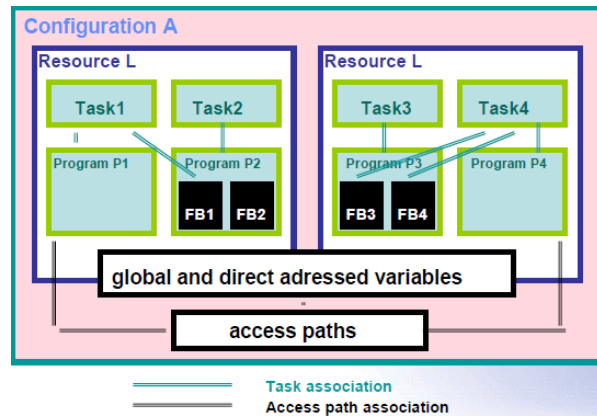
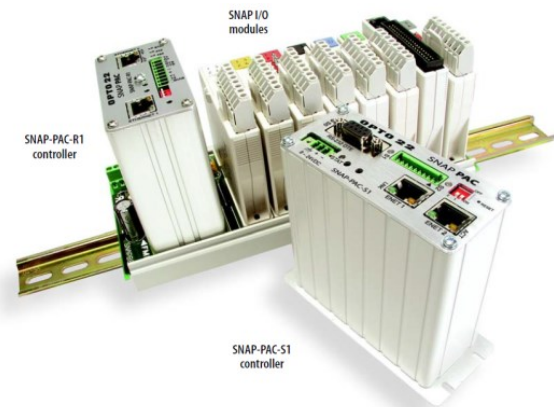


Unidad 2

Autómatas Programables de Control

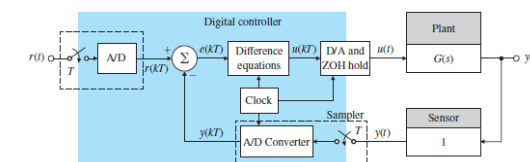
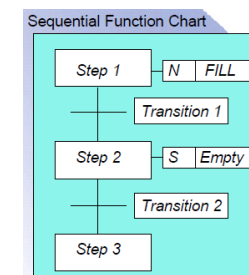
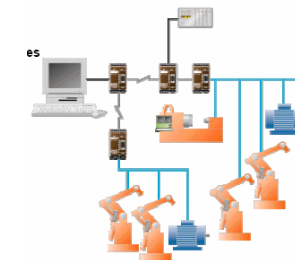
IEC 61131: Arquitecturas y Lenguajes



AUTÓMATAS y CONTROL DISCRETO

Unidades Temáticas:

- 1. Autómatas, Sistemas Discretos y Sistemas Híbridos**
Aplicaciones y Fundamentos. FSM. STATECHARTS. PETRI Nets. GRAFCET. Sistemas Híbridos.
- 2. Autómatas Programables de Control – IEC 61131: Arquitecturas y Lenguajes**
PLCs, arquitecturas. Seguridad Funcional. Entornos de desarrollo. Configuración. Lenguajes ST/ SFC.
- 3. Diseño de Sistemas de Control Secuencial con Autómatas Programables**
Métodos clásicos. Métodos sistemáticos y modernos para sistemas complejos. Aplicación.
- 4. Arquitecturas Distribuidas de Control y Comunicaciones Industriales:**
Arquitecturas distribuidas. Buses de Campo, Redes y Protocolos industriales de comunicación.
- 5. Control Discreto de Sistemas Continuos, Control Híbrido**
Sistemas muestreados. Simulación y Control. Control y Simulación Híbridos. Aplicación.



AUTÓMATAS y CONTROL DISCRETO

2. Autómatas Programables de Control – IEC 61131

A. Arquitecturas y Funciones (IEC 61131-1)

- Controladores Programables: Concepto, Componentes y Arquitecturas Básicas. Sistemas.
- Estructuras de Hardware y Software. Ejecución en Tiempo Real. Entornos. Selección.

B. Seguridad en Sistemas de Automatización y Control

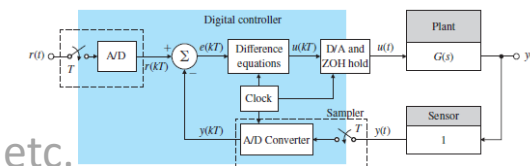
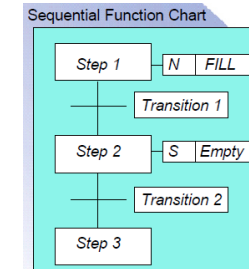
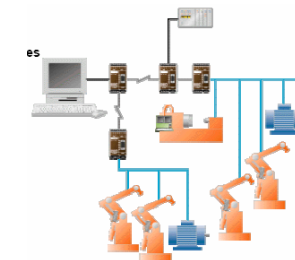
- Funciones de Seguridad ante Fallas (Safety) y ante Sabotajes (Security).
- Sistemas de Protección y Seguridad. Seguridad Funcional Integrada.

C. Entornos normalizados y Lenguajes de Programación (IEC 61131-3)

- Entornos Integrados de Desarrollo (IDE). Elementos Comunes: Datos, Recursos, Tareas. POU's. Lenguajes básicos: LD (Ladder Diagrams), FBD (Bloques de Función).
- Lenguaje ST (Texto Estructurado). Lenguaje SFC (Diagramas Funcionales Secuenciales).

D. Aplicaciones. Buenas Prácticas de Programación y Configuración

- Uso de Entornos de Desarrollo. Creación de un Proyecto. Configuración de Hardware.
- Estructura de Software. Uso de CODESYS, TIA Portal, etc. Recomendaciones: PLCopen, etc.



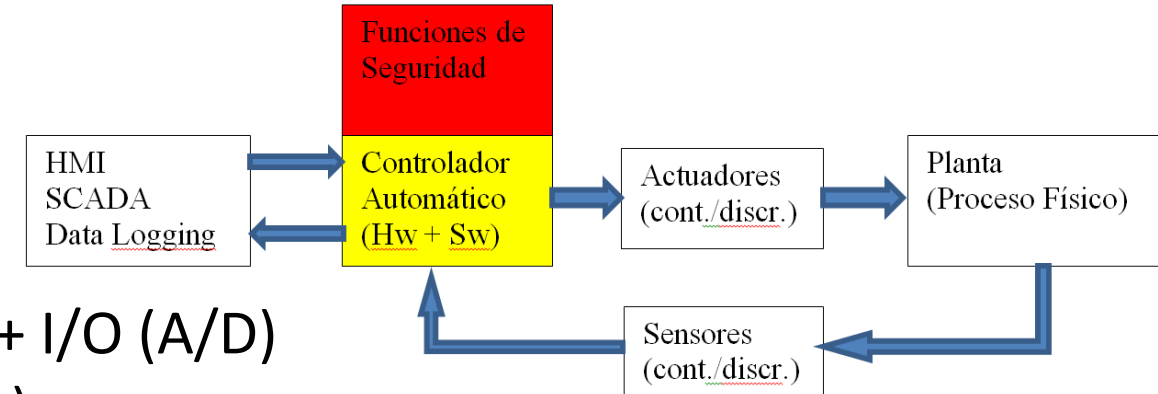
Sistemas de Automatización y Control Industrial

Estructura Conceptual

Controlador Automático: (Hardware + Software)

Autómata Programable de Control (PLC, PAC)

- Procesador digital + Memoria + Comunicaciones + I/O (A/D)
- **Arquitectura:** Centralizada o Distribuida (Remoto)



Funciones de CONTROL → Objetivo: **Desempeño**, dentro de Condiciones Normales

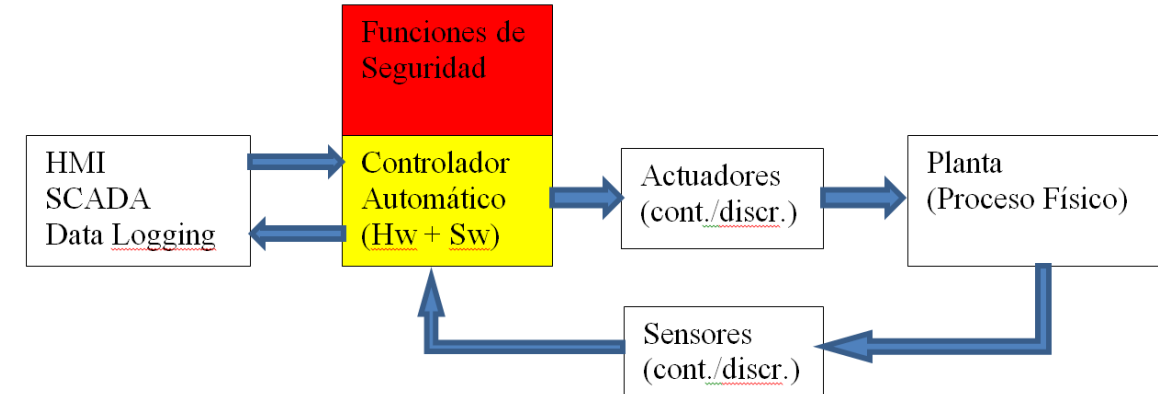
- **Control a Lazo Cerrado (Continuo):** Retroalimentado (FBK) / en avance (FFW)
(implementación digital en **tiempo discretizado**, datos muestreados)
- +
- **Control Supervisor (Secuencial),** Autómata **Discreto** activado por **Eventos** (FSM): Modos de Operación, Diagnóstico de Estado y Monitoreo de Fallas, etc.

Funciones de SEGURIDAD → Objetivo: **Protección**, hacia Estado Seguro ante Fallas
(cadena de Emergencia cableada vs. sistema integrado de seguridad)

Sistemas de Automatización y Control Industrial

Estructura Conceptual

Controlador Automático: (Hardware + Software)
Autómata Programable de Control (PLC, PAC)



PLANTA a Controlar, caracterizada por:

- Nivel de **Complejidad**: pocas o muchas variables físicas a vigilar y controlar.
- **Variables** físicas (no eléctricas): continuas (analógicas) o binarias (on/off) → sensores/interfase – **Controlador** – actuadores (lazo cerrado o retroalimentado).

2 tipos o clases de Plantas → distintos requerimientos de Controlador: Compacto vs. Modular

- **PRODUCTOS o MÁQUINAS Industriales**: una función determinada → **seriados**, bajo costo relativo, no cambian mucho durante vida útil → **PLC Compacto, Controlador Embebido, etc..**
- **PROCESOS Industriales**: conjunto de operaciones o máquinas coordinadas (fabricación o montaje) → a medida, alto costo relativo, cambios durante vida útil (mejoras, actualizaciones) → **PLC Modular**.

IEC: International Electrotechnical Commission

- **The world of IEC:** An animated video that shows the **breadth and scope of IEC work**. The crucial role of International standards and Conformity assessment in making the world **safer and more efficient**.
<https://youtu.be/mrh3gnHBo9Y> (Video 1:27 min - 2020-08)
- **The importance of IEC International Standards:**
A look at the importance of IEC standards throughout "The Electric Century".
<https://www.youtube.com/watch?v=0Byh7VLHGDY> (Video 6:38 min)



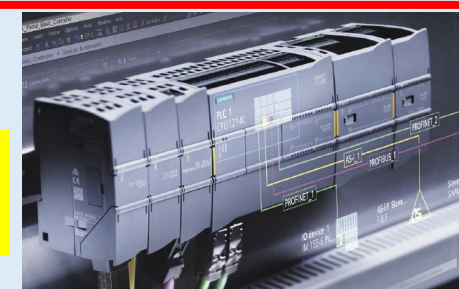
<https://www.electropedia.org/> IEC 60050 - **ELECTROPEDIA: Electrotechnical Vocabulary**

<https://www.electropedia.org/>

Algunas Normas IEC (IEC Standards) de **aplicación en AyCD:**

- **IEC 60848: GRAFCET Specification Language for Sequential Function Charts.**
Preparado por IEC Technical Committee TC 3 Documentation, graphical symbols and representations of technical information
- **IEC 61131: Programmable Controllers (Parts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).**
Preparado por IEC Technical Committee TC 65/SC 65B Measurement and control devices

Etc...

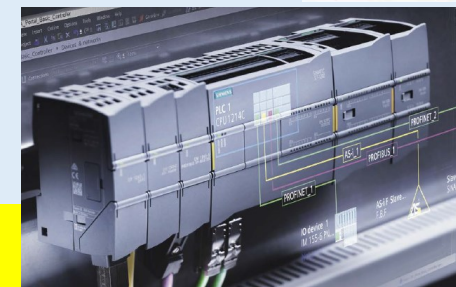


IEC: International Electrotechnical Commission



IEC 60050 - **ELECTROPEDIA: Electrotechnical Vocabulary**

<https://www.electropedia.org/>



- **IEC 61131: Programmable Controllers (Parts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).**

Programmable Controller: microprocessor-based controller with a programmable memory for the internal storage of user-defined instructions. [351-56-25]

Safety: freedom from unacceptable risk **to the outside from the functional and physical units** considered. [351-57-05]

Note 1 to entry: The definition of “safety” in combination with other words may gradually (as in “product safety”, “machinery safety”) or completely (as in “workers safety”, “safety belt” or “functional safety”) change. For the use of the word safety, see IEC Guide 51, Clause 4. [ISO/IEC Guide 2, *Standardization and related activities – General vocabulary*]

Note 2 to entry: In standardization the safety of products, processes, and services is generally considered with a view to achieving the optimum balance of several factors, including non-technical factors such as human behavior, that will eliminate avoidable risks of harm to persons and goods to an acceptable degree. [ISO/IEC Guide 2]

Note 3 to entry: In many languages other than English there is [only one word for safety and security](#).

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*, 3.1 modified – The definition has been expanded and entry notes have been added.]

(español: **seguridad para el entorno de las unidades**, f; **seguridad**, f.)

Functional Safety: part of the overall safety that depends on functional and physical units **operating correctly** in response to their inputs. [351-57-06]

Note 1 to entry: See IEC/TR 61508-0, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 0: Functional safety and IEC 61508*.

Security: freedom from unacceptable risk **to the physical units** considered **from the outside**. [351-57-07]

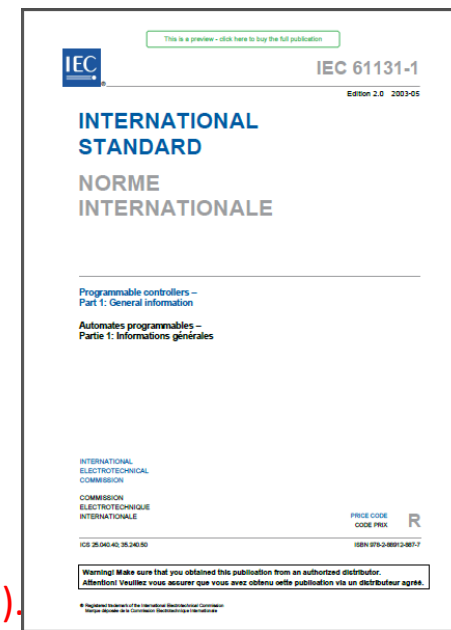
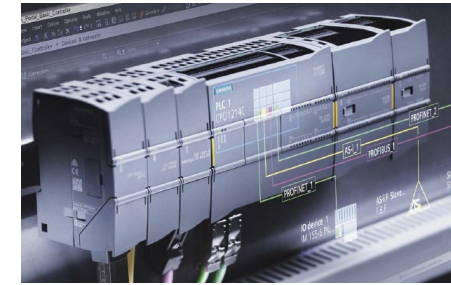
(español: **seguridad de las unidades frente al entorno**, f; **seguridad**, f.)

Note 1 to entry: In many languages other than English there is [only one word for safety and security](#).

IEC 61131: Programmable Controllers

Norma internacional sobre **PLCs/PACs y periféricos asociados**: herramientas de programación y depuración (PADTs), HMI, etc. → **control y comando de máquinas y procesos industriales**.

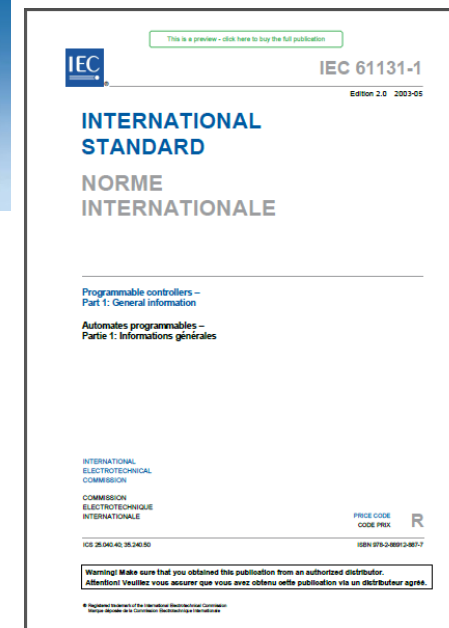
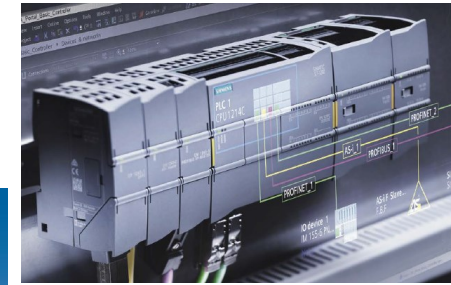
- **Part 1: General information** (Ed. 2.0: 2003-05): (STABILITY: 2028)
Definiciones, **características funcionales** principales y requerimientos mínimos para **selección y aplicación**.
- **Part 2: Equipment requirements and tests** (Ed. 4.0: 2017-08): (STABILITY: 2028)
Requisitos funcionales y de EMC/EMI, y ensayos de verificación relacionados. [para Fabricantes]
- **Part 3: Programming Languages** (Ed. 3.0: 2013-02) → **(Nueva Ed. 4.0: 2025-04)** (STABILITY: 2027)
Lenguajes textuales (IL, ST), gráficos (LD, FBD), SFC; **reglas sintácticas y semánticas**. **Elementos comunes**.
- **Part 4: User guidelines** (Ed. 2.0: 2004-07): (STABILITY: 2028)
Selección / especificación de equipamiento de PLCs. [para Usuarios]
- **Part 5: Communications** (Ed. 1.0: 2000-11): (STABILITY: 2028)
Especificación de aspectos de comunicación entre PLCs y otros sistemas.
- **Part 6: Functional safety** (Ed. 1.0: 2012-10): (STABILITY: 2028)
Requisitos Hw/Sw para FS-PLCs: PLCs aplicado a Seguridad Funcional (IEC 61508, Sistemas relacionados a Seguridad).
- **Part 7: Fuzzy-control programming** (Ed. 1.0: 2000-08): (STABILITY: 2028)
Definición de un lenguaje para programar aplicaciones de Control Difuso en PLCs.
- **Part 8: Guidelines for the application and implementation of programming languages** (Ed. 3.0: 2017-11): (STABILITY: 2028)
Guías para programación de PLCs usando los lenguajes definidos en Parte 3.
- **Part 9: Single-drop digital communication interface for small sensors and actuators (SDCI)** (Ed. 2.0: 2022-05): (STABILITY: 2028)
- **Part 10: PLC open XML exchange format** (Ed. 1.0: 2019-04): (STABILITY: 2028)
Especificación de formato de intercambio basado en XML para exportar e importar proyectos IEC 61131-3 entre distintos entornos de PLCs.



IEC 61131: Programmable Controllers

Controlador Programable ('PLC'):

- Sistema electrónico **digital** de automatización y control.
- Aplicación en ambiente **industrial**; fácil integración y uso.
- **Periferia**: D/A I/O (local o distribuida) → interfaz con planta: máquina o proceso.
- Memoria **programable** → instrucciones **orientadas al usuario**.
- **Funciones**: lógica combinacional y **secuencial**, temporización, conteo y **cálculo**.
- Opciones: Compacto vs. **Modular**



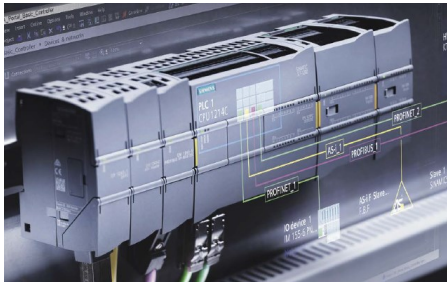
Características básicas y aplicación

- **Ambiente**: Uso normal en ambiente **industrial**
 - Grado de Protección **IP**: ingreso sólidos o líquidos;
 - Soportar calor y humedad: abierto/en gabinete;
 - Vibraciones;
 - Inmunidad a interferencia electromagnética EMI/EMC.
- **Funcionalidad** de PLC puede ejecutarse en: (**ver Catálogos**)
 - **PLC**: plataforma específica (hardware + software);
 - **PC industrial**: plataforma de propósito más gral. para ambiente industrial (con funcionalidad “**Soft PLC**”).
- **Seguridad ante averías (Safety)**: PLCs, programas y periféricos son **componentes** de Sistema de control → consideraciones de seguridad:
 - Sistema automatizado global (Seguridad funcional: **IEC 61508**, etc.);
 - PLC: riesgo de shock eléctrico e incendio;
 - Detección de errores (check paridad, diagnósticos de auto-testeo).

IEC 61131: Programmable Controllers

Controlador Programable ('PLC'):

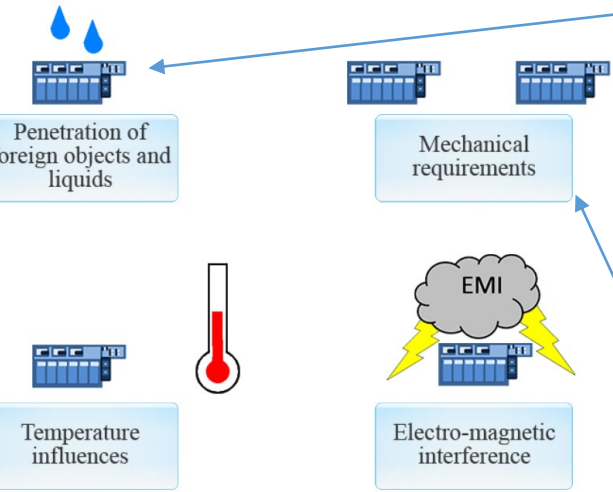
- Sistema electrónico **digital** de automatización y control.
- Aplicación en ambiente **industrial**; fácil integración y uso.
- **Periferia:** D/A I/O (local o distribuida) → interfaz con planta: máquina o proceso.
- Memoria **programable** → instrucciones **orientadas al usuario**.
- **Funciones:** lógica combinacional y **secuencial**, temporización, conteo y **cálculo**.
- Opciones: Compacto vs. **Modular**



IP 65

Selección de Componentes de PLC, etc.:

Requerimientos **Ambiente Industrial**



Grado de protección IP
(Ingress Protection Class):
[International Protection Marking]
protección frente a **ingreso de objetos sólidos/polvo** e **ingreso de líquidos** (depende de ambiente, en gabinete o envoltente ej. IP 20, IP 21, ext IP65)

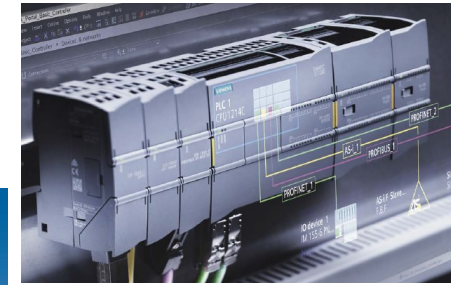
x / y	Ingress of solid objects and dust	Ingress of liquids
0	no protection	no protection
1	solid objects over 50 mm	vertically drops of water / condensation
2	solid objects over 12.5 mm	drops of water 15° from vertical
3	solid objects over 2.5 mm	drops of water 60° from vertical
4	solid objects over 1 mm	water from any direction
5	limited protection against dust	low pressure water jets
6	total protection against dust	high pressure water jets
7	N/A	short immersion in water
8	N/A	long immersion in water

Requerimientos mecánicos: Shock (golpes) y Vibración

IEC 61131: Programmable Controllers

Sistema de Controlador Programable ('PLC System'):

- Configuración de PLC necesaria para la aplicación;
- PLC + periféricos, interconectados con cables o backplane;
- Cableado permanente (Remote I/O) / temporario (terminal).



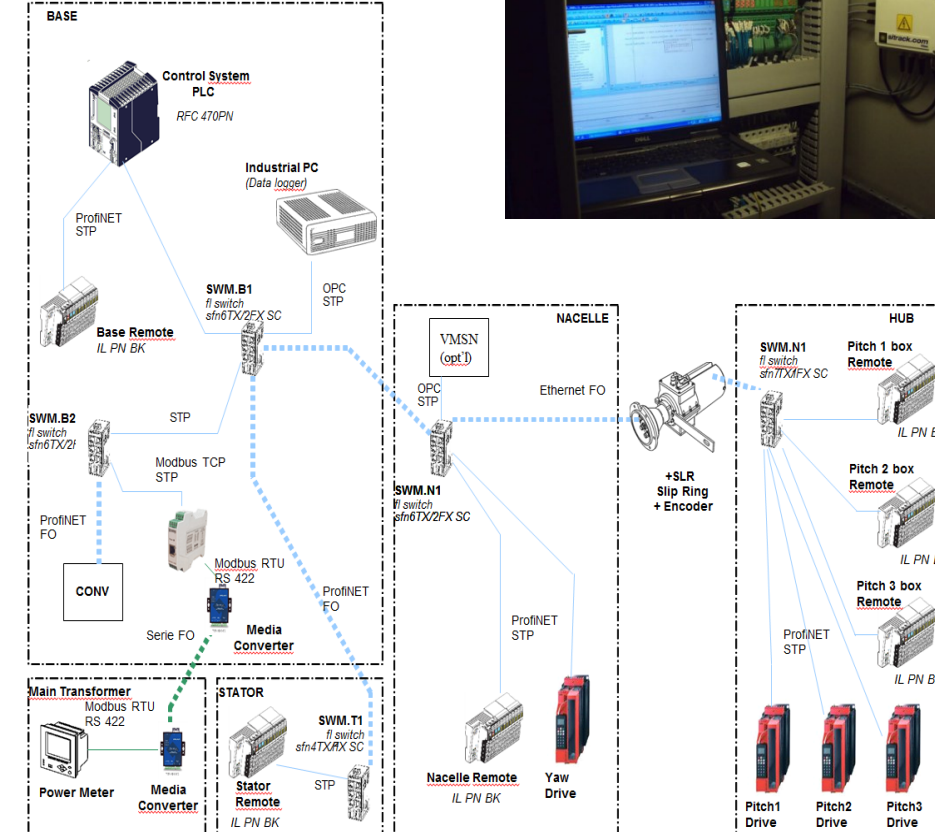
Estaciones Remotas de I/O:

- Periferia descentralizada c/interface I/O.
- Multiplexado/demultiplexado de datos.
- Comunicación subordinada a CPU.

Sistema automatizado:

Sistema de Control completo, incluye:

- **Sistema de PLC** + otros componentes;
- Red de comunicación → interconexión;
- **Arquitectura** centralizada o distribuida.
- Interfaces I/O;
- Planta o Proceso Físico.

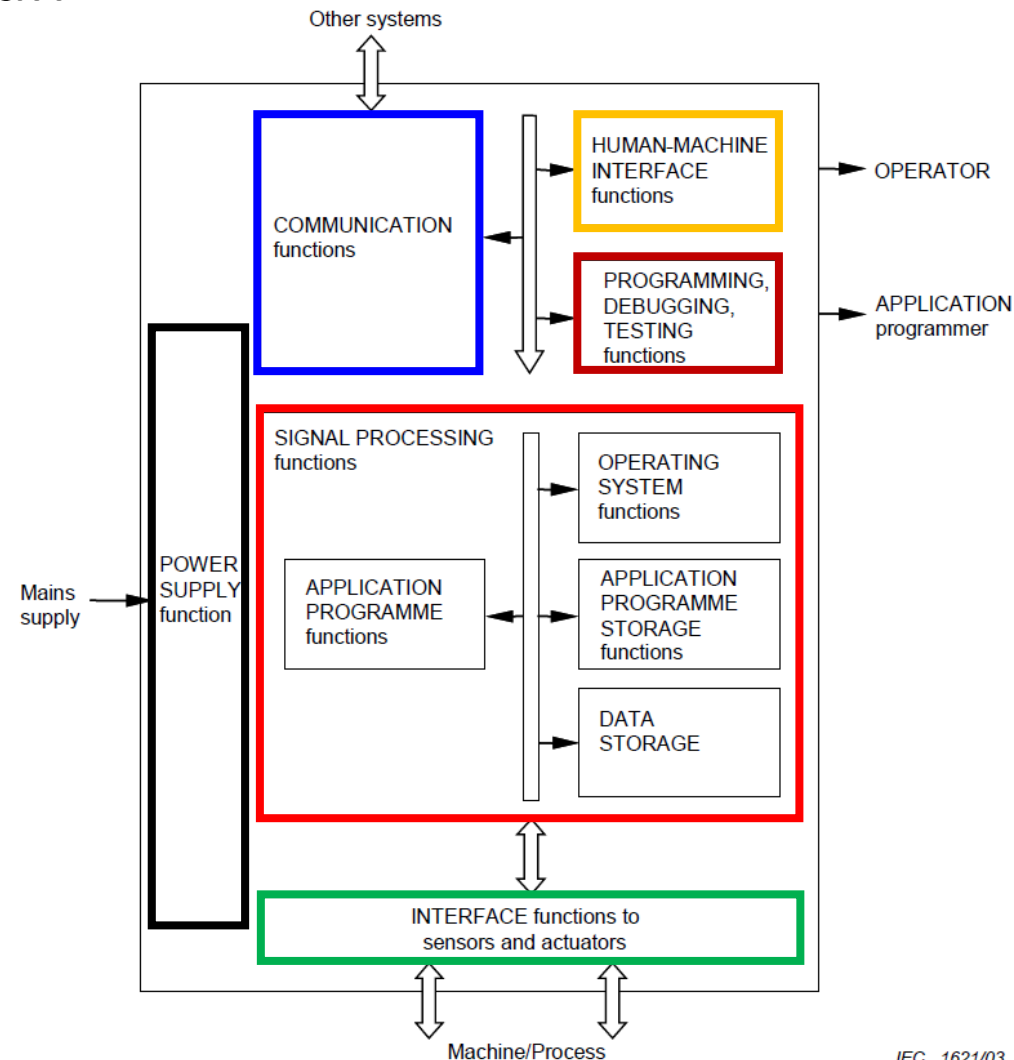


IEC 61131: Programmable Controllers

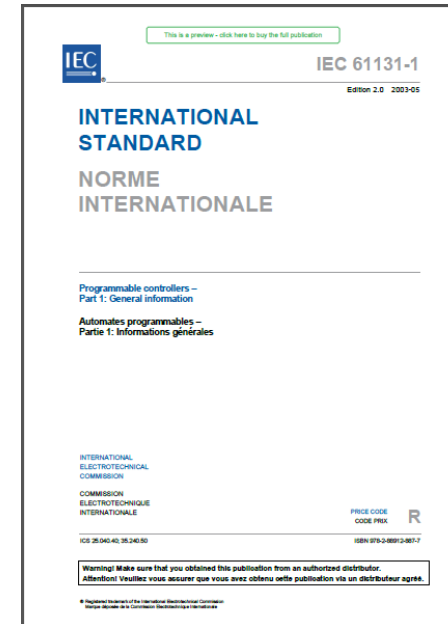
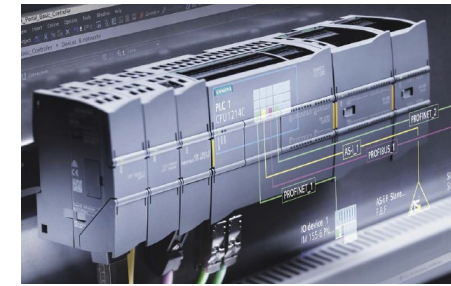
Estructura FUNCIONAL básica de un Sistema de PLC (IEC 61131-1)

Componentes funcionales: se **comunican** entre sí y con señales de la máquina o proceso.

- **CPU**: procesa señales de sensores + datos almacenados → genera señales a actuadores + datos internos (según **programa de aplicación**).
- **Interface I/O** a sensores y actuadores: Conversión y acondicionamiento de señales.
- **Comunicación**: intercambio de datos con otros sistemas.
- **HMI**: interacción con operador humano.
- **Programación y depuración**: generación y carga, monitoreo, ensayo del programa.
- **Fuente de Alimentación**: energía eléctrica para funcionamiento.



IEC 1621/03



IEC 61131: Programmable Controllers

Función de CPU:

Funciones del Programa de Aplicación:

- Control lógico (Combinacional / Secuencial),
- Procesamiento de datos y señales continuas (Cálculo),
- Interface, control de Ejecución.

Sistema Operativo: Administración de funciones internas: Diagnóstico, **Ejecución de programa de aplicación**, Comunicación.

Rearranque (Start) luego de desenergización o Detención (Stop):

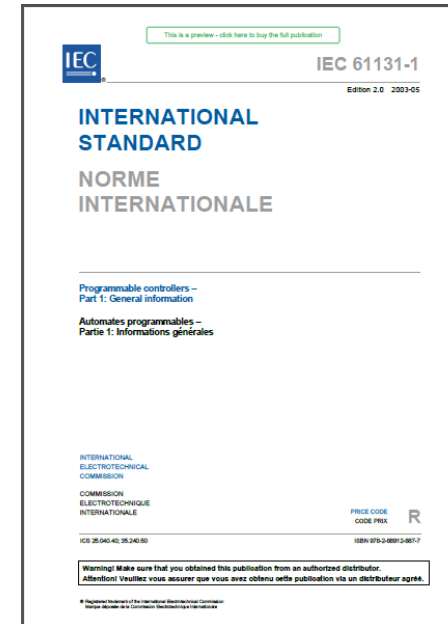
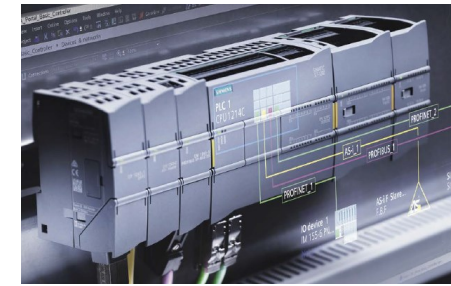
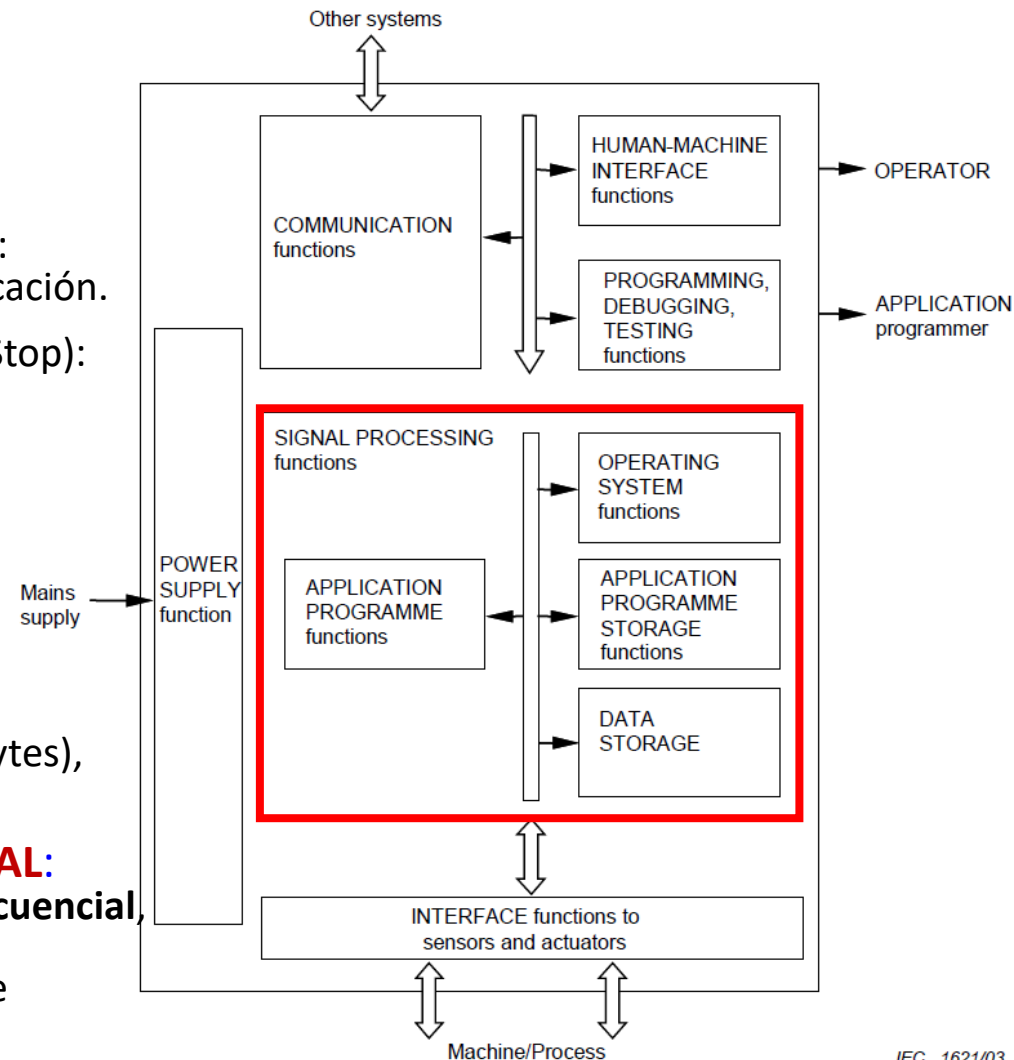
- Cold Start** (reinicialización completa);
- Warm Start** (a partir de datos remanentes predefinidos);
- Hot Start** (sin reinicializar nada).

Memoria de datos de aplicación:

- Almacenamiento del **Programa** de aplicación (instrucciones);
- Almacenamiento de **Datos** de aplicación (imagen I/O; datos internos).
- Memoria: tipo (RAM/ROM/EPROM, etc.), capacidad (kBytes), utilización.

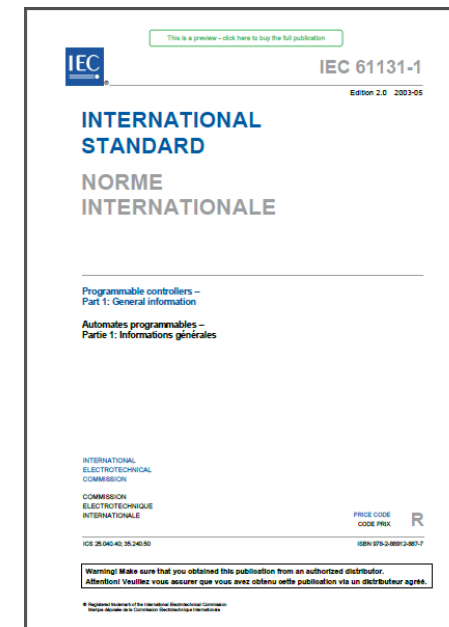
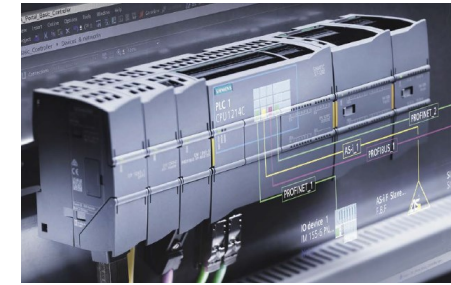
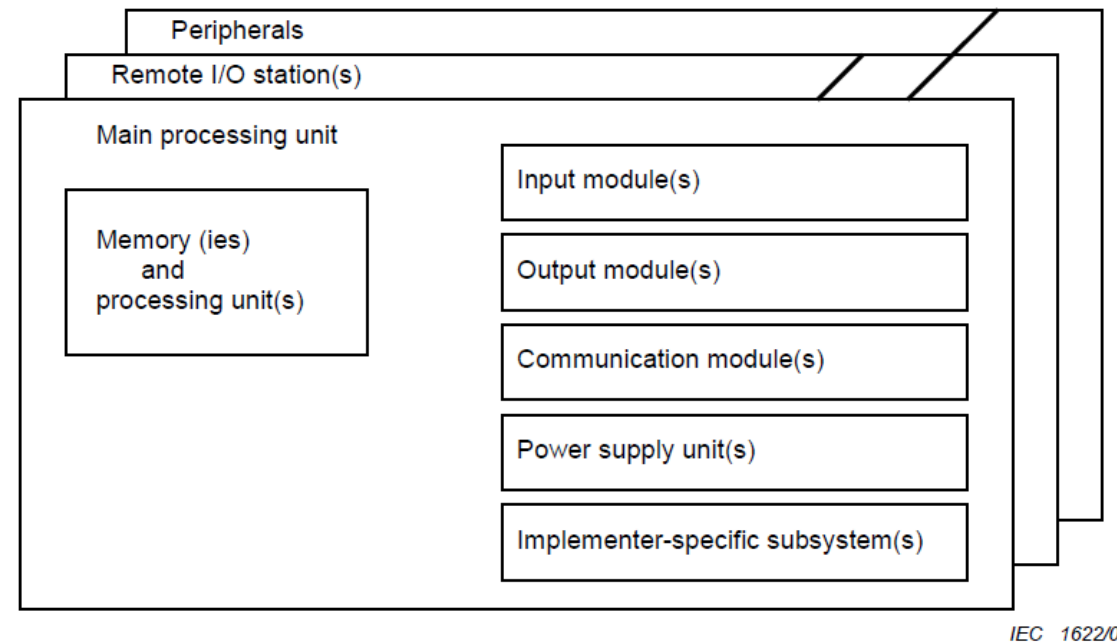
Ejecución del Programa de aplicación en TIEMPO REAL:

Una o varias (multi-) **Tareas (TASKs)** ejecutadas en orden **secuencial**, a menos que ocurra una **interrupción** de prioridad más alta. La iniciación de una tarea, periódica o debida a detección de un evento, bajo control del Sist. Operativo.



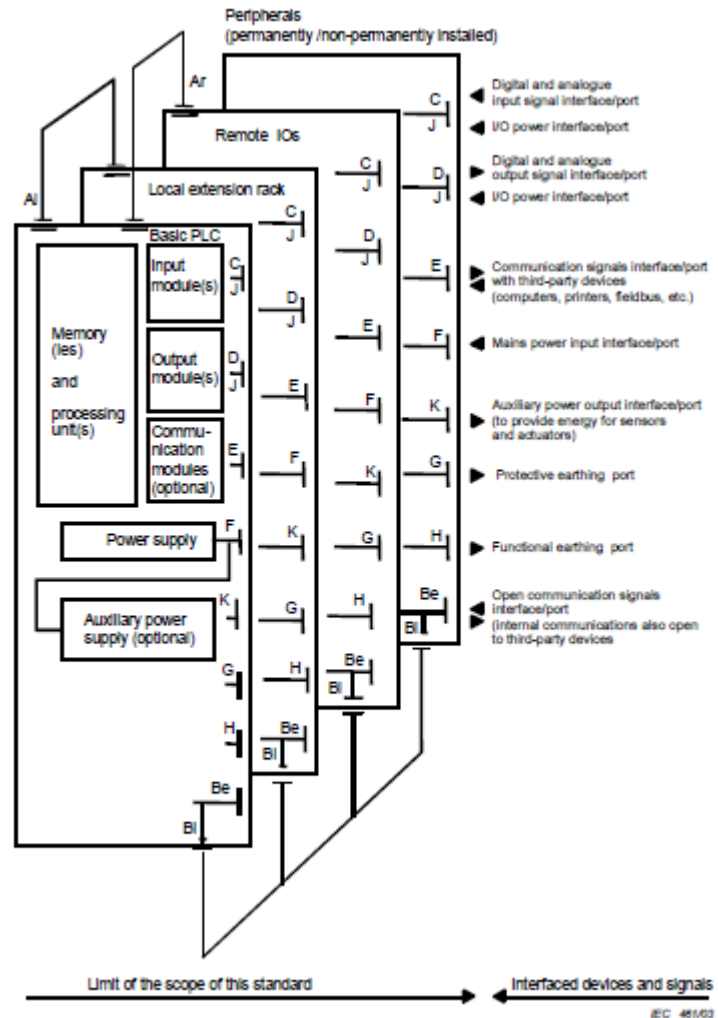
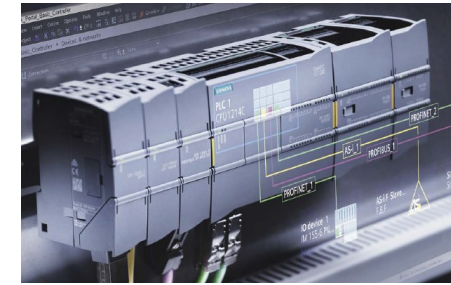
IEC 61131: Programmable Controllers

Modelo de **HARDWARE** de Controlador Programable (IEC 61131-5):



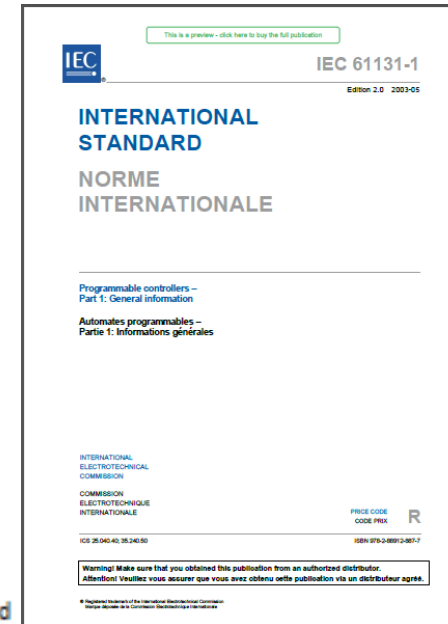
IEC 61131: Programmable Controllers

INTERFACES / PUERTOS típicos de Sistema PLC (IEC 61131-2):



Key

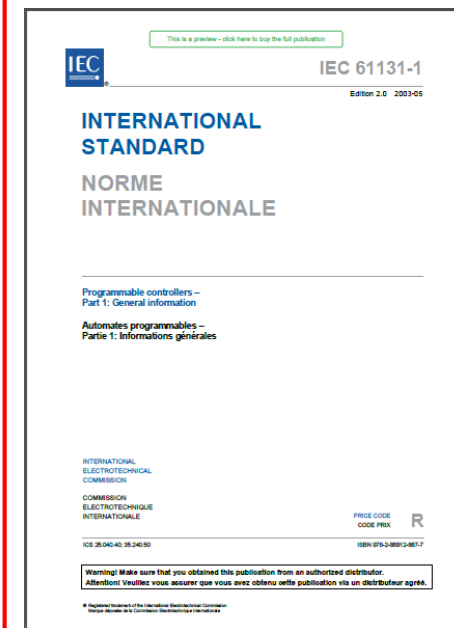
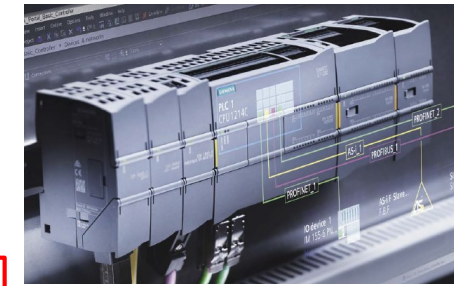
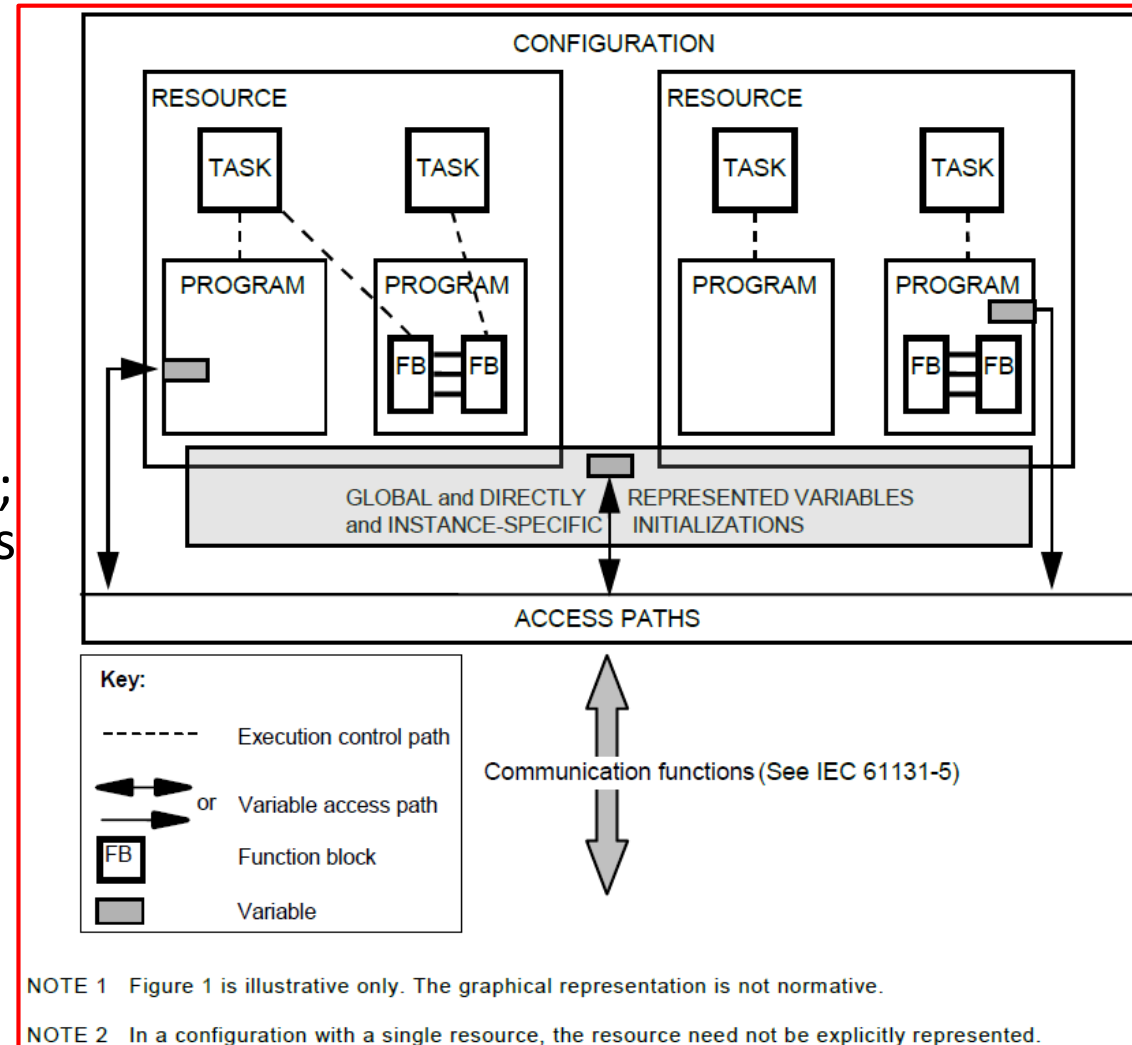
- AI Communication interface/port for local I/O
- Ar Communication interface/port for remote I/O station
- Be Open-communication interface/port also open to third-party devices (for example, personal computer used for programming instead of a PACT)
- Bi Internal communication interface/port for peripherals
- C Interface/port for digital and analogue input signals
- D Interface/port for digital and analogue output signals
- E Serial or parallel communication interfaces/ports for data communication with third-party devices
- F Mains power interface/port. Devices with F ports have requirements on keeping downstream devices intelligent during power-up, power-down and power interruptions.
- G Port for protective earthing
- H Port for functional earthing
- J I/O power interface/port used to power sensors and actuators
- K Auxiliary power output interface/port



IEC 61131: Programmable Controllers

Modelo de SOFTWARE de Controlador Programable (IEC 61131-3, Fig. 1):

- Ilustrativo (no normativo).
- Varios **recursos** (procesadores) posibles (general).
- Si configuración con recurso único → no explicitar.
- **Tareas:** unidades de ejecución
 - Asíncrona (Main Task);
 - Periódicas (multi-muestreo Ts);
 - Por Eventos: Start, Stop, Events
- **POUs:** Unidades de Organización de Programación (código)
 - **Programas**
 - **FCs** (Funciones)
 - **FBs** (Bloques de Función).



IEC 61131: Programmable Controllers

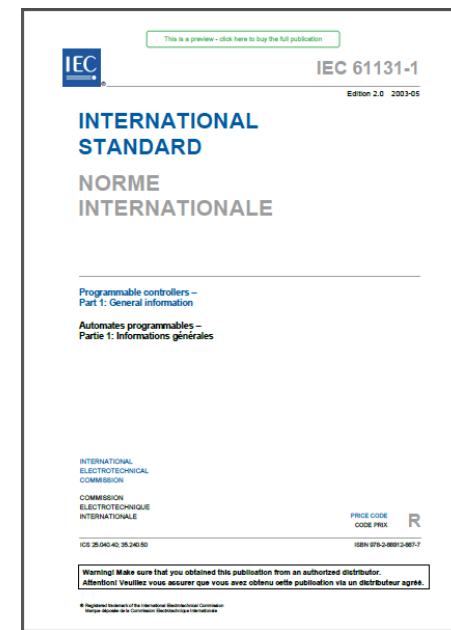
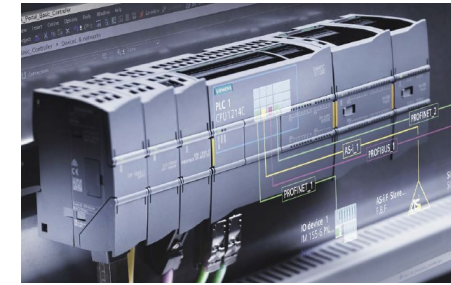
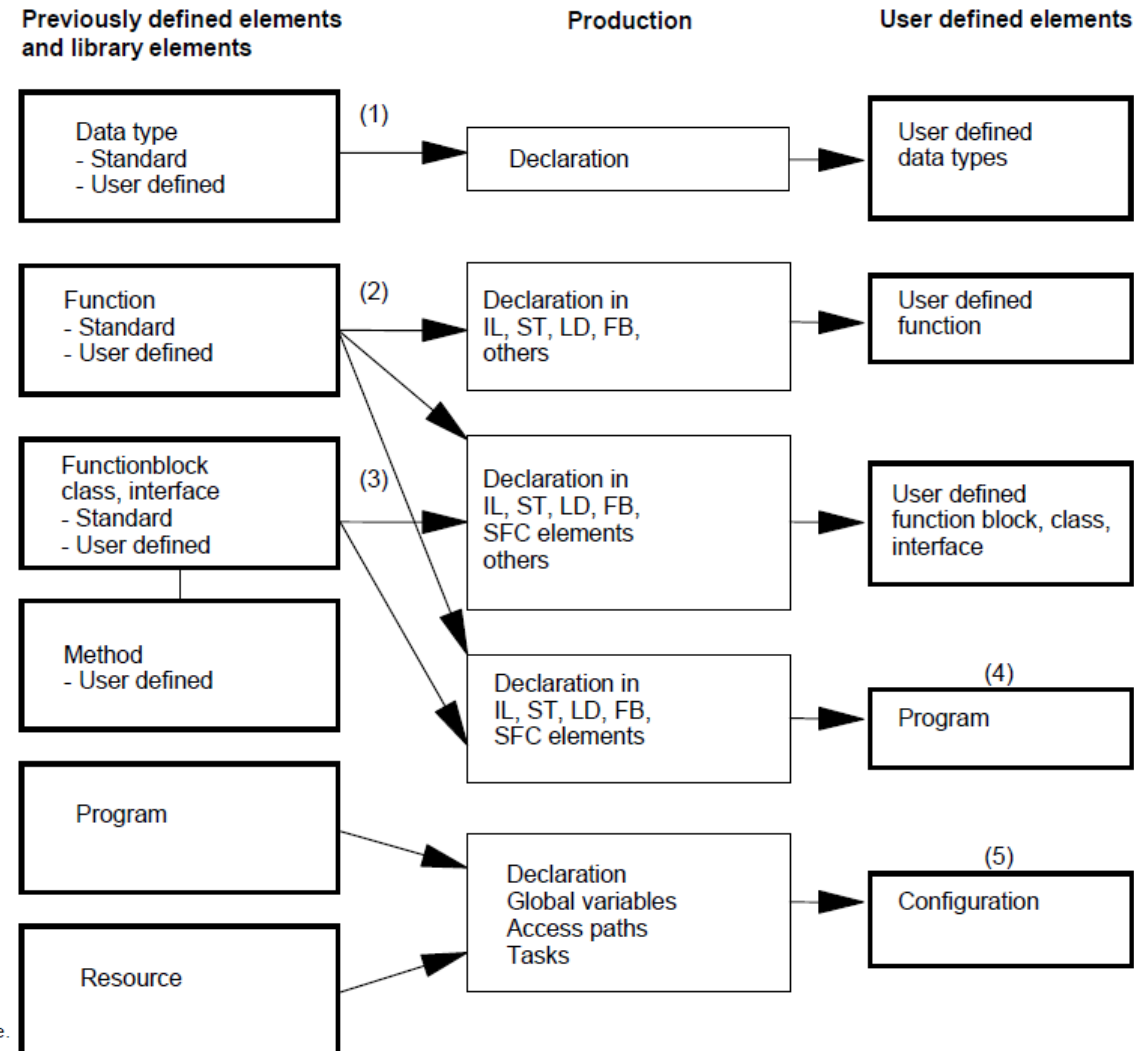
Modelo de PROGRAMACIÓN: Combinación de **Elementos de Lenguaje** (IEC 61131-3, Fig. 3):

Lenguajes Gráficos:

- **LD**: Ladder Diagram (4.2)
- **FBD**: Function Block Diagram (4.3)

Lenguajes Textuales:

- **IL**: Instruction List (3.2)
- **ST**: Structured Text (3.2)
- **OTHERS**: Other Programming Languages (1.4.3)



LD: Ladder Diagram
FBD: Function Block Diagram
IL: Instruction List
ST: Structured Text
Others: Other programming languages

NOTE 1 The parenthesized numbers (1) to (5) refer to the corresponding paragraphs 1) through 5) above.

NOTE 2 Data types are used in all productions. For clarity, the corresponding linkages are omitted in this figure.

- <https://www.se.com/ar/es/product-category/3900-pac%2C-plc-y-otros-controladores/?filter=business-1-automatizaci%C3%B3n-y-control-industrial>

- <https://new.siemens.com/ar/es/productos/automatizacion/sistemas/industrial.html>

- <https://new.abb.com/plc/programmable-logic-controllers-plcs>

- <https://www.rockwellautomation.com/en-us/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers.html>

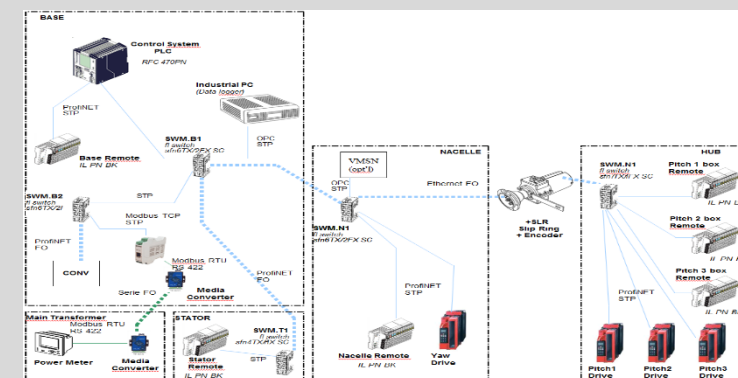
- https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ar?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/ares/web/main/products/subcategory_pages/

- <https://www.beckhoff.com/en-en/products/ipc/>

- ... Etc. (muchos otros fabricantes)

3. Identificar **características y funciones** con conceptos de norma IEC 61131-1.

A partir de **Arquitectura de PLC** para el Sist. Automatizado de la Figura, **selección** tentativa de **componentes básicos** de alguna de distintas Marcas.



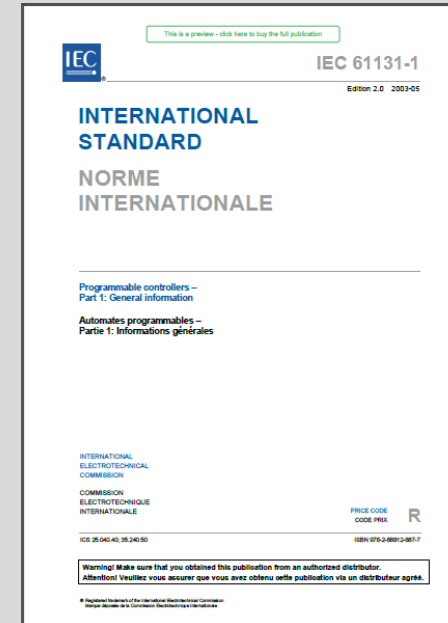
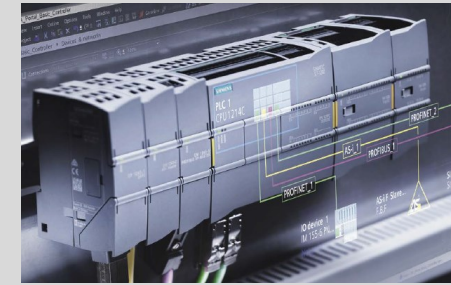
Controladores Programables: Práctica

1. Analizar catálogos de PLCs modulares comerciales en sitios Web:

-Industrial Shields: **Raspberry PLC**, **Arduino PLC**

<https://www.industrialshields.com/>

-Cumple IEC 61131??

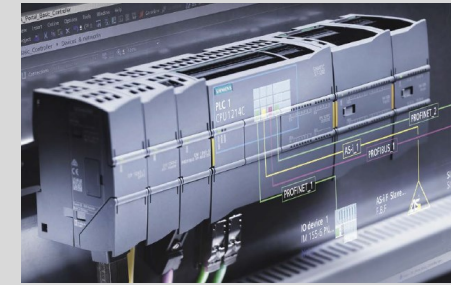


Controladores Programables: Práctica

Opciones emergentes (cumplen estándares industriales ?)

Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA)

<http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>



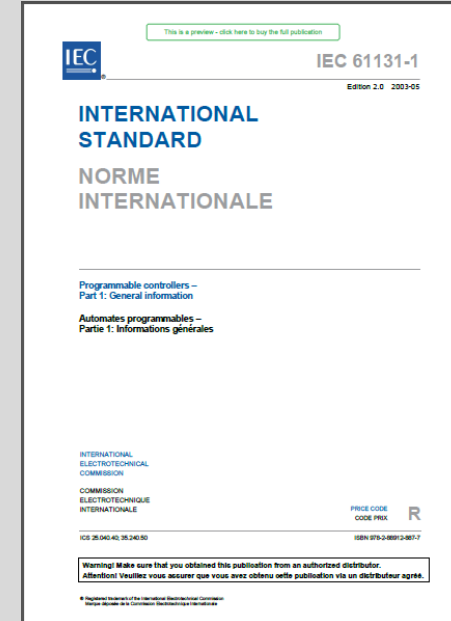
Inicio

COMPUTADORA INDUSTRIAL ABIERTA ARGENTINA

¿Qué es el proyecto CIAA?
¿Qué es una "Computadora"? ¿Qué significa "Industrial" y "Abierta"? ¿Qué busca este Proyecto? **Ejemplos de uso.**

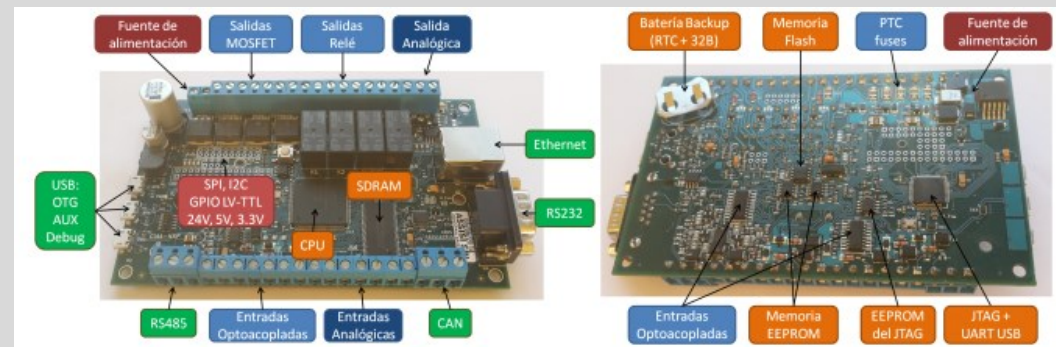
¿Cómo comprar una CIAA?
¿Qué modelos de CIAA existen? ¿Qué son los "Ponchos"? ¿Cuánto cuesta cada CIAA? ¿Cómo puedo comprar una?

¿Cómo programar una CIAA?
¿Qué necesito para empezar? ¿Qué "lenguajes" puedo usar? ¿Dónde puedo aprender? ¿Cómo consulto mis dudas?



<http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=start>

-Certificaciones??



AUTÓMATAS y CONTROL DISCRETO

2. Autómatas Programables de Control – IEC 61131

A. Arquitecturas y Funciones (IEC 61131-1)

- Controladores Programables: Concepto, Componentes y Arquitecturas Básicas. Sistemas.
- Estructuras de Hardware y Software. Ejecución en Tiempo Real. Entornos. Selección.

B. Seguridad en Sistemas de Automatización y Control

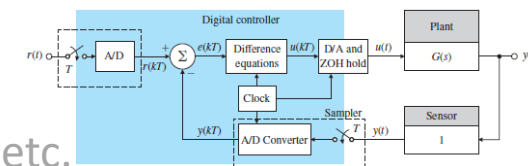
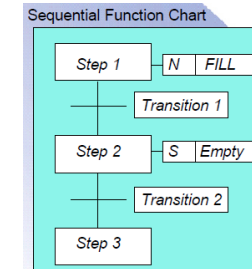
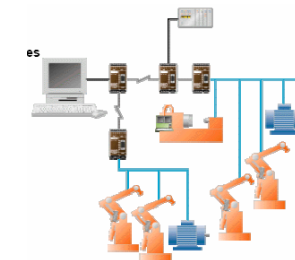
- Funciones de Seguridad ante Fallas (Safety) y ante Sabotajes (Security).
- Sistemas de Protección y Seguridad. Seguridad Funcional Integrada.

C. Entornos normalizados y Lenguajes de Programación (IEC 61131-3)

- Entornos Integrados de Desarrollo. Elementos Comunes: Datos, Recursos, Tareas. POU's. Lenguajes básicos: LD (Ladder Diagrams), FBD (Bloques de Función).
- Lenguaje ST (Texto Estructurado). Lenguaje SFC (Diagramas Funcionales Secuenciales).

D. Aplicaciones. Buenas Prácticas de Programación y Configuración

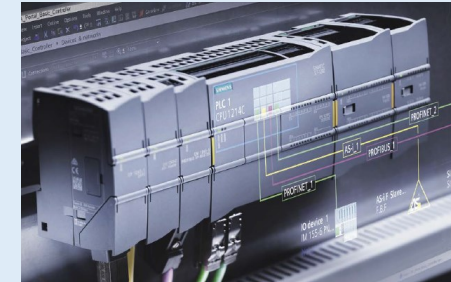
- Uso de Entornos de Desarrollo. Creación de un Proyecto. Configuración de Hardware.
- Estructura de Software. Uso de CODESYS, TIA Portal, etc. Recomendaciones: PLCopen, etc.



IEC: International Electrotechnical Commission

IEC 60050 - **ELECTROPEDIA: Electrotechnical Vocabulary**

<https://www.electropedia.org/>



- **IEC 61131: Programmable Controllers (Parts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).**

Programmable Controller: microprocessor-based controller with a programmable memory for the internal storage of user-defined instructions. [351-56-25]

Safety: freedom from unacceptable risk to the outside from the functional and physical units considered. [351-57-05]

Note 1 to entry: The definition of “safety” in combination with other words may gradually (as in “product safety”, “machinery safety”) or completely (as in “workers safety”, “safety belt” or “functional safety”) change. For the use of the word safety, see IEC Guide 51, Clause 4. [ISO/IEC Guide 2, *Standardization and related activities – General vocabulary*]

Note 2 to entry: In standardization the safety of products, processes, and services is generally considered with a view to achieving the optimum balance of several factors, including non-technical factors such as human behavior, that will eliminate avoidable risks of harm to persons and goods to an acceptable degree. [ISO/IEC Guide 2]

Note 3 to entry: In many languages other than English there is only one word for safety and security.

[SOURCE: ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*, 3.1 modified – The definition has been expanded and entry notes have been added.]

(español: seguridad para el entorno de las unidades, f; seguridad, f.)

Functional Safety: part of the overall safety that depends on functional and physical units operating correctly in response to their inputs. [351-57-06]

Note 1 to entry: See IEC/TR 61508-0, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 0: Functional safety and IEC 61508*.

Security: freedom from unacceptable risk to the physical units considered from the outside. [351-57-07]

(español: seguridad de las unidades frente al entorno, f; seguridad, f.)

Note 1 to entry: In many languages other than English there is only one word for safety and security.

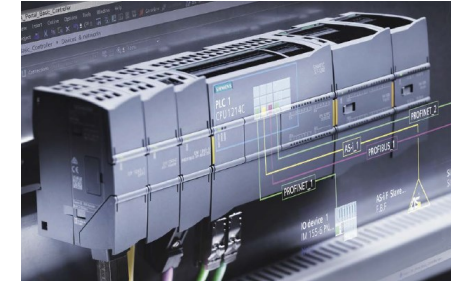
Confiabilidad y Seguridad: Conceptos

Sistema de Automatización y Control industrial:

Cumplir especificación de requisitos de **funcionamiento**:
desempeño, vida útil, calidad, etc..

→ 2 aspectos relacionados:

- a) **Asegurar correcto funcionamiento → CONFIABILIDAD**
(Dependability): garantía de funcionamiento,
confianza justificada en el servicio proporcionado.
 - imperfecciones del sistema → **Fallas o Averías** (detección, mitigación);
 - **elevación de la confiabilidad** del sistema (ej. redundancia).
- b) **Evitar efectos negativos de mal funcionamiento → SEGURIDAD**
 - **Funcional** (Safety): protección ante **Fallas o Averías** (Fail-safe)
 - **ante Sabotaje** (Security): protección a **acciones deliberadas en contra sistema** (ej. **Cybersecurity**, etc.)

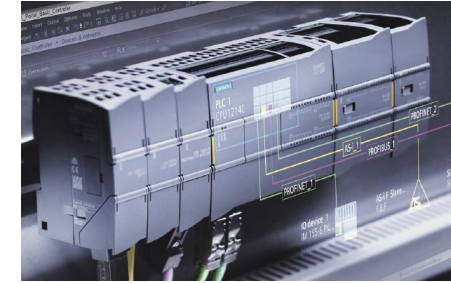


Confiabilidad y Seguridad: Conceptos

FALLAS o AVERIAS habituales en Equipos Industriales:

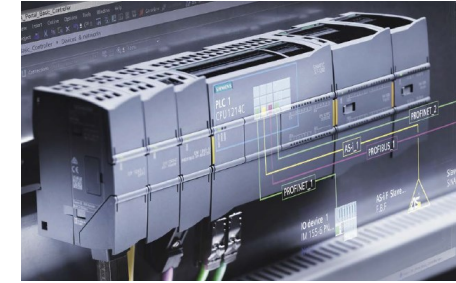
- Ruido eléctrico
- Relés, Relés programables
- PLCs (fallas en fuente de alimentación, CPU, memoria, módulos de entradas y salidas digitales y analógicas, puertos de comunicaciones, etc)
- Sensores, Termocuplas y Pt100
- Interruptores, Termomagnéticas
- Disyuntores
- Contactores
- Motores
- Arrancadores suaves
- Variadores de velocidad

- Cómo actuar ante una falla
- Cómo realizar un diagnóstico eficaz del problema
- Cómo evitar que la falla se vuelva a repetir



Confiabilidad y Seguridad: Conceptos

Imperfecciones de un sist. automatizado → **Consecuencias:**



Defect

Fault

Error

Failure

DEFECTO

FALLO

ERROR

AVERÍA

Defecto (Defect): desviación de algún parámetro fuera del valor previsto.

(ejemplo: Deformación de contacto de relé por desgaste, excesivas maniobras)

Defecto → **Fallo (Fault):** cese de aptitud del sist. para realizar su función.

(ejemplo: Contacto deja de cerrar correctamente)

Fallo → **Error (Error):** desviación detectada en sist. vs. especificación de funcionamiento.

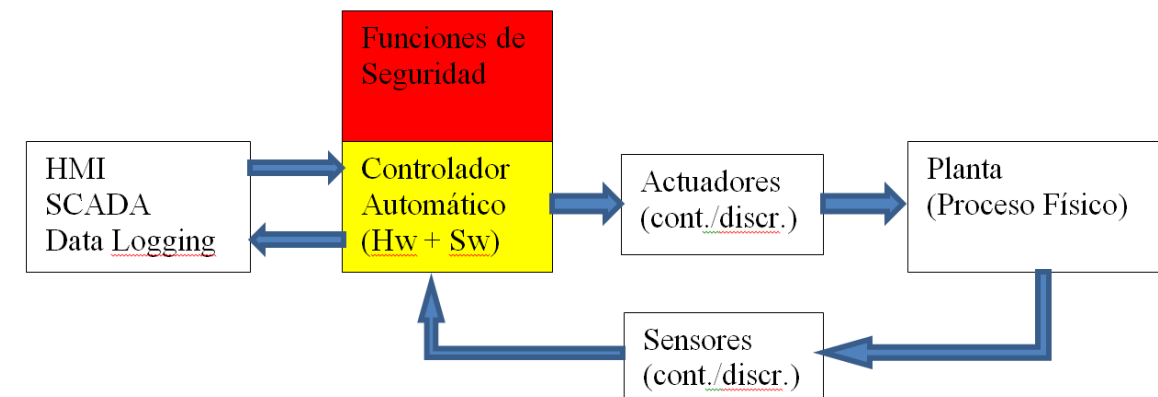
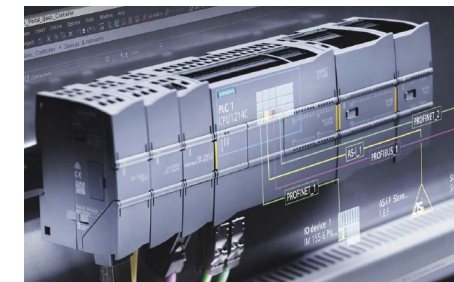
(ejemplo: Circuito eléctrico de Contactor de Bomba no se activa cuando se da orden)

Error → **Avería o Falla (Failure):** impide correcto funcionamiento del sist. (sist. realiza función diferente de la de diseño).

(ejemplo: Bomba no arranca y no presuriza circuito hidráulico)

Medidas de SEGURIDAD ante Averías

Sistema de Automatización y Control industrial:



Funciones de SEGURIDAD en Automatismos (Safety):

- CPU: Circuito interno de vigilancia (**watchdog**) → Señal de “Pulso de vida” (**Heartbeat**) a Sistema de Protección o de Emergencia.
Redundancia de CPU (Sists. de Misión Crítica / alto costo parada).
- Redundancia y protección de I/O.
- **Diagnóstico y Detección de Fallos** (realim. Estado y validación).

1. **Dispositivos de seguridad** externos: cadena de contactos de seguridad cableada externa.
2. **Seguridad funcional integrada.**

Medidas de SEGURIDAD ante Averías

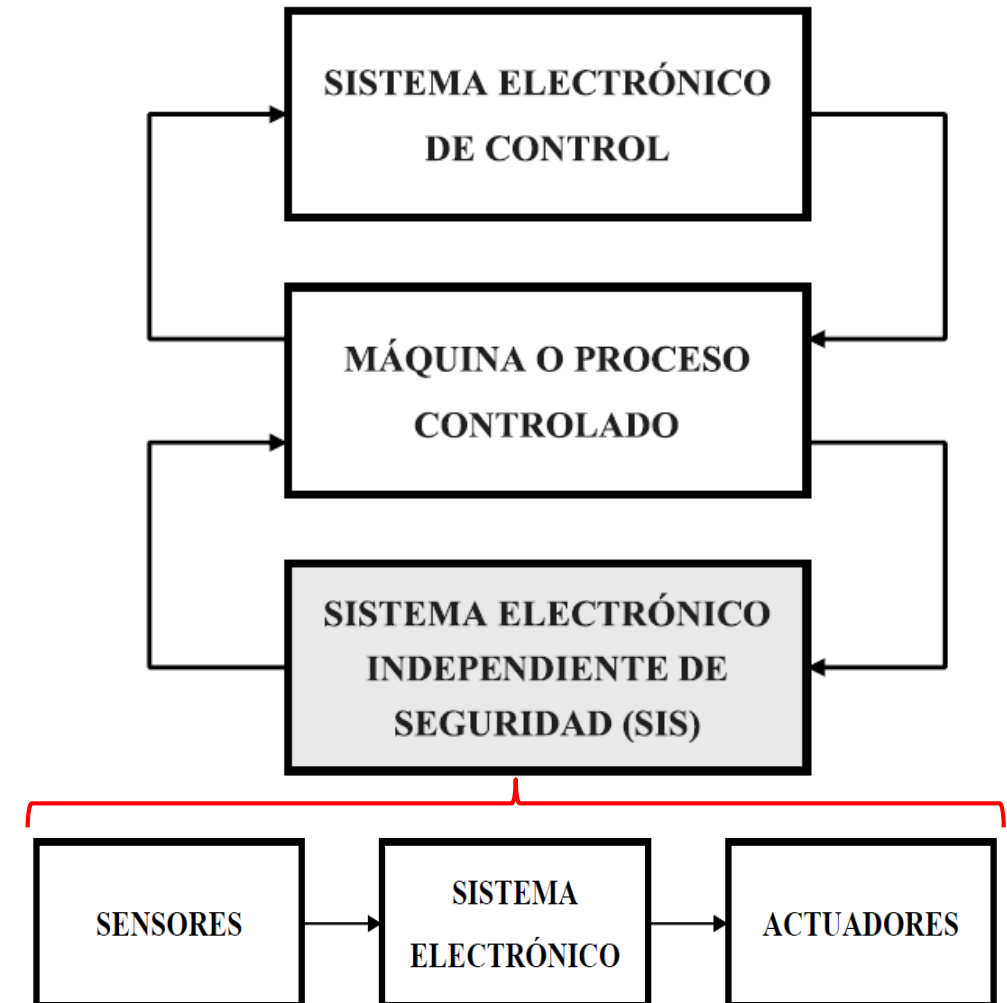
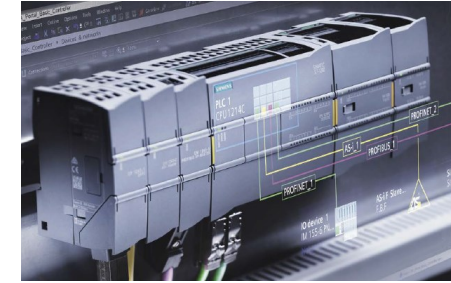
1. Sistema Independiente de Seguridad: SIS: Safety Instrumented System

Controlador de aplicación gral.
(autómata programable PLC)

+

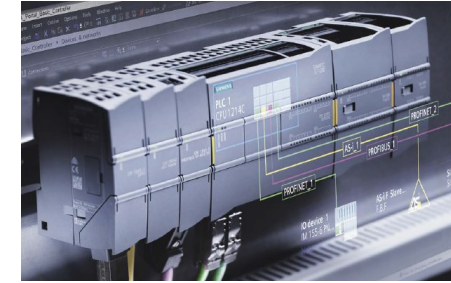
SIS (ej. relé maestro / cadena cableada de seguridad o vigilancia):
Intrínsecamente seguro (Fail-Safe), redundante,
en espera activa (Hot Standby) →
vigila variables sensibles y detecta situación crítica,
evita que se convierta en peligrosa (accidente)

→ PARADA DE EMERGENCIA →
→ Estado Seguro



Medidas de SEGURIDAD ante Averías

2. Sistema Intrínsecamente Seguro ante Averías: Safety or Fail-Safe electronic control System



Controlador *de seguridad*
(autómata programmable *Safety or Fail-Safe* PLC):
(IEC 61508, *IEC 61131-6*)

Funciones de Control

+

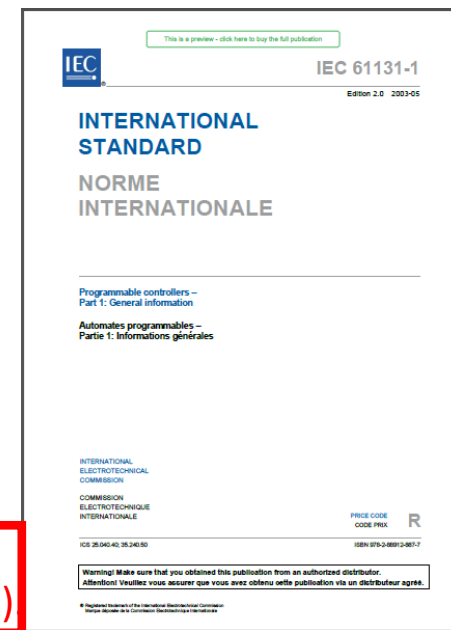
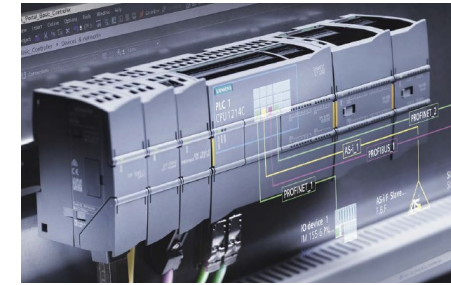
*Funciones de seguridad ante
Averías (detectar fallos internos,
Redundancia y diagnóstico)*

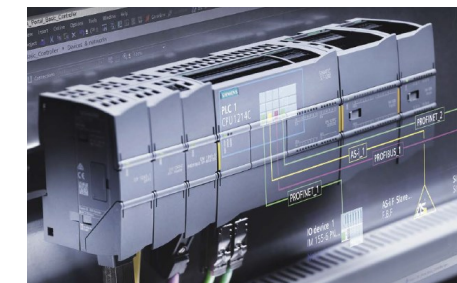


IEC 61131-6: Functional Safety

Norma internacional sobre **PLCs/PACs y periféricos asociados**: herramientas de programación y depuración (PADTs), HMI, etc. → **control y comando de máquinas y procesos industriales**.

- Part 1: **General information** (Ed. 2.0: 2003-05): (STABILITY: 2028)
Definiciones, **características funcionales** principales y requerimientos mínimos para **selección y aplicación**.
- Part 2: **Equipment requirements and tests** (Ed. 4.0: 2017-08): (STABILITY: 2028)
Requisitos funcionales y de EMC/EMI, y ensayos de verificación relacionados. [para Fabricantes]
- Part 3: **Programming Languages** (Ed. 3.0: 2013-02) → **(Nueva Ed. 4.0: 2025-04)** (STABILITY: 2027)
Lenguajes textuales (IL, ST), gráficos (LD, FBD), SFC; **reglas sintácticas y semánticas**. **Elementos** comunes.
- Part 4: **User guidelines** (Ed. 2.0: 2004-07): (STABILITY: 2028)
Selección / especificación de equipamiento de PLCs. [para Usuarios]
- Part 5: **Communications** (Ed. 1.0: 2000-11): (STABILITY: 2028)
Especificación de aspectos de comunicación entre PLCs y otros sistemas.
- Part 6: **Functional safety** (Ed. 1.0: 2012-10): (STABILITY: 2028)
Requisitos Hw/Sw para FS-PLCs: PLCs aplicado a Seguridad Funcional (IEC 61508, Sistemas relacionados a Seguridad)
- Part 7: **Fuzzy-control programming** (Ed. 1.0: 2000-08): (STABILITY: 2028)
Definición de un lenguaje para programar aplicaciones de Control Difuso en PLCs.
- Part 8: **Guidelines for the application and implementation of programming languages** (Ed. 3.0: 2017-11): (STABILITY: 2028)
Guías para programación de PLCs usando los lenguajes definidos en Parte 3.
- Part 9: **Single-drop digital communication interface for small sensors and actuators (SDCI)** (Ed. 2.0: 2022-05): (STABILITY: 2028)
- Part 10: **PLC open XML exchange format** (Ed. 1.0: 2019-04): (STABILITY: 2028)
Especificación de formato de intercambio basado en XML para exportar e importar proyectos IEC 61131-3 entre distintos entornos de PLCs.





PLC de SEGURIDAD: Fundamentos

Seguridad Convencional vs Seguridad Combinada o Integrada:

<https://aadeca.org/index.php/2022/09/01/fundamentos-de-seguridad-seguridad-convencional-vs-seguridad-combinada/>

PLC de Seguridad (SAFETY PLC): Controladores especiales, contruidos y certificados para cumplir con **requisitos de seguridad internacionales** (NFPA 79, IEC 62061, IEC 13849-1 o IEC 61508: Normas de seguridad, definen los **niveles de reducción de riesgos**).

Sistema de Seguridad CONVENCIONAL: (original)

Separación de PLC y E/S normales de

PLC de Seguridad y componentes de seguridad →

Componentes:

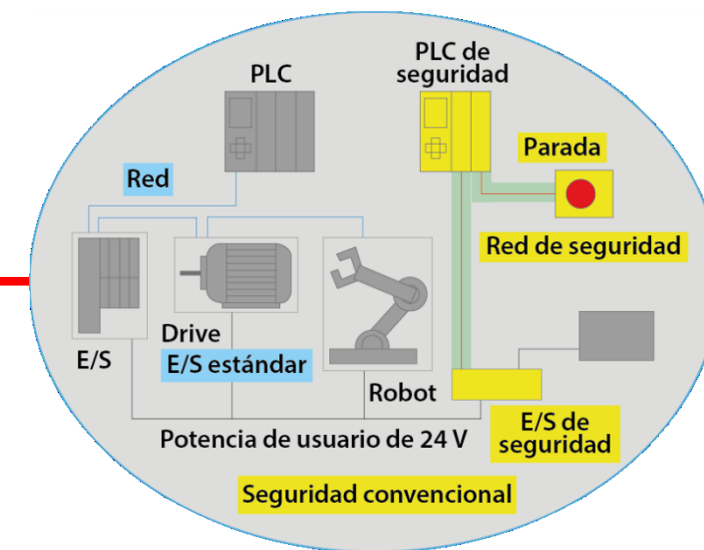
- **PLC con Programa de Control**; red y E/S normal.
- **Safety PLC con Programa de Seguridad**; red independiente, E/S de seguridad, sensores y actuadores de Seguridad.
(más costoso comparativamente)

Ventaja:

1. Independencia y separación de sistemas control vs seguridad.

Desventajas:

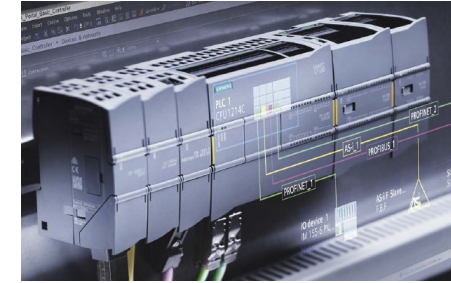
1. Duplicación de redes comunic. y cableado → **costoso**, mayor **mantenimiento**;
2. Complicaciones de **coordinación** (2 sistemas independientes).



PLC de SEGURIDAD: Fundamentos

Seguridad Convencional vs Seguridad Combinada o Integrada:

<https://aadeca.org/index.php/2022/09/01/fundamentos-de-seguridad-seguridad-convencional-vs-seguridad-combinada/>



PLC de Seguridad (SAFETY PLC): Controladores especiales, contruidos y certificados para cumplir con **requisitos de seguridad internacionales** (NFPA 79, IEC 62061, IEC 13849-1 o IEC 61508: Normas de seguridad, definen los **niveles de reducción de riesgos**).

Sistema de Seguridad COMBINADO o INTEGRADO:

Compartir PLC de Seguridad y red E/S para ambas funciones:

Control + Seguridad →

Componentes:

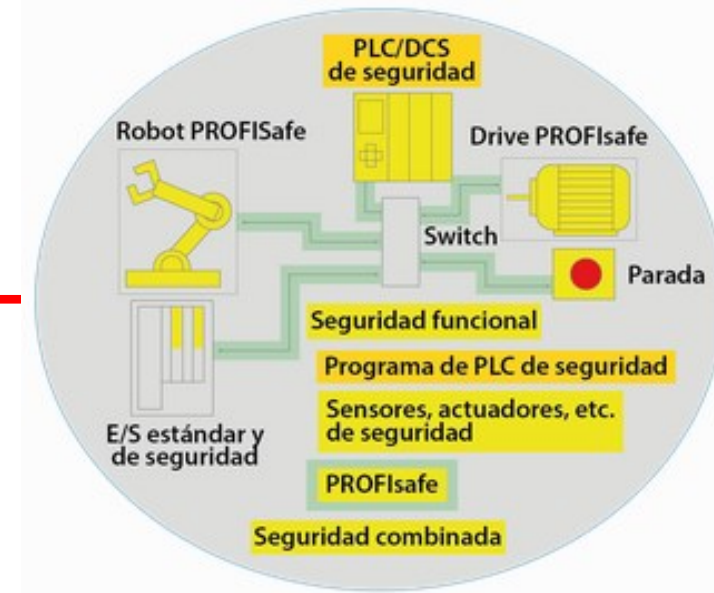
-Safety PLC con Programa de Control + otro Programa de Seguridad;
red de comunicaciones Compartida, E/S normal +
E/S y sensores y actuadores de Seguridad integrados.

Ventajas:

1. Ahorros de costos (cableado + simple, etc.).

2. Único Safety PLC p/ funciones de Control + Seguridad (1 sola herramienta, menores costos de programación, coordinación y mantenimiento).

Comunicaciones **PROFISafe** (PI Profibus/Profinet International)



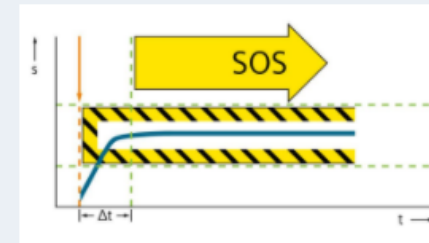
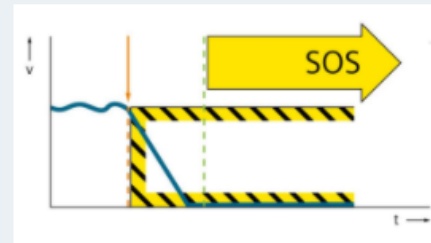
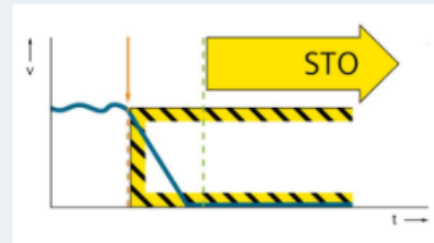
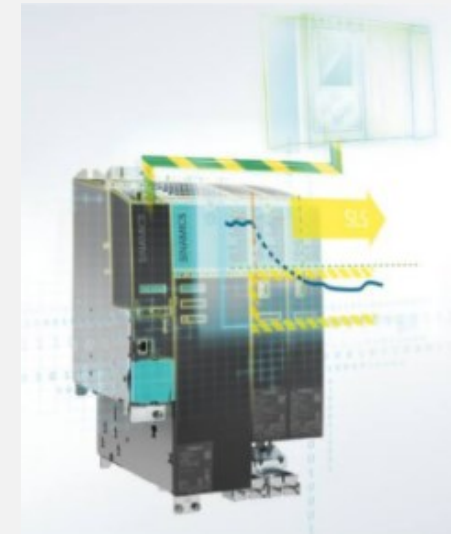
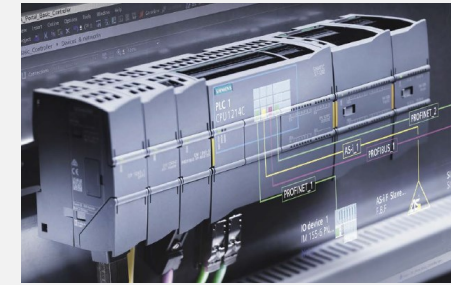
IEC 61131-6: Functional Safety

Failsafe Electrical Drives: IEC 61800 Part 5-2 INTEGRATED SAFETY Functions

Integrated SAFETY Functions: possible responses to safety-related events.
The **functional safety** of all these functions satisfies the **requirements** defined in **IEC 61800 Part 5-2** for **variable-speed drive systems**. The **SBT** and **SP** functions go beyond the scope laid down in IEC 61800-5-2.

Safe STOP (PARADA de Seguridad)

Functions to safely stop the drive



Safe Torque Off (STO)

STO safety sets the drive into a torque-free condition: an undesirable restart is safely prevented. A fast restart is possible after STO has been deselected as the DC link remains charged.

Safe Stop 1 (SS1)

The drive is quickly and safely stopped and monitored – especially for high moments of inertia.

Safe Stop 2 (SS2)

The drive is quickly and safely stopped and then SOS is activated.

Safe Operating Stop (SOS)

The position is safely held and monitored at standstill for each drive control.

Fuente: Siemens SINAMICS Drives Safety

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/factory-automation/offering/sinamics-safety.html>

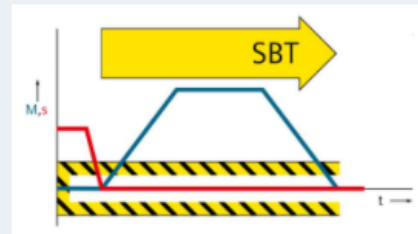
IEC 61131-6: Functional Safety

Failsafe Electrical Drives: IEC 61800 Part 5-2 **INTEGRATED SAFETY Functions**

Integrated SAFETY Functions: possible responses to safety-related events.
The **functional safety** of all these functions satisfies the **requirements** defined in **IEC 61800 Part 5-2** for **variable-speed drive systems**. The **SBT** and **SP** functions go beyond the scope laid down in IEC 61800-5-2.

Safe BRAKE (FRENO de Seguridad)

Functions for safe brake management

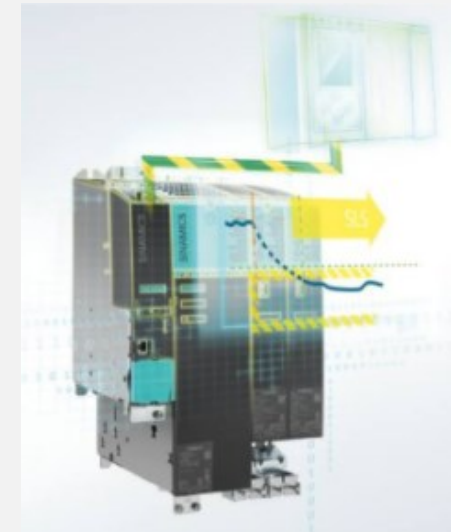
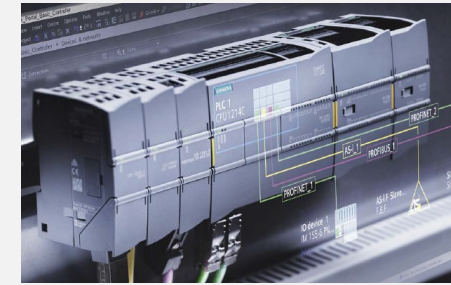


Safe Brake Control (SBC)

A holding brake is controlled and monitored in a safety-related fashion, especially for vertical axes; is always activated in parallel with STO.

Safe Brake Test (SBT)

Up to two brakes per axis can be cyclically tested using the SBT diagnostic function.



Fuente: Siemens SINAMICS Drives Safety

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/factory-automation/offering/sinamics-safety.html>

IEC 61131-6: Functional Safety

Failsafe Electrical Drives: IEC 61800 Part 5-2 INTEGRATED SAFETY Functions

Integrated SAFETY Functions: possible responses to safety-related events.
The **functional safety** of all these functions satisfies the **requirements** defined in **IEC 61800 Part 5-2** for **variable-speed drive systems**. The **SBT** and **SP** functions go beyond the scope laid down in IEC 61800-5-2.

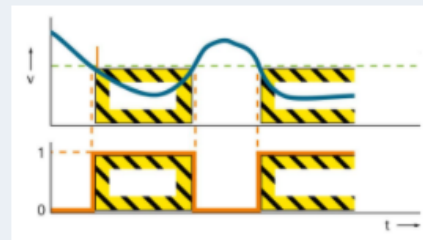
Safe MOTION (Movimiento Seguro: Dirección, Velocidad y Aceleración)

Functions for safely monitoring drive motion



Safely-Limited Speed (SLS)

The speed/velocity value of the drive is monitored in safety-related fashion, and a configurable stop response is initiated when the limit value is violated.



Safe Speed Monitor (SSM)

A safety-related velocity/speed monitoring function supplies a safety-related signal as long as the drive operates below a specified speed/feed velocity.



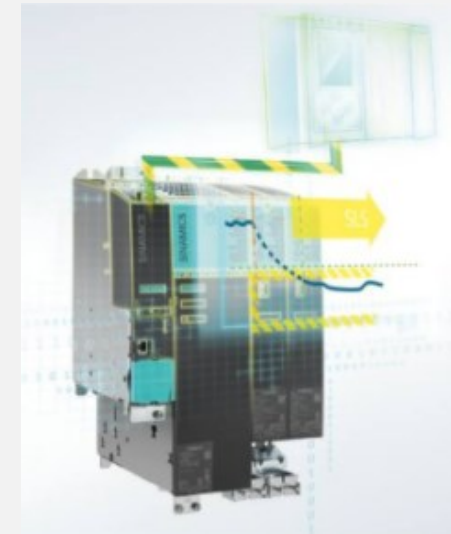
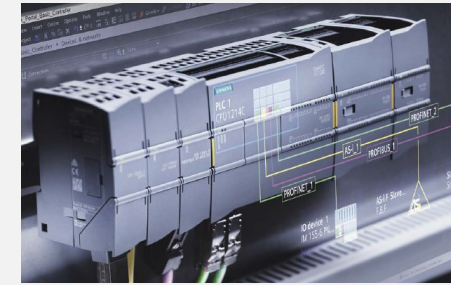
Safe Direction (SDI)

The direction of rotation is monitored in a safety-related fashion so that the drive can only move in the permissible direction; a configurable fault response is initiated if the drive moves in the incorrect direction.



Safely-Limited Acceleration (SLA)

It is safely monitored that the drive does not exceed a preset acceleration limit value.



Fuente: Siemens SINAMICS Drives Safety

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/factory-automation/offering/sinamics-safety.html>

IEC 61131-6: Functional Safety

Failsafe Electrical Drives: IEC 61800 Part 5-2 INTEGRATED SAFETY Functions

Integrated SAFETY Functions: possible responses to safety-related events.
The **functional safety** of all these functions satisfies the **requirements** defined in **IEC 61800 Part 5-2** for **variable-speed drive systems**. The **SBT** and **SP** functions go beyond the scope laid down in IEC 61800-5-2.

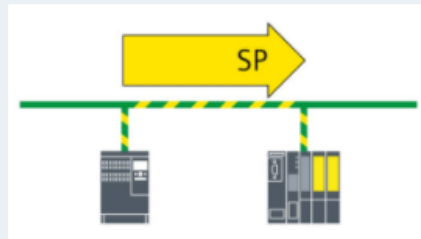
Safe POSITION (Movimiento Seguro: Posición)

Functions for safely monitoring the position of a drive



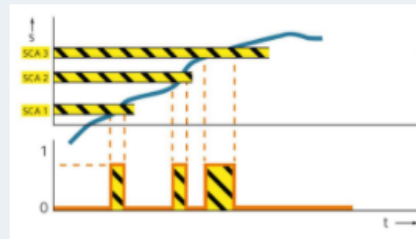
Safely-Limited Position (SLP)

Protection zones are monitored in a safety-related fashion using defined traversing ranges.



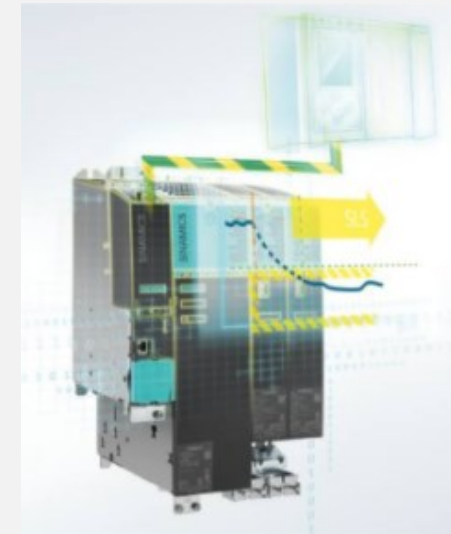
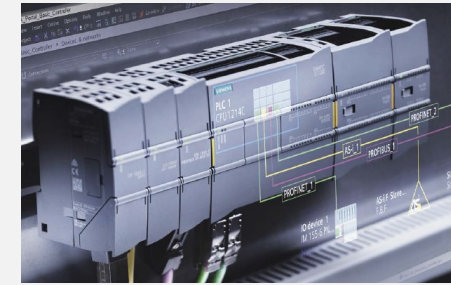
Safe Position (SP)

The SP function transfers the safe position actual values of the drive to the F control for further processing via PROFIsafe.



Safe Cam (SCA)

Safe cams supply a safety-related signal if the drive is located within a configured position range.



Fuente: Siemens SINAMICS Drives Safety

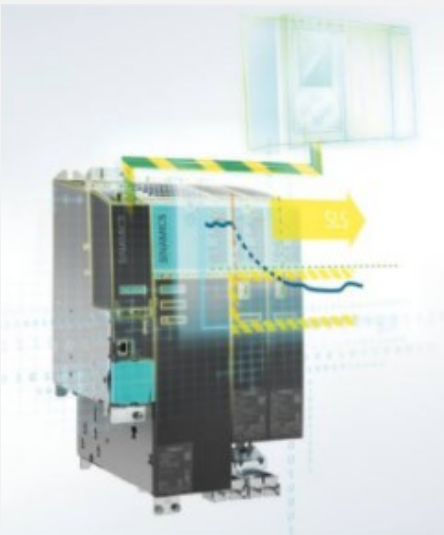
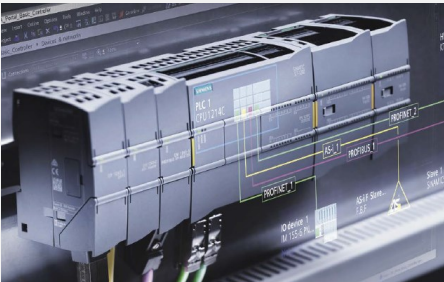
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/factory-automation/offering/sinamics-safety.html>

IEC 61131-6: Functional Safety

Failsafe Electrical Drives: IEC 61800 Part 5-2 INTEGRATED SAFETY Functions

Integrated SAFETY Functions: possible responses to safety-related events.
The functional safety of all these functions satisfies the requirements defined in IEC 61800 Part 5-2 for variable-speed drive systems. The SBT and SP functions go beyond the scope laid down in IEC 61800-5-2.

Safety Integrated Functions available in different Drive Models (Siemens):



Functions	STO	SS1	SBC	SBT	SLS	SDI	SSM	SLA	SOS	SS2	SP	SLP	SCA
SINAMICS V90 *)	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SINAMICS G115D	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SINAMICS G120C	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SINAMICS G120	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-
SINAMICS G120D	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-
SINAMICS G130/G150	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-
SINAMICS S210	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-
SINAMICS S120	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SINAMICS S150	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Siemens SINAMICS Drives Safety
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/topic-areas/safety-integrated/factory-automation/offering/sinamics-safety.html>

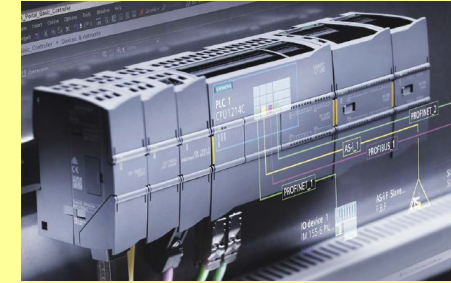
Medidas de SEGURIDAD ante Sabotajes

Barreras y Control de Acceso (niveles de Passwords)

Lectura complementaria:

AyCD_02b_IEEE IEMag 2014-06_4. Industrial CYBERSECURITY →

Adriano Valenzano, «**Industrial Cybersecurity: Improving Security Through Access Control Policy Models**», en IEEE Industrial Electronics Magazine, Junio 2014.



BEDROCK Automation:

(Empresa muy innovadora surgida en 2013 en USA. Fundamento: **CIBERSEGURIDAD** Pero desapareció del mercado en 2022, sin explicación)

Open SECURE AUTOMATION (Intrinsic Security by Design)

<https://register.gotowebinar.com/recording/3304601300329997579>

(31:43 min., require registrarse sin costo)

Bedrock recorded Webinar held on the 1st December 2020, on

how **Open Secure Automation** reduces Overall Automation Costs.

The session focused on how Open Secure Automation contributes to these savings through **easy-to-implement technology**.

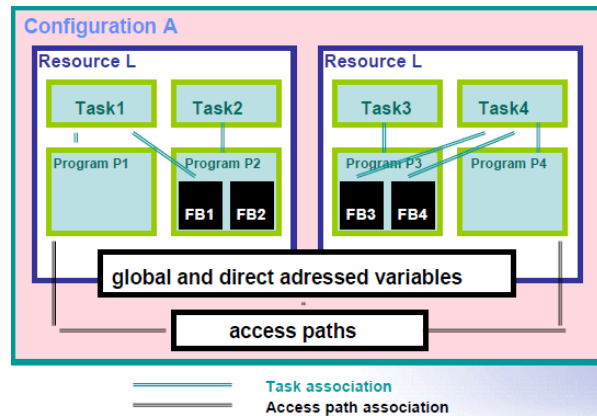
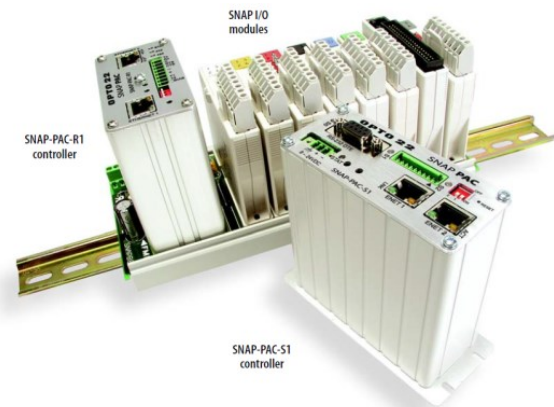
The Bedrock Platform
Consequences of hardening on system design fundamentals

- Massive simplification – software-defined hardware
 - Universal Controller
 - Universal I/O
 - Universal Gateway
 - Universal Power
 - Universal Cable
- DCS/PLC/RTU/DFM in one platform
- Pinless electromagnetic interconnect
- Sealed all-metal construction
- Extreme reliability and galvanic isolation
- Extreme cyber physical security

Unidad 2

Autómatas Programables de Control

IEC 61131: Arquitecturas y Lenguajes



AUTÓMATAS y CONTROL DISCRETO

2. Autómatas Programables de Control – IEC 61131

A. Arquitecturas y Funciones (IEC 61131-1)

- Controladores Programables: Concepto, Componentes y Arquitecturas Básicas. Sistemas.
- Estructuras de Hardware y Software. Ejecución en Tiempo Real. Entornos. Selección.

B. Seguridad en Sistemas de Automatización y Control

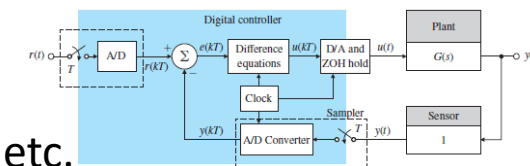
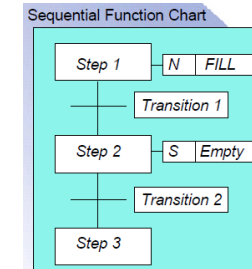
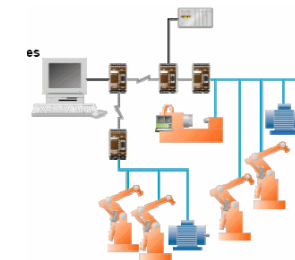
- Funciones de Seguridad ante Fallas (Safety) y ante Sabotajes (Security).
- Sistemas de Protección y Seguridad. Seguridad Funcional Integrada.

C. Entornos normalizados y Lenguajes de Programación (IEC 61131-3)

- Entornos Integrados de Desarrollo (IDE). Elementos Comunes: Datos, Recursos, Tareas. POU's. Lenguajes básicos: LD (Ladder Diagrams), FBD (Bloques de Función).
- Lenguaje ST (Texto Estructurado). Lenguaje SFC (Diagramas Funcionales Secuenciales).

D. Aplicaciones. Buenas Prácticas de Programación y Configuración

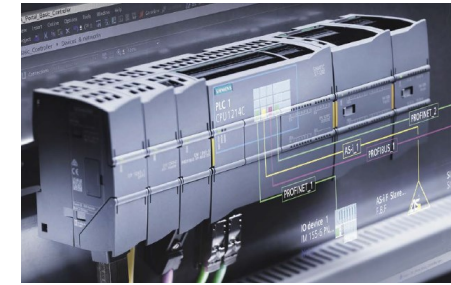
- Uso de Entornos de Desarrollo. Creación de un Proyecto. Configuración de Hardware.
- Estructura de Software. Uso de CODESYS, TIA Portal, etc. Recomendaciones: PLCopen, etc.



IEC 61131: Programmable Controllers

Norma internacional sobre **PLCs/PACs y periféricos asociados**: herramientas de programación y depuración (PADTs), HMI, etc. → **control y comando de máquinas y procesos industriales**.

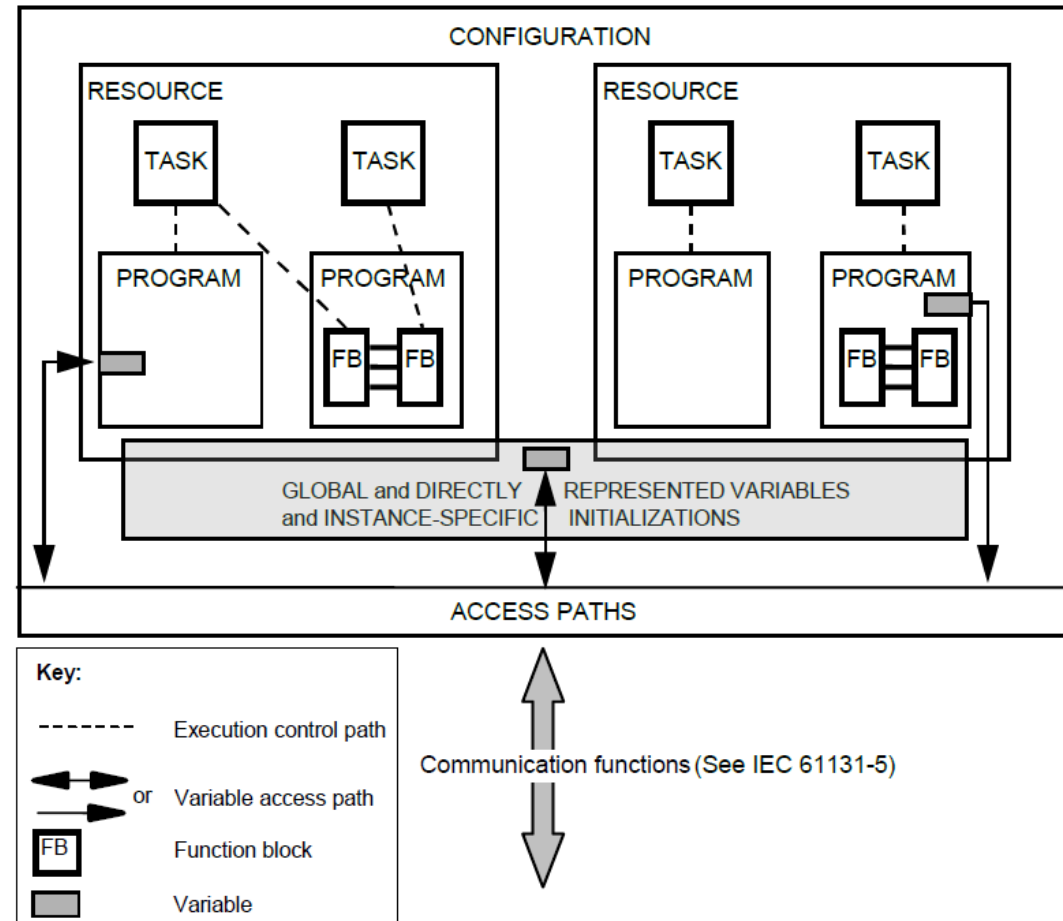
- Part 1: **General information** (Ed. 2.0: 2003-05): (STABILITY: 2028)
Definiciones, **características funcionales** principales y requerimientos mínimos para **selección y aplicación**.
- Part 2: **Equipment requirements and tests** (Ed. 4.0: 2017-08): (STABILITY: 2028)
Requisitos funcionales y de EMC/EMI, y ensayos de verificación relacionados. [para Fabricantes]
- **Part 3: Programming Languages** (Ed. 3.0: 2013-02) → **(Nueva Ed. 4.0: 2025-04)** (STABILITY: 2027)
Lenguajes textuales (IL, ST), gráficos (LD, FBD), **SFC**; **reglas sintácticas y semánticas**. **Elementos comunes**.
- Part 4: **User guidelines** (Ed. 2.0: 2004-07): (STABILITY: 2028)
Selección / especificación de equipamiento de PLCs. [para Usuarios]
- Part 5: **Communications** (Ed. 1.0: 2000-11): (STABILITY: 2028)
Especificación de aspectos de comunicación entre PLCs y otros sistemas.
- Part 6: **Functional safety** (Ed. 1.0: 2012-10): (STABILITY: 2028)
Requisitos Hw/Sw para FS-PLCs: PLCs aplicado a Seguridad Funcional (IEC 61508, Sistemas relacionados a Seguridad).
- Part 7: **Fuzzy-control programming** (Ed. 1.0: 2000-08): (STABILITY: 2028)
Definición de un lenguaje para programar aplicaciones de Control Difuso en PLCs.
- Part 8: **Guidelines for the application and implementation of programming languages** (Ed. 3.0: 2017-11): (STABILITY: 2028)
Guías para programación de PLCs usando los lenguajes definidos en Parte 3.
- Part 9: **Single-drop digital communication interface for small sensors and actuators (SDCI)** (Ed. 2.0: 2022-05): (STABILITY: 2028)
- Part 10: **PLC open XML exchange format** (Ed. 1.0: 2019-04): (STABILITY: 2028)
Especificación de formato de intercambio basado en XML para exportar e importar proyectos IEC 61131-3 entre distintos entornos de PLCs.



IEC 61131-3: Programming Languages

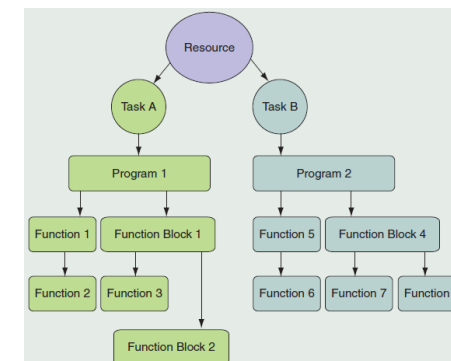
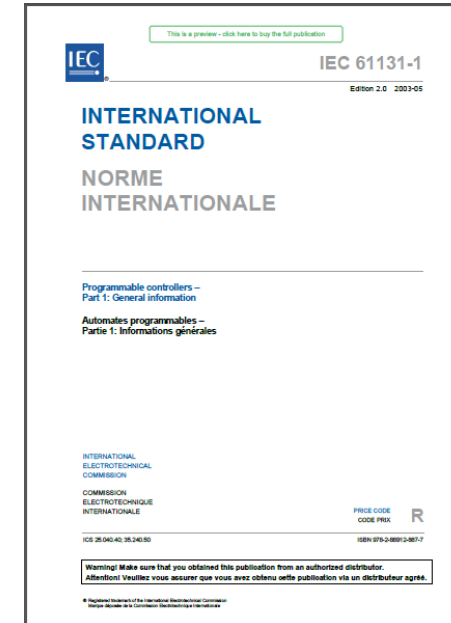
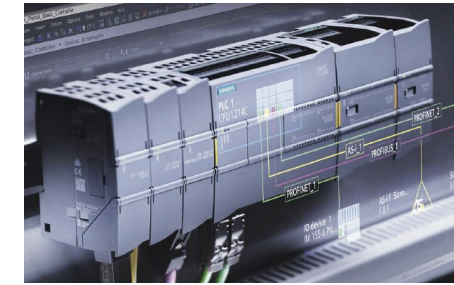
Modelo de SOFTWARE de Controlador Programable (IEC 61131-3, Fig. 1):

- Ilustrativo (no normativo).
- Varios **recursos** (procesadores) posibles (general).
- Si configuración con recurso único → no explicitar.
- **Tareas:** unidades de ejecución
 - Asíncrona (Main Task);
 - Periódicas: Ts1, Ts2, etc $\geq 1\text{ms}$;
 - Por Eventos: Start, Stop, Events.
- **POUs:** Unidades de Organización de Programación (código)
 - **Programas**
 - **FCs** (Funciones)
 - **FBs** (Bloques de Función, instanciación con memoria).



NOTE 1 Figure 1 is illustrative only. The graphical representation is not normative.

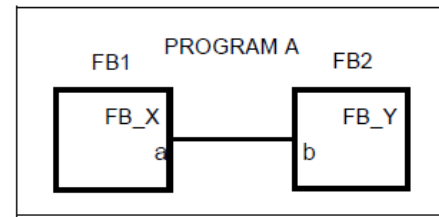
NOTE 2 In a configuration with a single resource, the resource need not be explicitly represented.



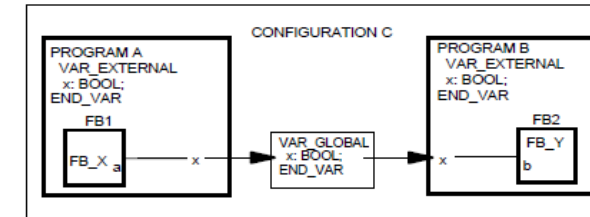
IEC 61131-3: Programming Languages

Modelo de COMUNICACIÓN de Datos y Comandos (IEC 61131-3, Fig. 2) :

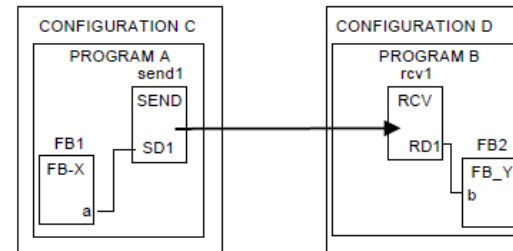
- Conexión de **Flujo de Datos** dentro de un Programa.
 - Comunicación via Variables **GLOBALES**.
 - Bloques de Función (**FBs**) de Comunicación.
 - Comunicación via **sendas o caminos de acceso**.
- Ilustrativo (no normativo).



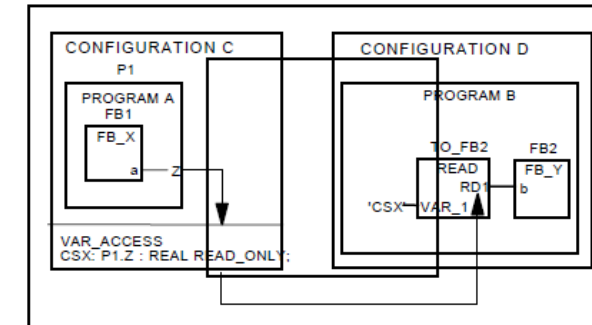
a) Data flow connection within a program



b) Communication via GLOBAL variables



c) Communication function blocks



d) Communication via access paths

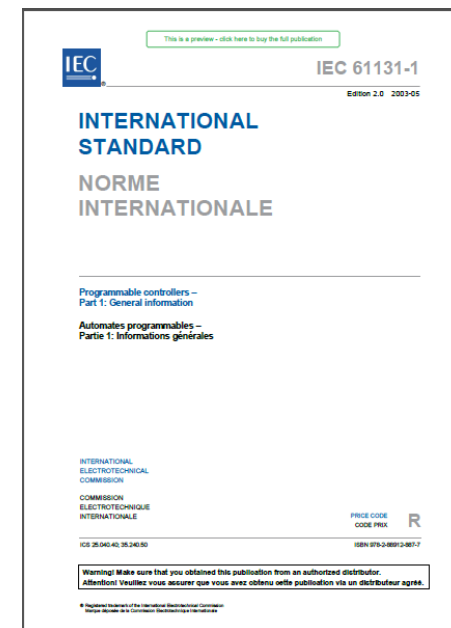
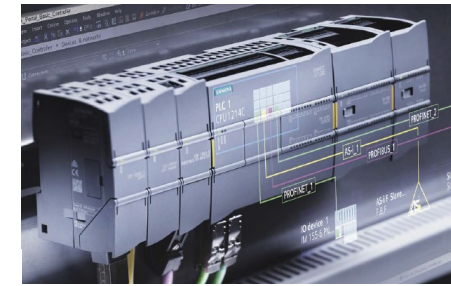
NOTE 1 Figure 2 is illustrative only. The graphical representation is not normative.

NOTE 2 In these examples, configurations C and D are each considered to have a single resource.

NOTE 3 The details of the communication function blocks are not shown in Figure 2.

NOTE 4 Access paths can be declared on directly represented variables, global variables, or input, output, or internal variables of programs or function block instances.

NOTE 5 IEC 61131-5 specifies the means by which both PC and non-PC systems can use access paths for reading and writing of variables.



IEC 61131-3: Programming Languages

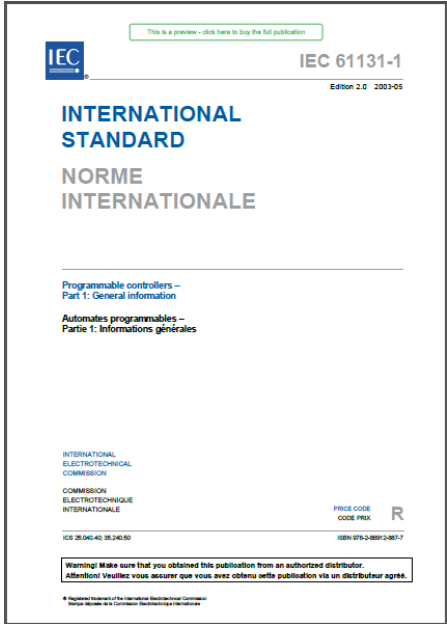
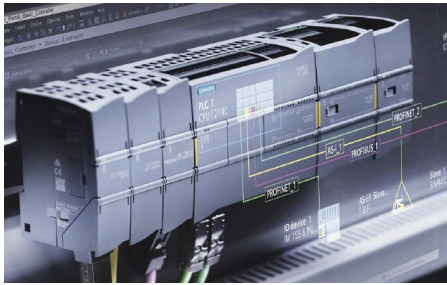
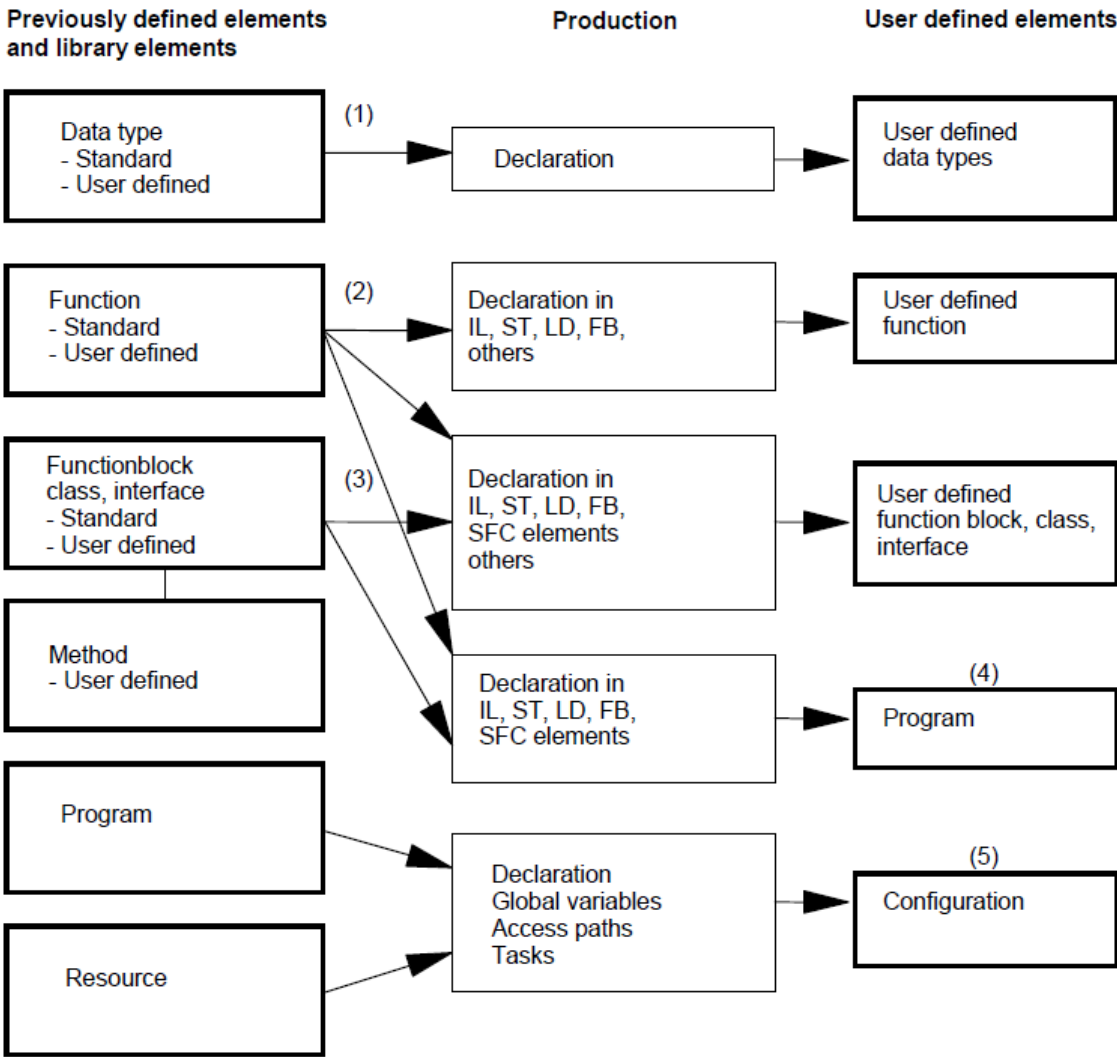
Modelo de PROGRAMACIÓN: Combinación de **Elementos de Lenguaje** (IEC 61131-3, Fig. 3):

Lenguajes Gráficos:

- **LD**: Ladder Diagram (8.2)
- **FBD**: Function Block Diagram (8.3)

Lenguajes Textuales:

- **IL**: Instruction List (7.2)
- **ST**: Structured Text (7.3)
- **OTHERS**: Other Programming Languages (1.4.3)



LD: Ladder Diagram
FBD: Function Block Diagram
IL: Instruction List
ST: Structured Text
Others: Other programming languages

NOTE 1 The parenthesized numbers (1) to (5) refer to the corresponding paragraphs 1) through 5) above.
NOTE 2 Data types are used in all productions. For clarity, the corresponding linkages are omitted in this figure.

IEC 61131-3: Programming Languages

IEC 61131-3 vs Ladder Logic only
(Control Design Magazine / **Bedrock**)

Keep it simple with ladder diagram?

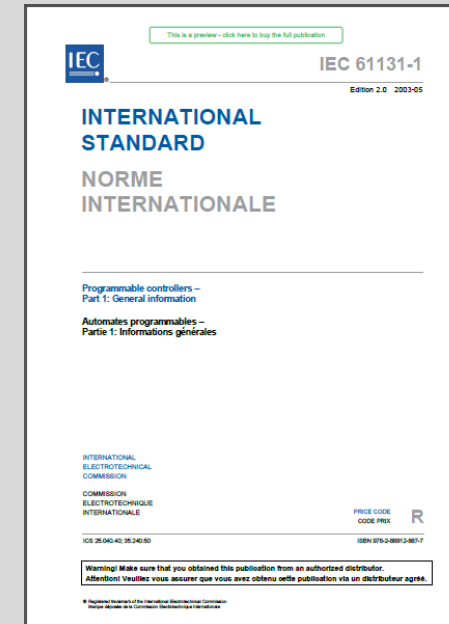
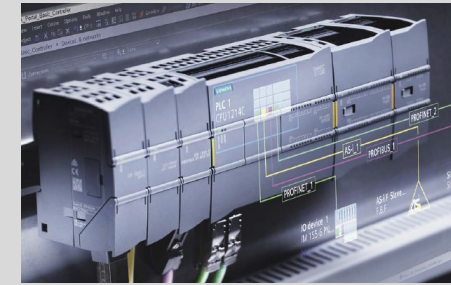
<https://www.controldesign.com/articles/2016/keep-it-simple-with-ladder-diagram/>

**Should I limit programming to ladder logic or
use all standards within IEC 61131?**

<https://www.controldesign.com/articles/2018/should-i-limit-programming-to-ladder-logic-or-use-all-standards-within-iec-61131/>

Sequential function chart

https://en.wikipedia.org/wiki/Sequential_function_chart

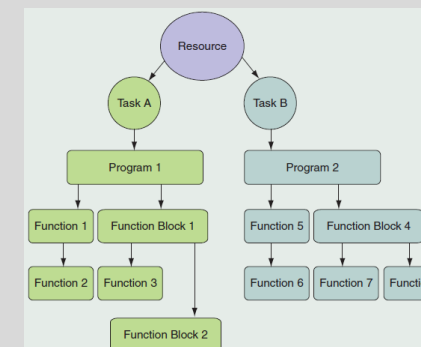
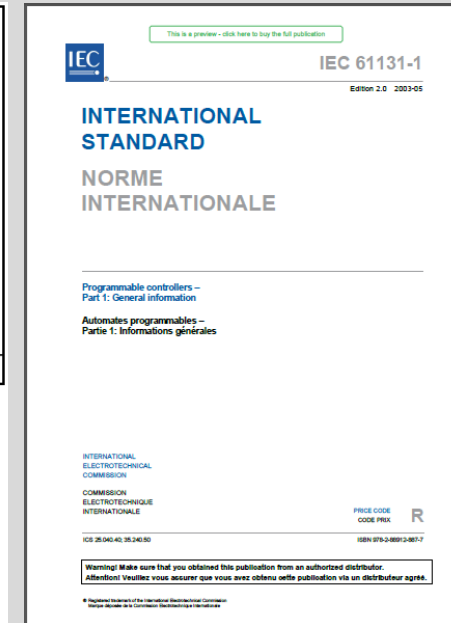
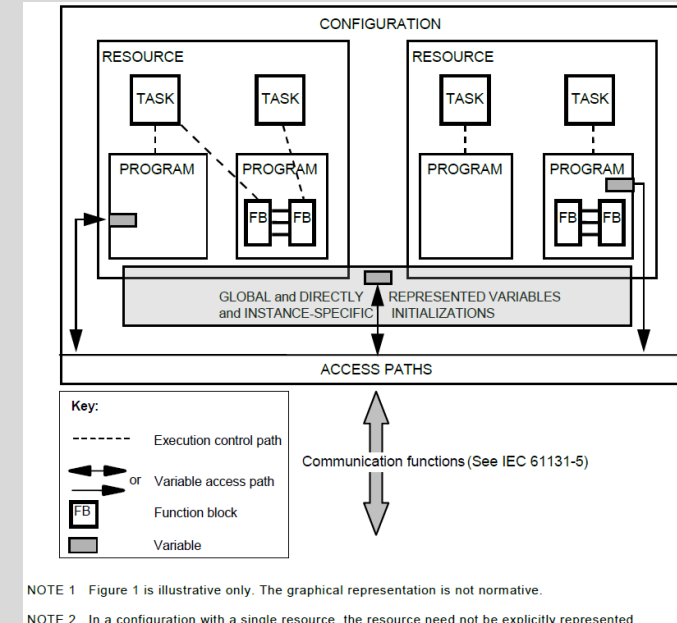
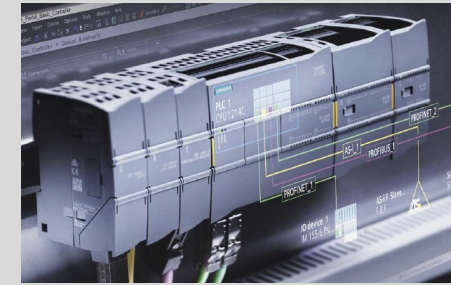


IEC 61131-3: Programming Languages

Ver documento Resumen PLCopen: ➔

AyCD_02c_IEC 61131-3 PLC Programming Languages_Intro_PLCop

- Introducción
- ELEMENTOS COMUNES:
 - **Tipos de Datos** (básicos → derivados o de usuario).
 - **Variables** locales vs globales, asignadas a hardware I/O.
 - **Configuración, Recursos y Tareas (Tasks).**
 - **Unidades de Organización de Programa (POUs= Program Organization Units)**
 - **Funciones (FCs)**, sin memoria
 - **Bloques de Función (FBs) = Procedimientos**, con memoria
 - **Programas**. Llamamos a FCs y FBs, mayor jerarquía.
 - **Herramienta de Estructuración:**
SFC= Sequential Function Charts (← ~ **GRAFCET**)
- LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN
 - Textuales:
 - **Lista de Instrucciones (IL, Instruction List)** → **“Obsoleto”** (PLCopen)
 - **Texto Estructurado (ST= Structured Text)**
 - Gráficos:
 - **Diagrama de Escalera o lógica de contactos (LD, Ladder Diagram)**
 - **Diagrama de Bloques de Función (FBD, Function Block Diagram)**
- Implementaciones



IEC 61131-3: Programming Languages

Entorno normalizado y Lenguajes de programación (IEC 61131-3).

Tipos de datos. Variables. Configuración, recursos y tareas.

Unidades de organización de programa (POUs): programas, funciones y bloques funcionales.

Lenguajes: literales (IL, lista de instrucciones; **ST, texto estructurado**) y gráficos (**LD**, esquema de contactos; **FBD**, diagrama de bloques de función; **SFC**, diagrama funcional secuencial (**GRAFCET**)).

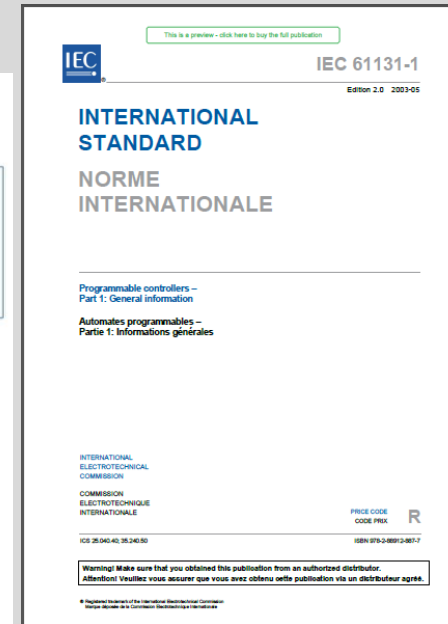
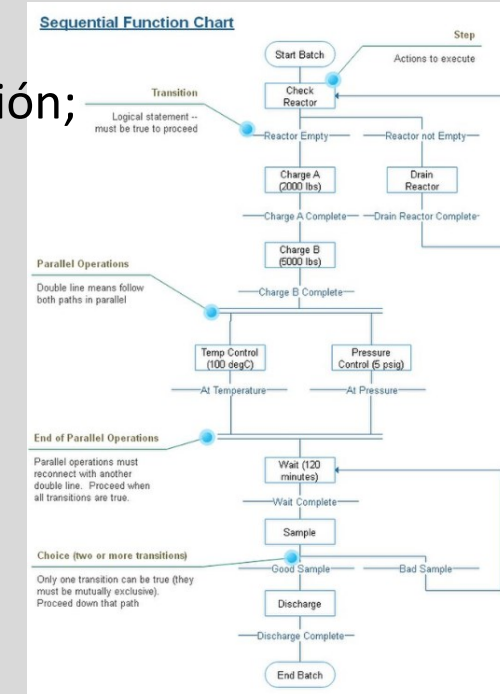
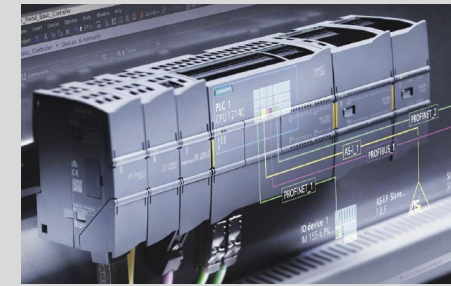
Breve revisión de lenguajes base LD, IL, FBD.

SFC, diagrama funcional secuencial (GRAFCET).

https://en.wikipedia.org/wiki/Sequential_function_chart

Aspectos particulares del lenguaje **ST, texto estructurado (~Pascal, C):**

- Expresiones lógicas y matemáticas → Cálculos elaborados;
- sentencias de asignación; sentencias de invocación y retorno de funciones y bloques de función;
- sentencias de selección e iteración (**estructuras de control de flujo** de programa: if-then-else, else if, case, for, while, etc.).



IEC 61131-3: Programming Languages

Ed. 1 y Ed. 2.0: 2003-01: Programación **Estructurada o Procedimental**

- **Funciones (FC) y Procedimientos (FB)**, instancias, recursividad?
- **Estructuras de Datos**,
- **Datos Locales vs. Globales.**

(Machine-oriented)

→ **Ed. 3.0: 2013-02**: incorpora extensión y elementos de **Programación Orientada a Objetos (OOP: Object-Oriented Programming)**: ventajas y beneficios.

Entre otros se incluyen los siguientes Conceptos:

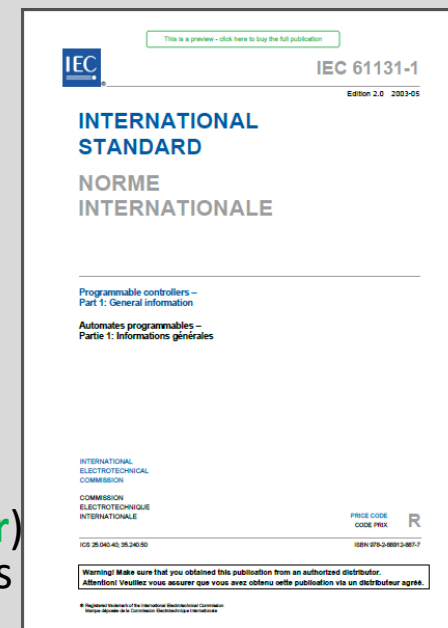
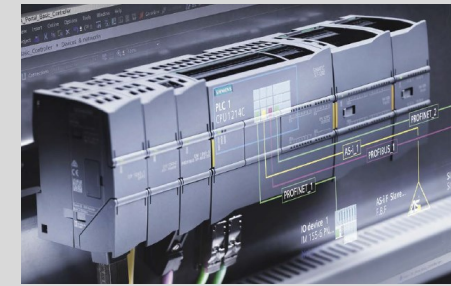
- **Clases** (extensión de estructuras o grupos de datos: ej. **motor rotativo**),
- **Métodos** (extensión de funciones y procedimientos : ej. **accionar()**, **frenar()**),
- **Encapsulamiento** de Datos y Métodos privados, c/**Interface**: variables públicas y mensajes (funciones de asignación y lectura?)
- **Herencia** (subclases : ej. **PMDC**, **ACIM**, **PMSM** heredan todas las propiedades de clase padre ej. **motor**)
- **Polimorfismo** (generalización de herencia: un método u objeto puede ser plantilla para otros similares sin que hereden todas las propiedades): ej. **motor de traslación**
- mecanismos para **reutilización** real del código.

(Human-oriented)

→ más cercano a **técnicas modernas de Ingeniería de Software**: portabilidad, legibilidad, desarrollo cooperativo, menor tiempo de desarrollo.

→ **Ed. 4.0: 2025-04 Recién Publicada (ver actualizaciones/cambios???)**

Usar el paradigma más adecuado para el problema que se debe resolver.



IEC 61131-3: Entornos de Desarrollo

CODESYS: Plataforma de desarrollo IEC 61131-3

<https://www.codesys.com>

Instalar: **CODESYS 64 3.5.21.20.exe**

Ver documento Instalación e inicio CODESYS:

1. CODESYS_Installation & Start_User Doc 18.0.pdf

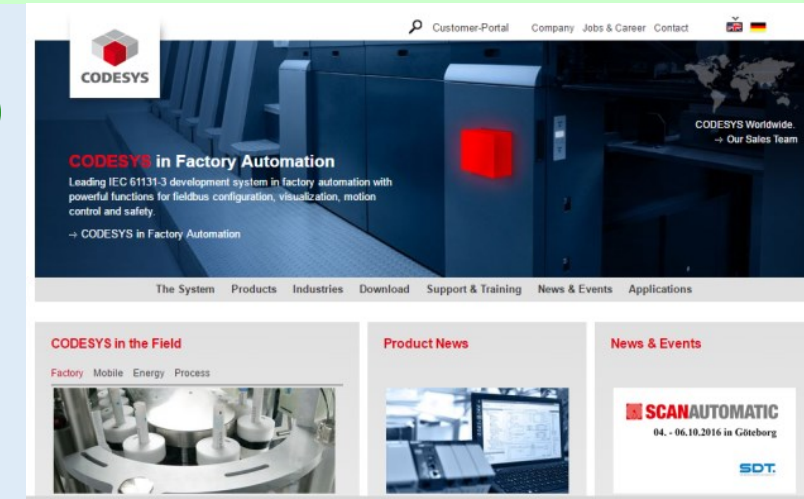
2. Ver **CODESYS ONLINE HELP**

<https://www.helpme-codesys.com/>

3. CODESYS Corp. EDUCATION: Deep dive – **Getting Started with CODESYS**

https://www.youtube.com/watch?v=HIVONb_UQM (Video 2021-10-29, 1 h 14 min)

CODESYS North America (YouTube Channel): https://www.youtube.com/@CODESYS_US



CODESYS Development System V3

The CODESYS Development System is an **IEC 61131-3 programming tool** for the industrial controller and automation technology sector, available in a 32-bit and a 64-bit version.

The CODESYS Development System **engineering tool** integrates various support functions in every phase of development:

- **Project tree** for structuring project configuration, for example, to divide the entire application into **objects** and **tasks**.
- **Configurator** for integrating and describing various devices and fieldbus systems.
- **Editors** for typical application development in all graphical and text-based implementation languages defined by IEC 61131-3
- **Compilers** for building applications in lean and powerful machine code.
- **Debugger, simulator, and SoftPLC** (as a trial target system) for direct user testing of the created applications.

IEC 61131-3: Entornos de Desarrollo

CODESYS: Plataforma de desarrollo IEC 61131-3

<https://www.codesys.com>

Instalar: **CODESYS 64 3.5.21.20.exe**

Ver documento Instalación e inicio CODESYS:

1. CODESYS_Installation & Start_User Doc 18.0.pdf

2. Ver **CODESYS ONLINE HELP**

<https://www.helpme-codesys.com/>

3. CODESYS Corp. EDUCATION: Deep dive – **Getting Started with CODESYS**

https://www.youtube.com/watch?v=HIVONb_UQM (Video 2021-10-29, 1 h 14 min)

CODESYS Development System V3

<https://www.codesys.com/the-system.html>

WHY CODESYS?

<https://www.codesys.com/the-system/why-codesys.html>

CODESYS ENGINEERING

<https://www.codesys.com/products/codesys-engineering.html>

CODESYS RUNTIME

<https://www.codesys.com/products/codesys-runtime.html>

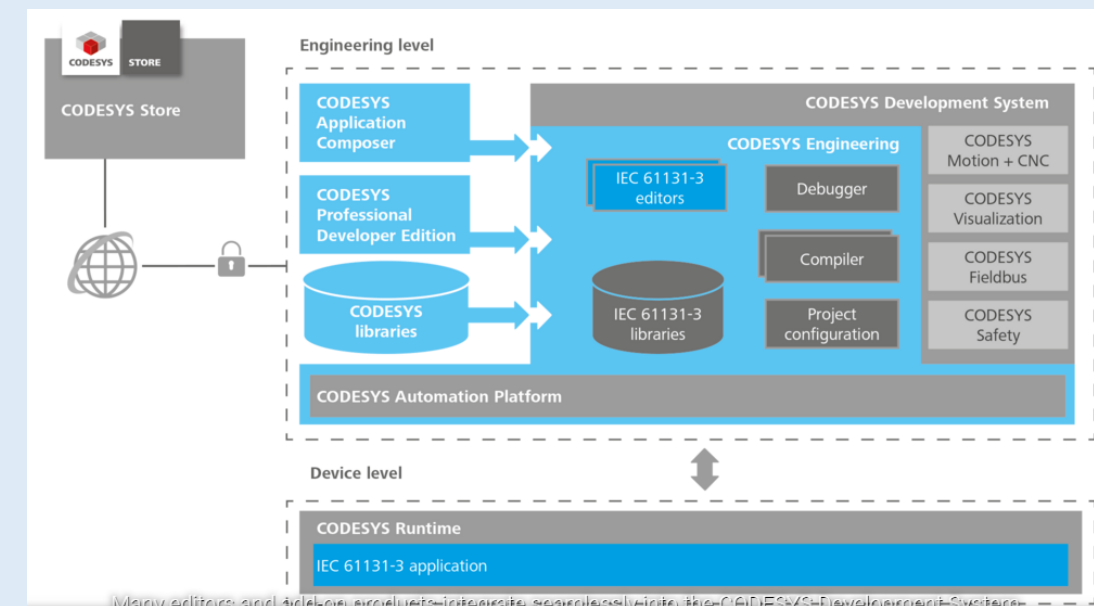
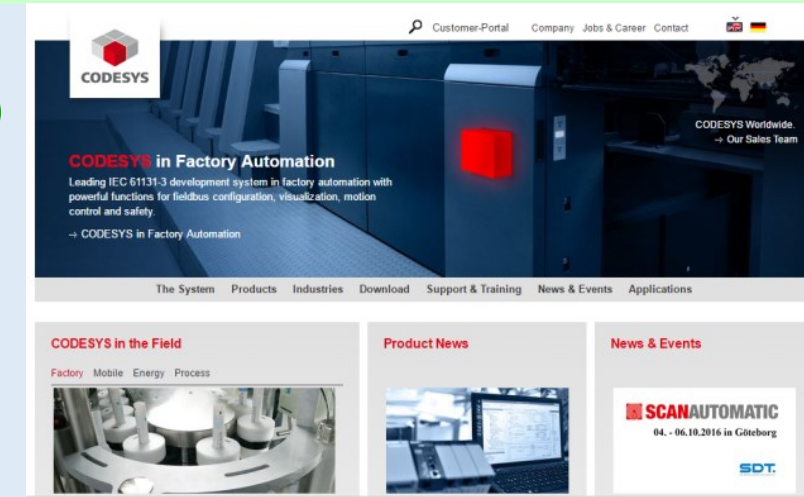
CODESYS VISUALIZATION

<https://www.codesys.com/products/codesys-visualization.html>

CODESYS IN EDUCATION

<https://www.codesys.com/support-training/codesys-in-education.html>

<https://www.codesys.com/support-training/codesys-support/support-formular.html>



IEC 61131-3: Entornos de Desarrollo

CODESYS: Plataforma de desarrollo IEC 61131-3

<https://www.codesys.com>

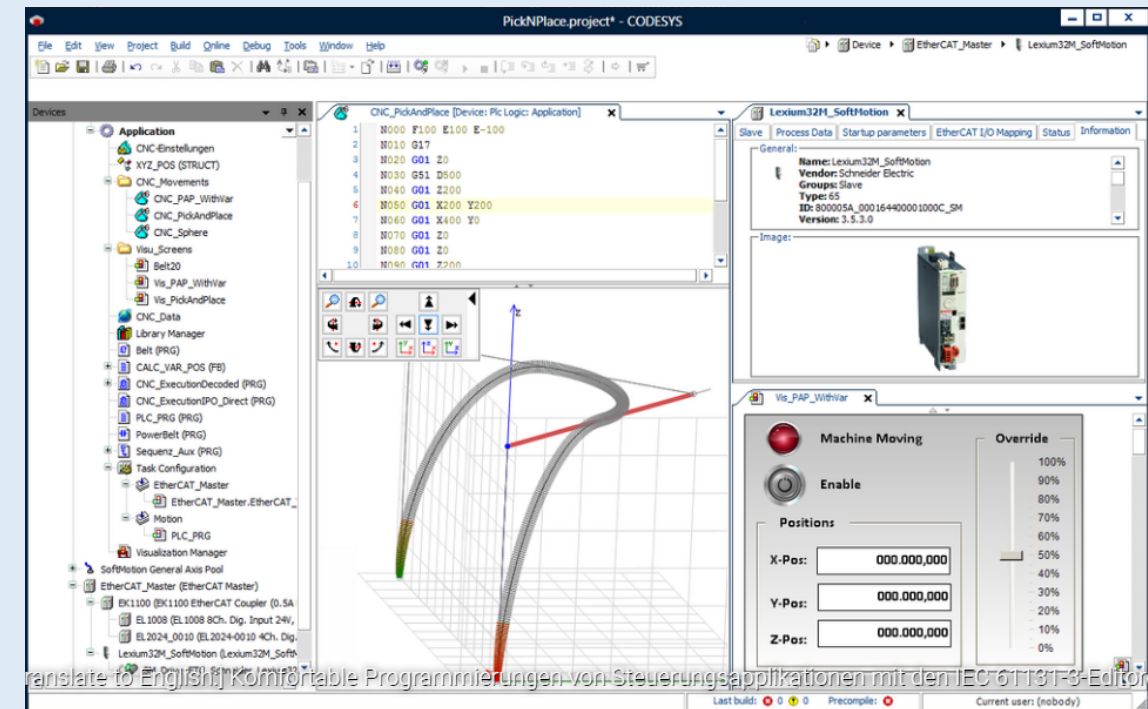
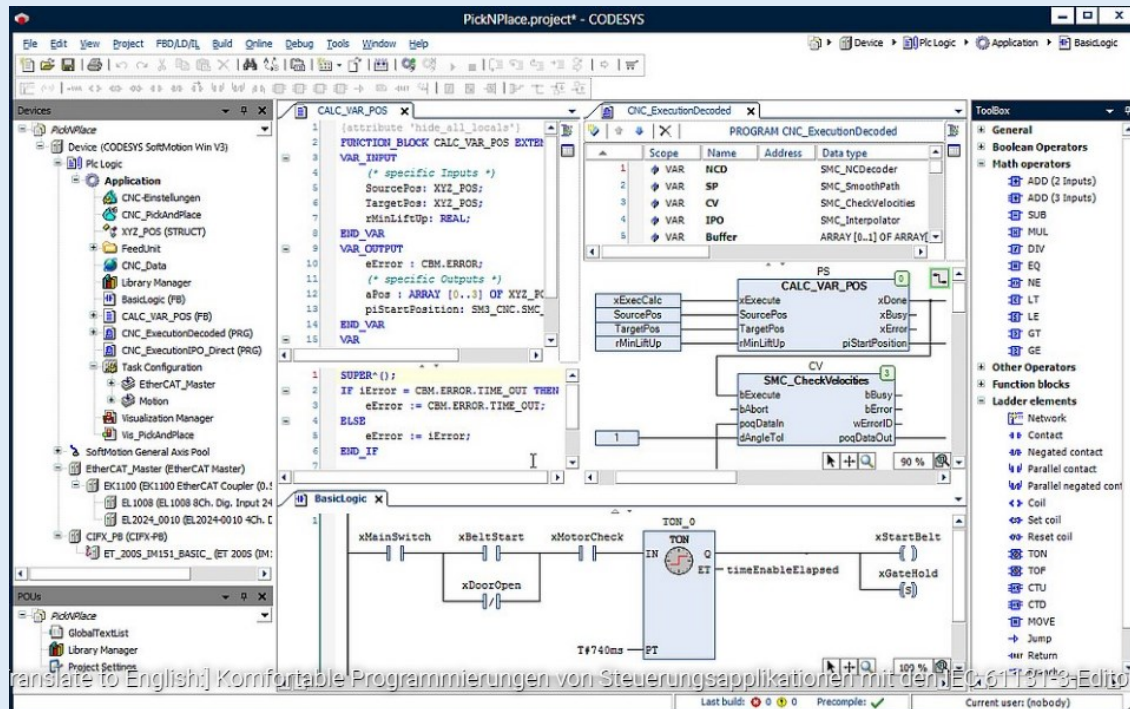
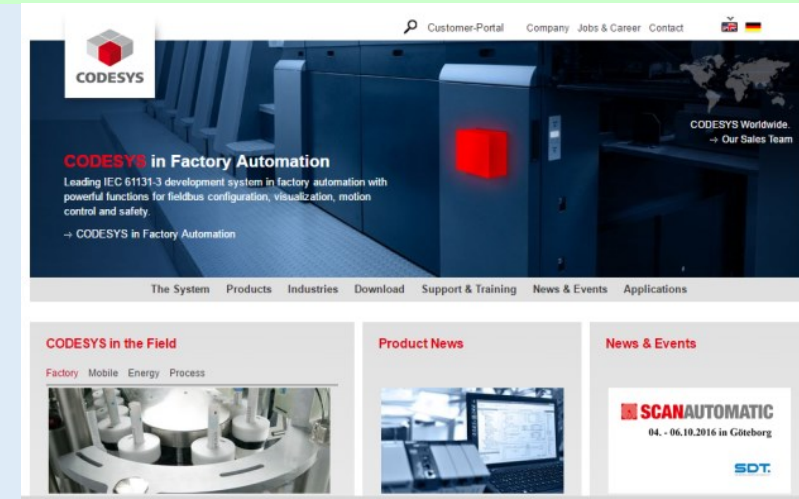
Instalar: **CODESYS 64 3.5.21.20.exe**

Ver documento Instalación e inicio CODESYS:

1. CODESYS_Installation & Start_User Doc 18.0.pdf

2. Ver **CODESYS ONLINE HELP**

<https://www.helpme-codesys.com/>



IEC 61131-3: Entornos de Desarrollo

CODESYS: Plataforma de desarrollo IEC 61131-3

<https://www.codesys.com>

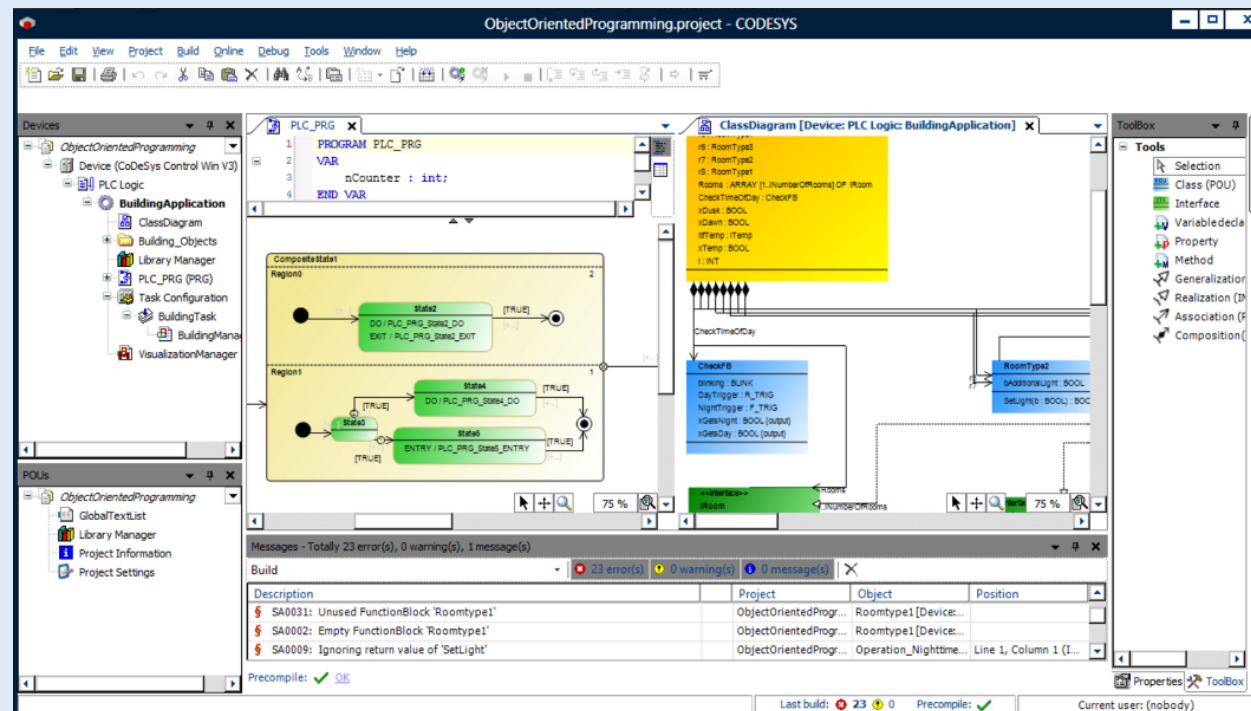
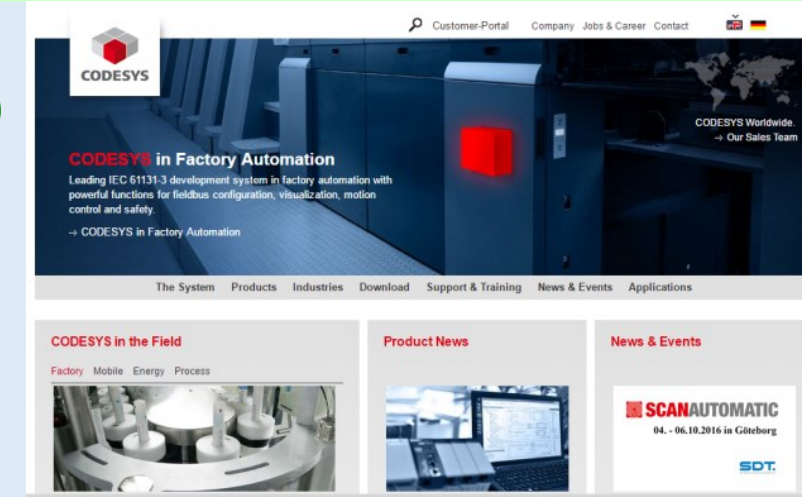
Instalar: **CODESYS 64 3.5.21.20.exe**

Ver documento Instalación e inicio CODESYS:

1. CODESYS_Installation & Start_User Doc 18.0.pdf

2. Ver **CODESYS ONLINE HELP**

<https://www.helpme-codesys.com/>



IEC 61131-3: Entornos de Desarrollo

CODESYS: Plataforma de desarrollo IEC 61131-3

<https://www.codesys.com>

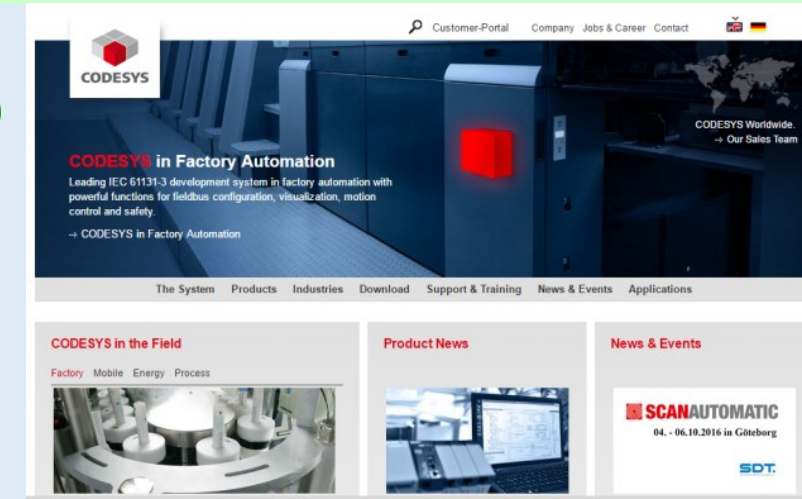
Instalar: **CODESYS 64 3.5.21.20.exe**

Ver documento Instalación e inicio CODESYS:

1. CODESYS_Installation & Start_User Doc 18.0.pdf

2. Ver **CODESYS ONLINE HELP**

<https://www.helpme-codesys.com/>



CODESYS

Installation & Start

User Doc V18.0

CODESYS V3: Installation and Getting Started

User Documentation

CODESYS is a registered trademark. Technical specifications are subject to change. Errors and omissions excepted. No reproduction or distribution, in whole or in part, without prior permission. Note: Not all CODESYS features are available in all Editions. For more information on geographic restrictions, please contact support@codesys.com.

Version: 18.0
Template: temp_instdoc_en_V3.0.docx
File name: CODESYS Installation and Start.docx

© CODESYS Group

CONTENT

	Page
1 Welcome	3
2 System Requirements and Installation	3
3 Recommendations for Data Protection	3
4 Start	3
5 Help	3
6 Creating and Running a Project	3
6.1 Start CODESYS and create a project	4
6.2 Write a control program	5
6.3 Insert and configure the objects for running and controlling the program on the PLC	7
6.4 Run and watch the application on the PLC	9
6.5 Debug an application	11
7 Remove, Modify, or Repair the Installation	12
Change History	13

Template: temp_instdoc_en_V3.0.docx

© CODESYS Group

IEC 61131-3: Entornos de Desarrollo

Otros entornos similares:

Step 7/TIA Portal (Siemens)

PC Worx / PLCnext (Phoenix Contact)

Unity Pro / EcoStruxure (Schneider)

OpenPCS (infoteam)

<https://infoteam.de/en/our-know-how/plc-programming-systems>

Etc...

