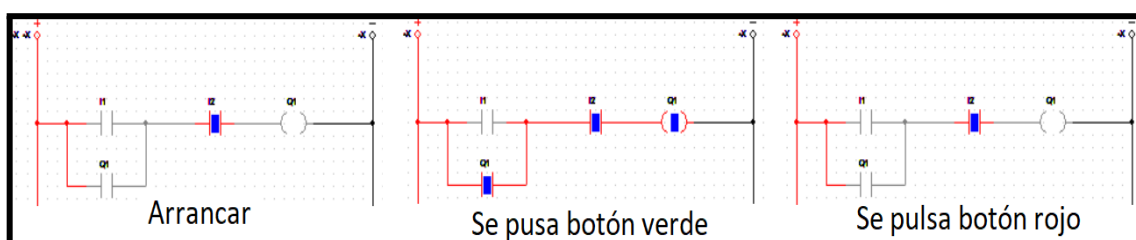
- Se coloca un contacto normalmente abierto (NA) con el mismo nombre que tiene la bombilla **Q1**, con ello garantiza el enclavamiento o autoretención



- Ahora la bombilla está encendida y no se puede apagar. Añadimos el pulsador ROJO I2, recordemos que es normalmente cerrado (NC).

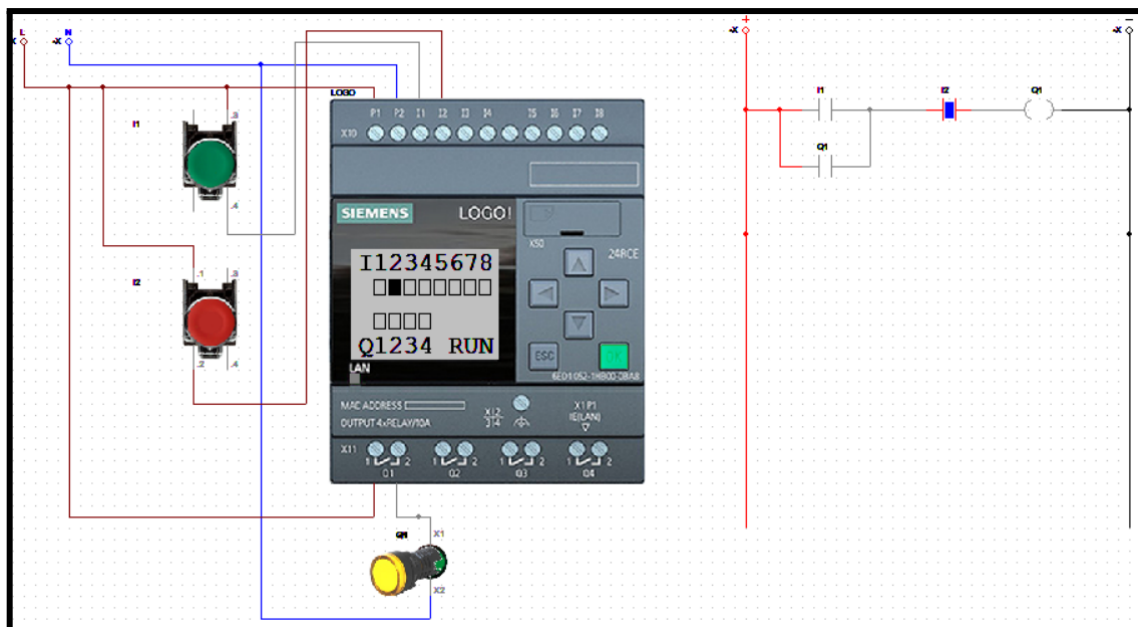


La siguiente imagen muestra la secuencia de arranque PLC, se pulsa botón verde, bombilla encendida y se pulsa botón rojo para apagar.

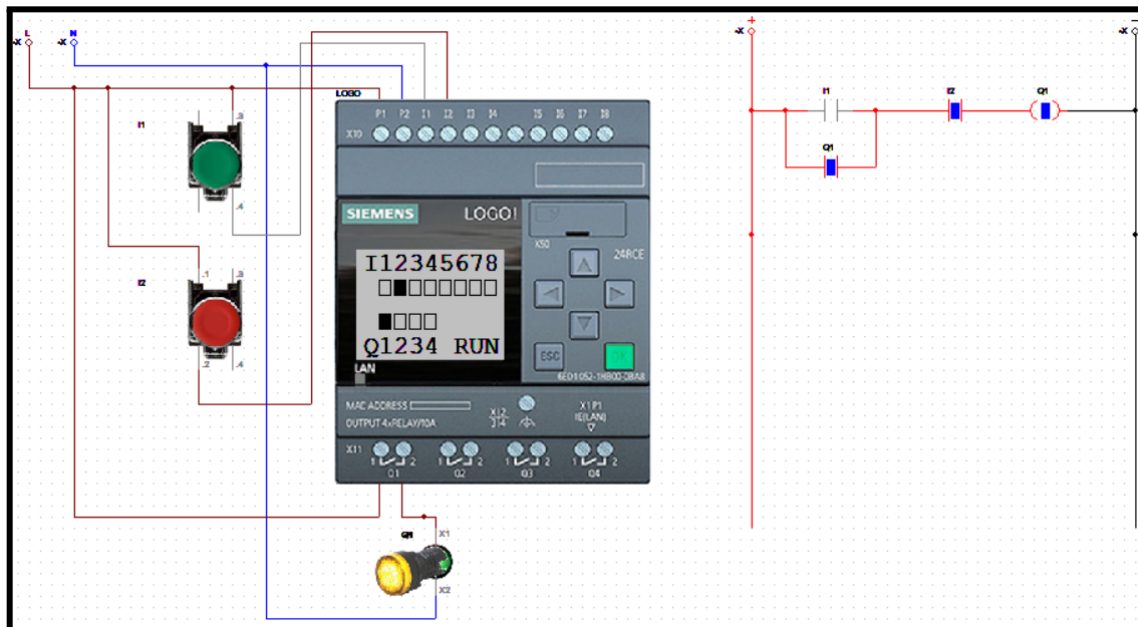


Las siguientes imágenes muestran la simulación.

Bombilla apagada



Pulso el botón verde y se enciende la bombilla.



Guía didáctica creada en el marco del Proyecto Industria 4.0

INDUSTRIA 4.0

Socios del proyecto:



Centro de estudios AEG ARROKA S.L



Muévete Gestión Integral S.L.



CES S. Ramón y Cajal



Titanium Industrial Security



HORINTEG Soluciones Tecnológicas, S.L.



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

“Financiado por el Ministerio de Educación y Formación Profesional – U.E. – Next Generation”