

# **Armonizando la manera en que la gente ve el control**

## **Harmonizing the way people look to control**

*el futuro está aquí*

Felipe Mateos Martín  
Profesor de la Universidad de Oviedo

## **Ficción?**

Imagine que

- \* **está en control industrial**
- \* **trabajando con 4 clases diferentes de controladores**
- \* **usando diferentes dialectos en sus lenguajes de programación**
- \* **luchando struggling to match the level of your software engineers with the electrical engineers / maintenance on the factory floor**
- \* **y viendo que la competencia lo hace mejor**

---

**Por qué? Cuales es el problema?**

## **Out of the jungle**

**La actual variedad de problemas puede reducirse ampliamente a través de la estandarización**

**... and such a standard is available**

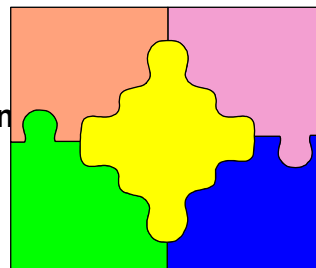
# **IEC 1131-3**

**“Lo mejor que ha ocurrido en el control industrial”**

**Sugar Lantic en Automation Maillist**

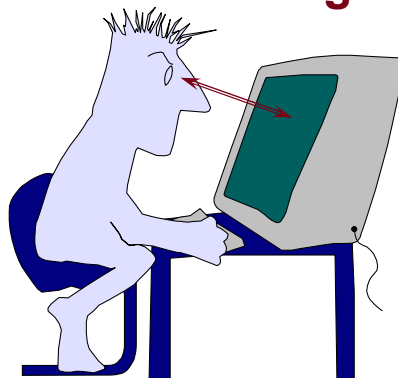
## Las 5 partes del Estándar IEC 1131

- 1 **Visión General, Definiciones** **EI**
- 2 **Hardware** **EI**
- 3 **Lenguajes de Programación** **EI**
- 4 **Guías de Usuario**
- 5 **Especificación de Servicios de Menú**



EI = Estándar Internacional

## Lenguajes de Programación IEC 1131-3 / Industrial Control Programming



**El interface entre el programador y el sistema de control**

## Lenguajes de Programación IEC 1131-3 / Industrial Control Programming



Universidad de Oviedo - Area de Ingeniería de Sistemas y Automática

### El Estándar IEC 1131-3

*Elementos Comunes*

*Lenguajes de Programación*

Universidad de Oviedo - Area de Ingeniería de Sistemas y Automática

## IEC 1131-3 : Elementos Comunes

### Elementos Comunes

a.o.

Tipos de Datos y Variables

- Representación simbólica vía etiquetas
- Area restringida para mapeo de I/O
- Independencia hardware del código

Qué es esto?

**01010101 10101010**

## IEC 1131-3 : Elementos Comunes

### Elementos Comunes

a.o.

Tipos de Datos y Variables

como:

BOOL  
BYTE  
INTEGER  
REAL  
DATE  
TIME\_OF\_DAY  
STRING

## IEC 1131-3 : Elementos Comunes

Tipos de datos y Variables  
además:

**Sus propios tipos de datos**

## IEC 1131-3 : Elementos Comunes

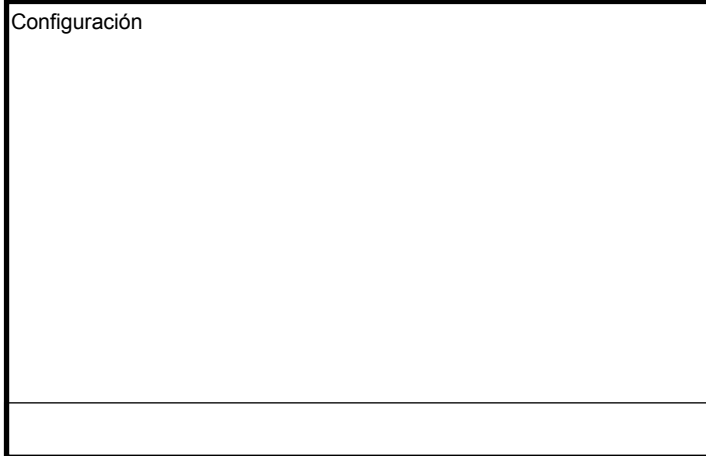
Elementos Comunes  
a.o.  
Tipos de Datos y Variables

**Configuración**

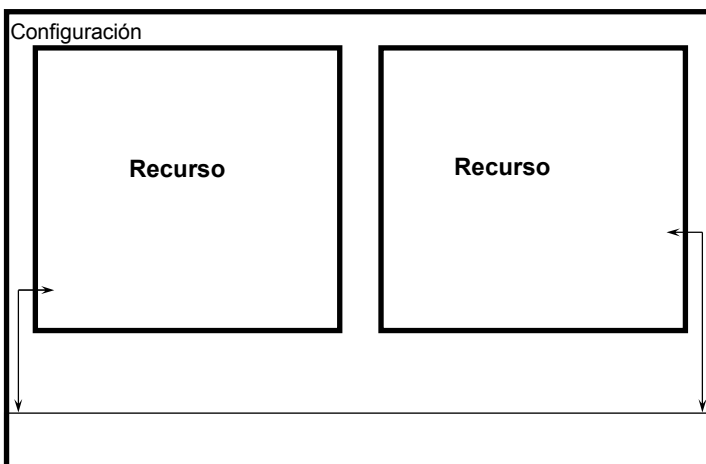
**Recursos**

**Tareas**

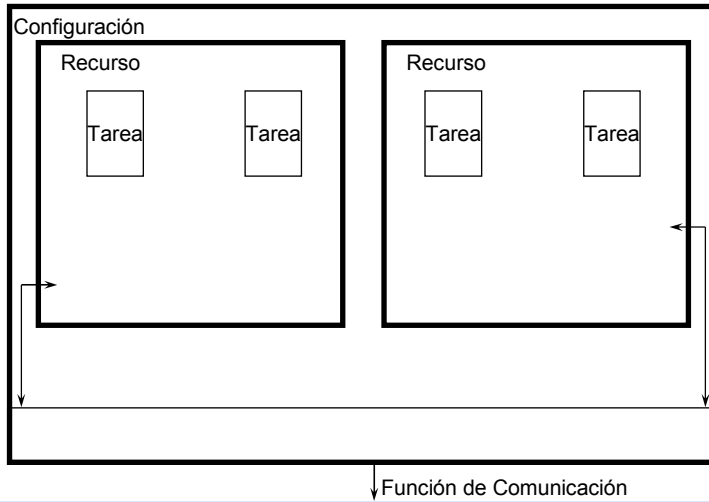
## Modelo Software IEC 1131



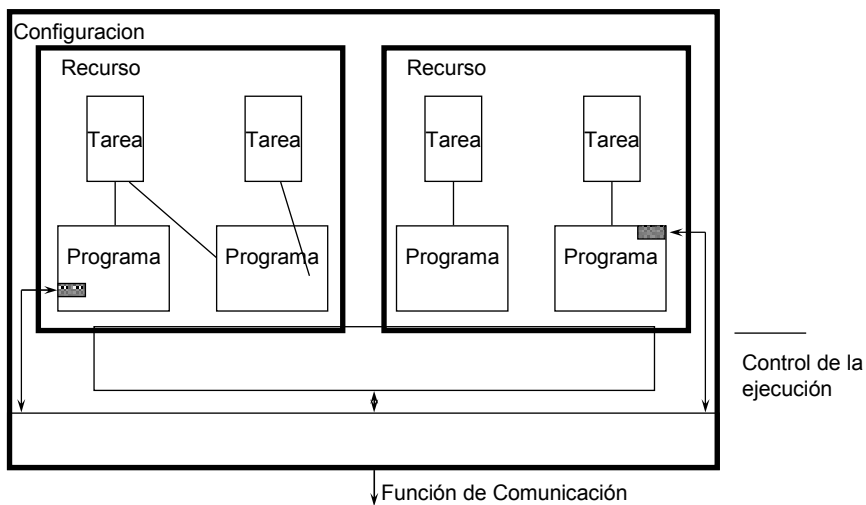
## Modelo Software IEC 1131



## Modelo Software IEC 1131

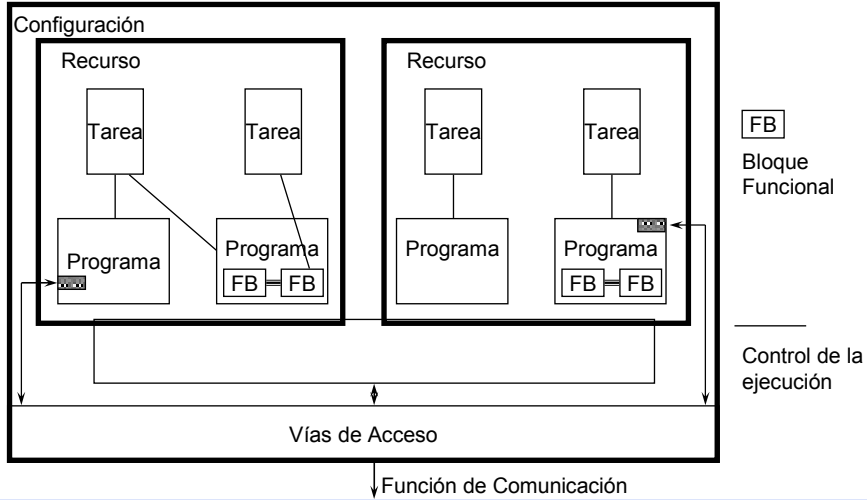


## Modelo Software IEC 1131

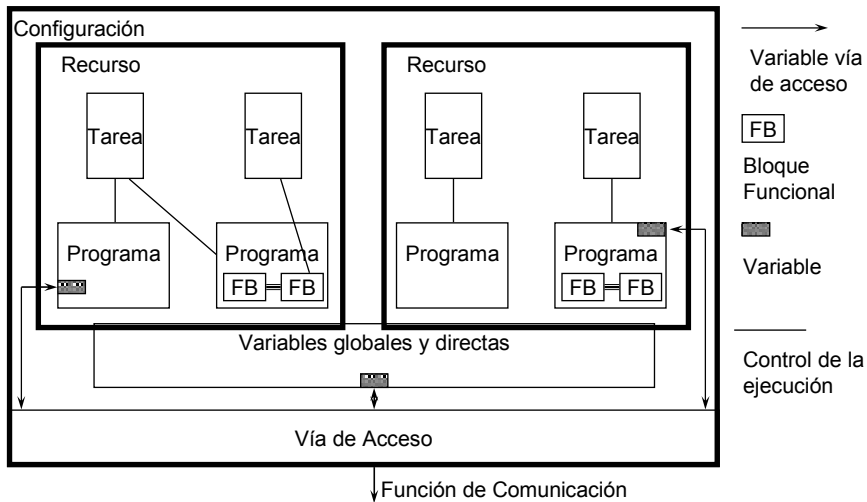




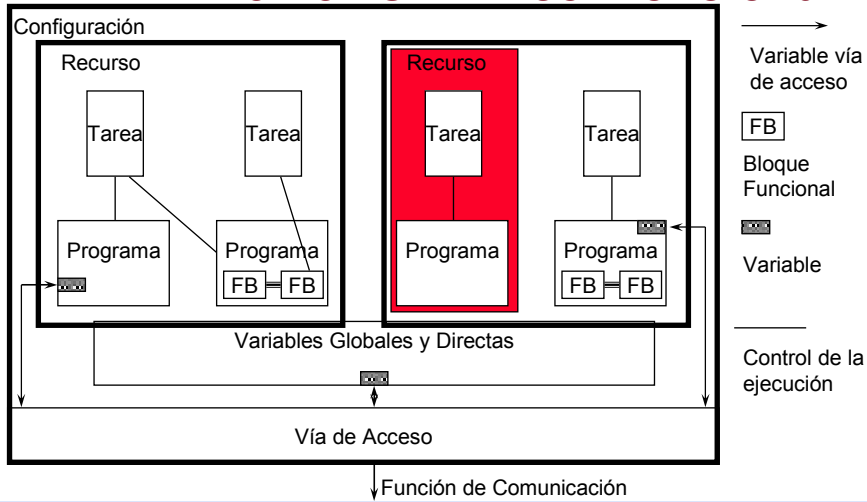
## Modelo Software IEC 1131



## Modelo Software IEC 1131



## IEC 1131-3 vs PLC convencional



## IEC 1131-3 : Elementos Comunes

### ELEMENTOS COMUNES

a.o.

Tipos de Datos & Variables  
Configuración, Recursos, Tareas

### Unidades de Organización de Programas

- \* Funciones
- \* Bloques Funcionales
- \* Programas

## Funciones .....

**\* Funciones Estándar**

ADD, SQRT, SIN, COS, GT, MIN, MAX, AND, OR, etc.

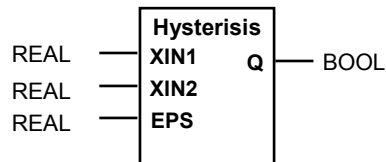
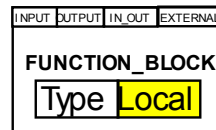
**\* Sus propias funciones:**

```

FUNCTION SIMPLE_FUN : REAL
  VAR_INPUT
    A, B   : REAL;
    C     : REAL := 1.0;
  END_VAR
  SIMPLE_FUN := A*B/C;
END FUNCTION
    
```

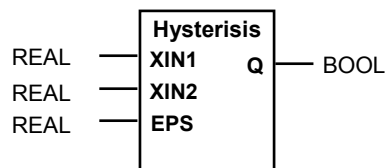
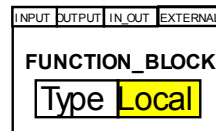
## .... & Bloques Funcionales

**◆ Bloques Funcionales Estándar**



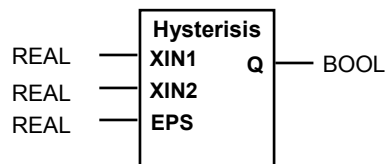
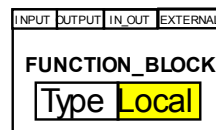
## .... & Bloques Funcionales

- ◆ Bloques Funcionales Estándar
- ◆ Bloques Funcionales suministrados adicionalmente



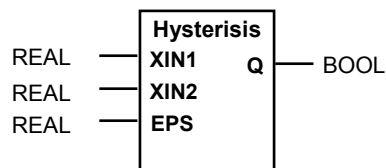
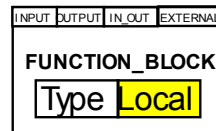
## .... & Bloques Funcionales

- ◆ Bloques Funcionales Estándar
- ◆ Bloques Funcionales suministrados adicionalmente
- ◆ Sus propios Bloques Funcionales

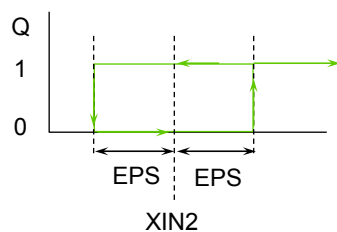
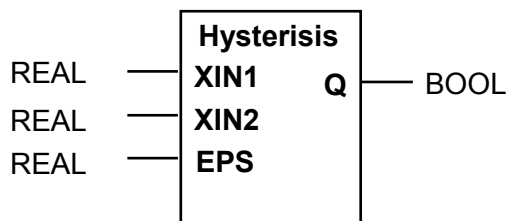


## .... & Bloques Funcionales

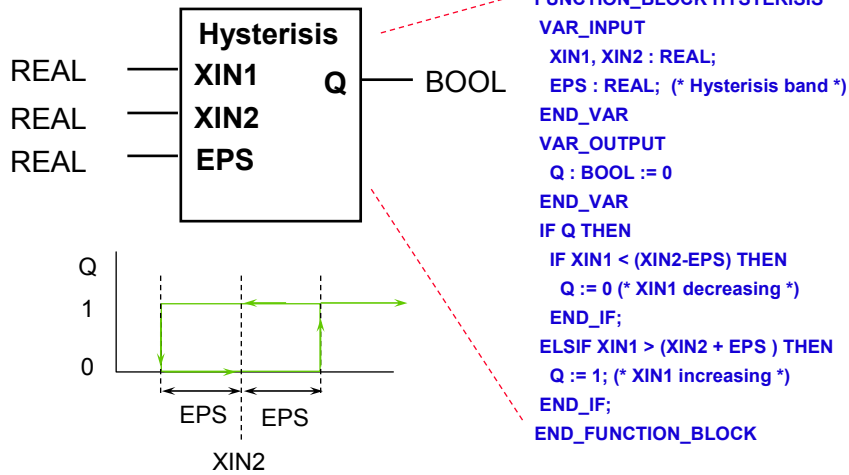
- ◆ Bloques Funcionales Estándar
- ◆ Bloques Funcionales suministrados adicionalmente
- ◆ Sus propios Bloques Funcionales
- ◆ Todos los FBs son altamente reutilizables en el mismo programa, diferentes programas e incluso en diferentes proyectos



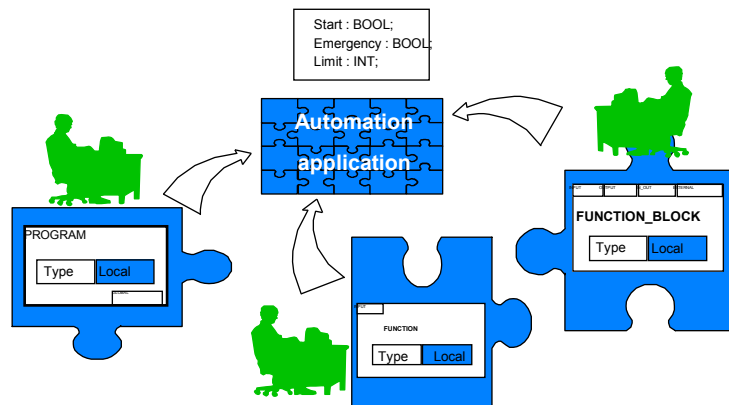
## Ejemplo de Bloque Funcional



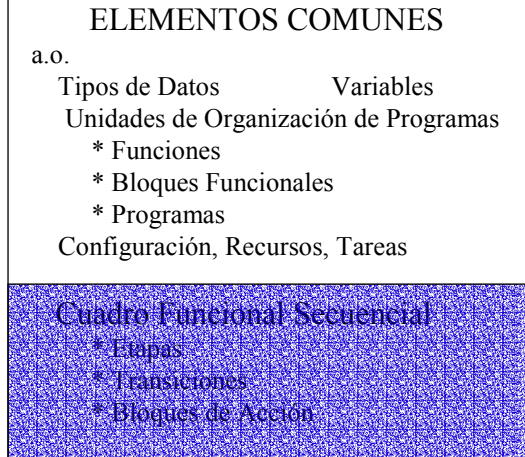
## Ejemplo de Bloque Funcional



## Programas : diseño jerárquico

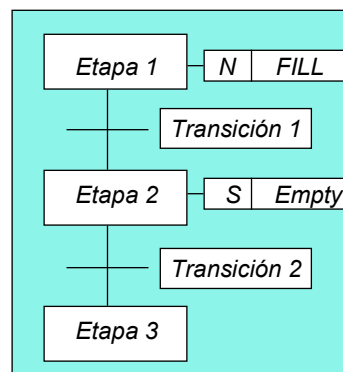


## IEC 1131-3 : Elementos Comunes



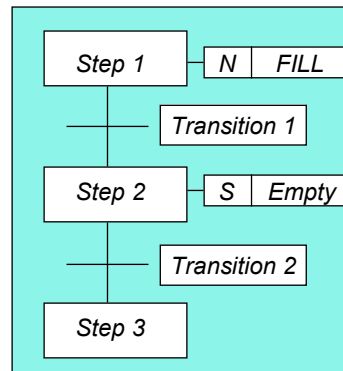
## Cuadro Funcional Secuencial, SFC

- ◆ Potente técnica gráfica para describir el comportamiento secuencial de un programa de control
- ◆ Se usa para particionar un problema de control
- ◆ Facilita el rápido diagnóstico de problemas en el algoritmo de control

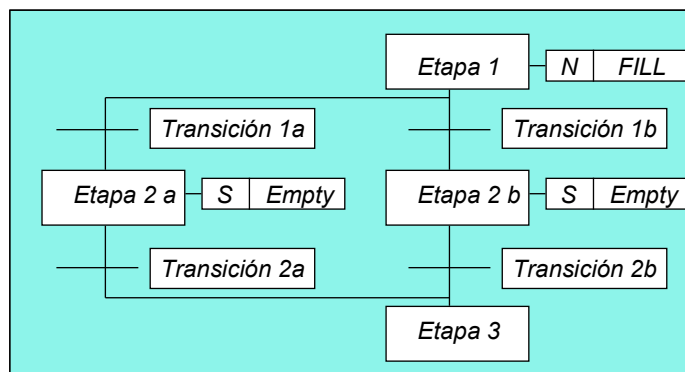


## Cuadro Funcional Secuencial, SFC

- ◆ Potente técnica gráfica para describir el comportamiento secuencial de un programa de control
- ◆ Se usa para particionar un problema de control
- ◆ Facilita el rápido diagnóstico de problemas en el algoritmo de control
- ◆ Los elementos son ETAPAS con BLOQUES DE ACCIÓN y TRANSICIONES
- ◆ Permite secuencias alternativas y paralelas



## SFC : Secuencias en paralelo





## El Estándar IEC 1131-3

*Elementos Comunes*

*Lenguajes de Programación*

## Los Lenguajes de Programación IEC 1131-3

Lista de Instrucciones

LD	A
ANDN	B
ST	C

Texto Estructurado

C:= A AND NOT B
-----------------

Diagrama de Bloques Funcionales

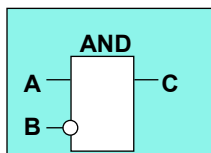
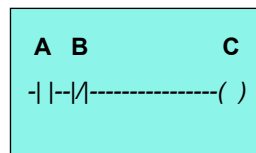
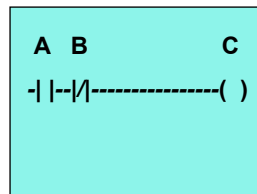


Diagrama de Escalera



## Diagrama de Escalera (LD)

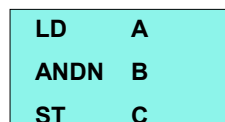
- ◆ Estandarizado, rationalized set of relay ladder programming symbols
- ◆ Based on well-known North american style of programming, resembling US-type of electrical drawing standard



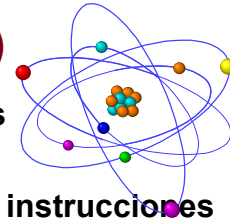
## Lista de Instrucciones (IL)



- ◆ Single Accumulator based execution model
- ◆ Basado en el Alemán "Anweisungsliste", AWL
- ◆ Una operación como almacenar un valor en el registro acumulador es permitida por línea



## Texto Estructurado (ST)

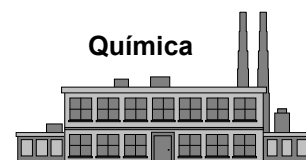
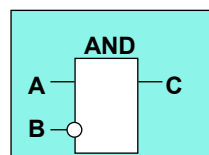


- ◆ Lenguaje de alto nivel, estructurado en bloques
- ◆ Sintaxis parecida a PASCAL
- ◆ Posibilidad de utilizar expresiones complejas e instrucciones anidadas
- ◆ Soporte para
  - Bucles (REPEAT-UNTIL; WHILE-DO)
  - Ejecución condicional (IF-THEN-ELSE; CASE)
  - Funciones (SQRT(), SIN(), ...)

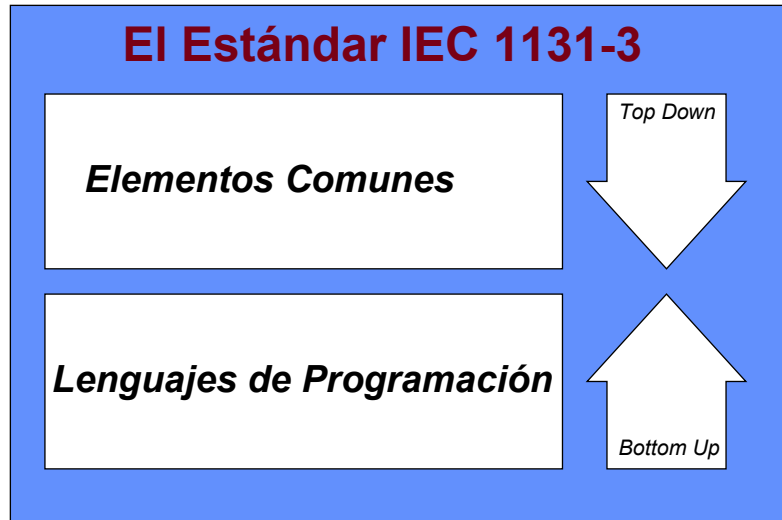
```
C:= A AND NOT B
```

## Diagrama de Bloques Funcionales (FBD)

- ◆ Lenguaje gráfico ampliamente usado en Europa
- ◆ Permite elementos de programa que aparecen como bloques ser conectados en una forma análoga a un diagrama de circuito
- ◆ Se usa en muchas aplicaciones que implican el flujo de información o datos entre componentes de control



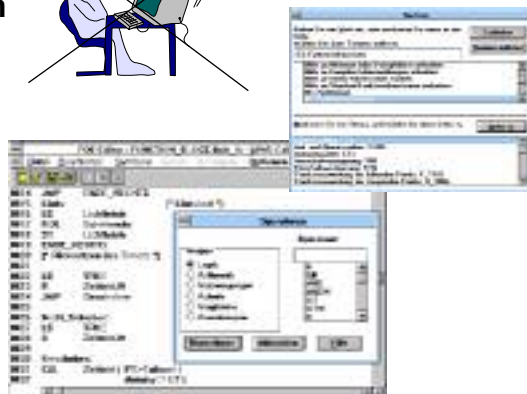
## El Estándar IEC 1131-3



## Entornos de Programación IEC

Muchos de ellos ofrecen:

- ◆ Pantallas de programación gráfica
- ◆ Soporte para múltiples ventanas
- ◆ Operaciones con el ratón
- ◆ Menús desplegables
- ◆ Ayuda en línea
- ◆ Verificación del software durante el diseño



## Caraterísticas claves calidad IEC 1131-3

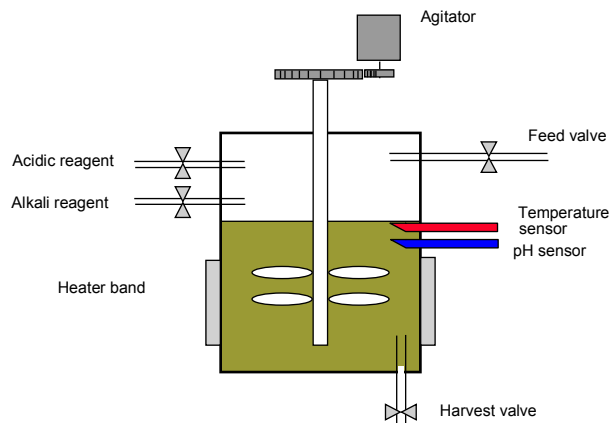
- ♦ **Software Estructurado** - *a través del uso de Configuraciones, Recursos y Unidades de Organización de Programa (POUs)*
- ♦ **Tipeado de Datos** - *a través de lenguajes que restringen las operaciones a los tipos de datos adecuados*
- ♦ **Control de la Ejecución** - *a través del uso de Tareas*
- ♦ **Comportamiento Secuencial Complejo** - *a través de los Esquemas Funcional Secuencial*
- ♦ **Encapsulación del Software** - *a través del uso de POU's, estructuras y tipos de datos complejos*

## Un ejemplo

### Sistema de Control de Fermentación

cortesía de Omron Electronics

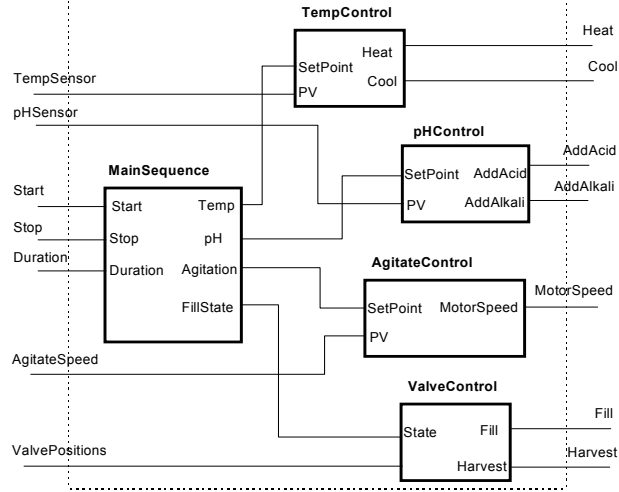
## Proceso de Fermentación



## Fermentation control decomposition

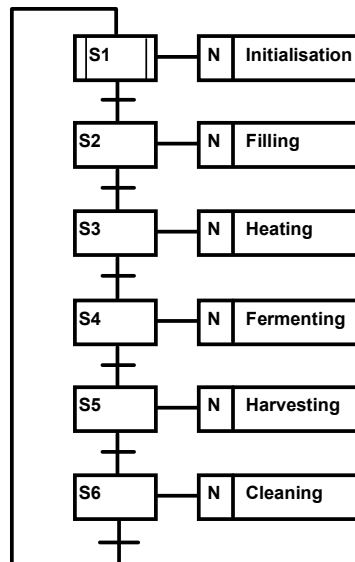
- **MainSequence** *e.g. top level process steps - filling, heating, agitating, fermenting, harvesting, cleaning.*
- **Valve control** *e.g. operating valves used to fill and empty the fermentation vessel*
- **Temperature control** *for monitoring the temperature of the vessel and modulating the heater.*
- **Agitator control** *for the agitator motor activated as demanded by the main process sequence.*
- **pH Control** *for monitoring the acidity of the fermentation contents and adding acidic or alkali reagents.*

### Fermentation control program



### Main sequence SFC

*Shows the main process states*

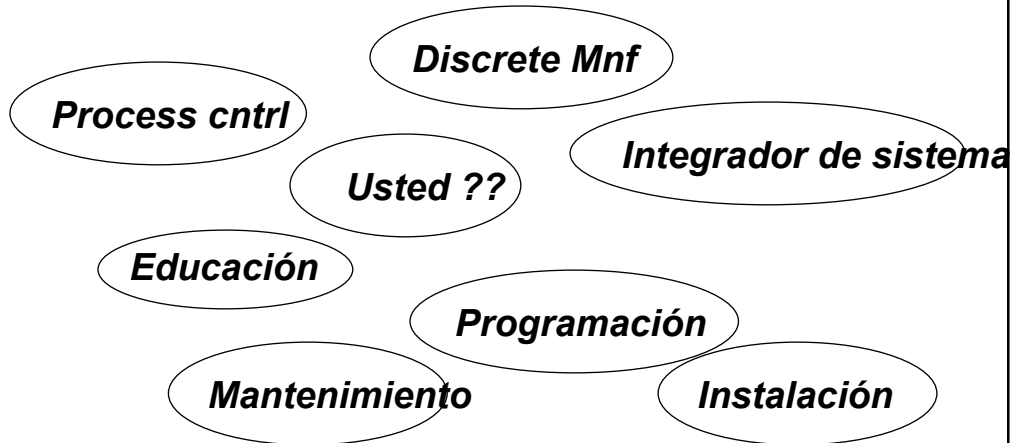


**Las Acciones y Transiciones  
se pueden programar en  
cualquiera de los cuatro  
Lenguajes de Programación  
IEC 1131-3**

**¿Cual es el beneficio de este Estándar?**



## Usuarios? Qué Usuarios?



## Usuarios? Qué Usuarios?

- Líneas de producción de automóviles
- Plantas de tratamiento de agua
- Industria de la alimentación
- Cable manufacturing
- Semi-conductor clean room automation
- Theme-park roller coasters
- Planta de tratamiento de residuos nucleares
- This wide range encompass different skills

---

## ¿Cual es el beneficio de este Estándar?

- ◆ Reduced waste of human resources (in training, debugging, maintenance and consultancy)

---

## ¿Cual es el beneficio de este Estándar?

- ◆ Reduced waste of human resources (in training, debugging, maintenance and consultancy)

Creating a focus to problem solving via software re-usability (reduced application investment and supplier dependency)

## ¿Cual es el beneficio de este Estándar?

- ◆ Reduced waste of human resources (in training, debugging, maintenance and consultancy)
- ◆ Creating a focus to problem solving via software re-usability (reduced application investment and supplier dependency)

Reduced misunderstandings and errors

## ¿Cual es el beneficio de este Estándar?

- ◆ Reduced waste of human resources (in training, debugging, maintenance and consultancy)
- ◆ Creating a focus to problem solving via software re-usability (reduced application investment and supplier dependency)
- ◆ Reduced misunderstandings and errors

Programming techniques usable in more environments  
(general industrial control)

## ¿Cual es el beneficio de este Estándar?

- ◆ Reduced waste of human resources (in training, debugging, maintenance and consultancy)
- ◆ Creating a focus to problem solving via software re-usability (reduced application investment and supplier dependency)
- ◆ Reduced misunderstandings and errors
- ◆ Programming techniques usable in more environments (general industrial control)

Combining harmonously different components from different locations, companies or countries, or projects

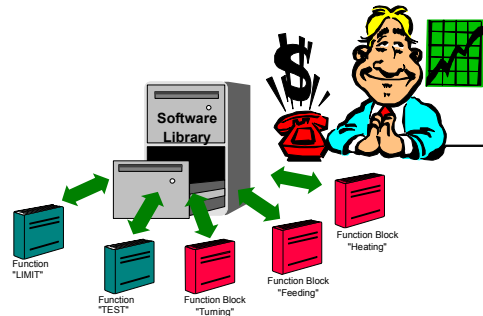
## ¿Cual es el beneficio de este Estándar?

- ◆ Reduced waste of human resources (in training, debugging, maintenance and consultancy)
- ◆ Creating a focus to problem solving via software re-usability (reduced application investment and supplier dependency)
- ◆ Reduced misunderstandings and errors
- ◆ Programming techniques usable in more environments (general industrial control)
- ◆ Combining harmonously different components from different locations, companies or countries, or projects

Increased connectivity (investment protection)

## ¿Cual es el beneficio de este Estándar?

- ◆ Reduced waste of human resources (in training, debugging, maintenance and consultancy)
- ◆ Creating a focus to problem solving via software re-usability (reduced application investment and supplier dependency)
- ◆ Reduced misunderstandings and errors
- ◆ Programming techniques usable in more environments (general industrial control)
- ◆ Combining harmonously different components from different locations, companies or countries, or projects
- ◆ Increased connectivity (investment protection)



## Ventajas para el nivel educativo

Los cursos de programación IEC 1131-3 son:

- ◆ Independientes del proveedor
- ◆ Independientes del producto
- ◆ Encaja mejor la teoría con la práctica
- ◆ Basados en técnicas de programación actuales y pensamiento estructurado

---

**1993:**  
**IEC 1131-3 is reality**  
**as a paper standard**  
  
**and now.....**

---

---

## **.. El problema de la Gallina y el Huevo**

### **Usuarios vs. Proveedores**

- ◆ Ven los beneficios del estándar
- ◆ pero necesitan productos
- ◆ que cubran sus necesidades
- ◆ uncertainty about its effect
- ◆ elección estratégica
- ◆ high investment (SW + HW)
- ◆ uncertain on ROI

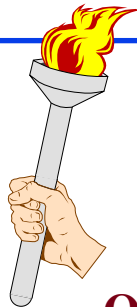
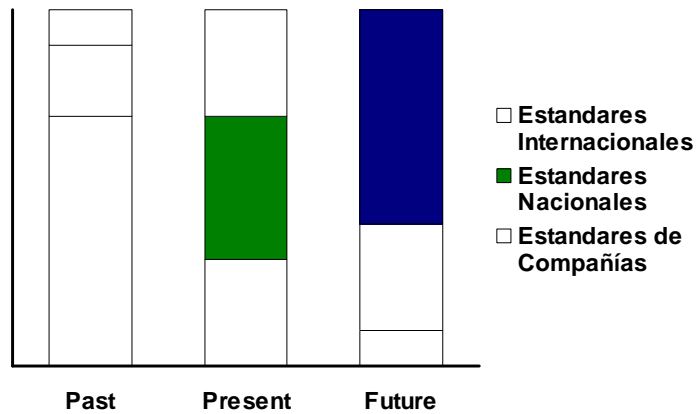
**La Asociación PLCopen**  
**Standardization in Industrial Control Programming**

**What does PLCopen want and do**  
**and how does it effect you**

**La Tecnología necesita estándares**

**nadie /  
ninguna compañía  
puede hacerlo por sí misma**

## Cambio en la importancia de los estándares



## La Misión de PLCopen

**Queremos ser la asociación líder resolviendo temas relacionados con la programación de controladores para apoyar el uso de estándares internacionales en este campo.**

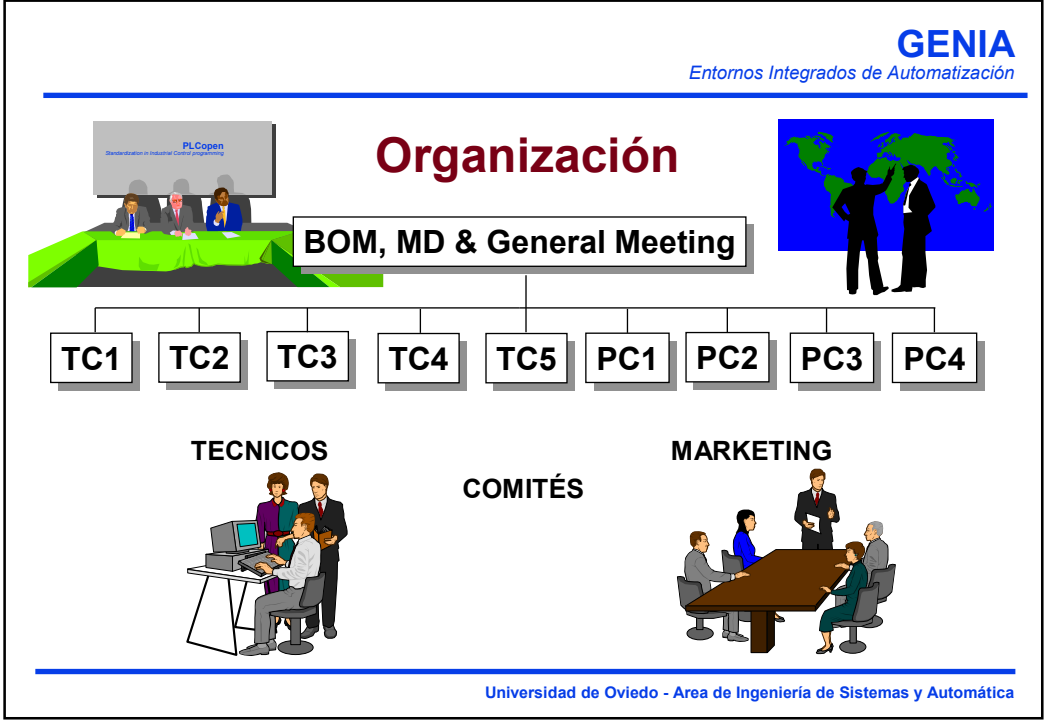


## ¿Y eso qué significa?

- ◆ Todos los miembros son iguales: un miembro = un voto
- ◆ PLCopen se enfoca hacia servicios independientes no hacia productos
- ◆ Focus towards users' awareness
- ◆ Dedicación a los usuarios y proveedores miembros

## Programando en su entorno

Database Tools	Visualización / HMI	Project design Tools
Documentation Tools	<b>Programming Tools</b>	Debugging Tools
Networking Tools	Configuration Tools	Simulation Tools



## **TC1: Estándares**

- ◆ IEC 1131-3 es mejorado con Corrigendum & Amendments
- ◆ Development of joint PLCopen position for IEC
- ◆ Comunicación de información desde IEC a PLCopen
- ◆ Propuesta de mejoras
- ◆ Focussed to upcoming update: end 1997

## **TC2: Funciones**

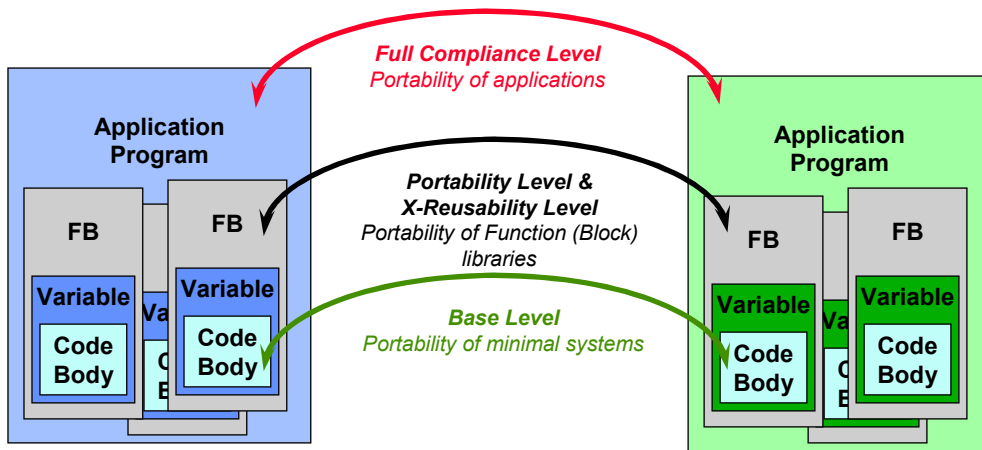
- ◆ **Convenios de llamadas a Bloques Funcionales**
- ◆ **Definición de librerías de Bloques Funcionales**
- ◆ **... por ejemplo: Motion Control Profile: the integration of different technologies**

## **TC3 : La esencia de la conformidad sin pruebas no hay estándar**

- ◆ **El estándar IEC 1131 solo da unas reglas básicas para la conformidad**
- ◆ **La certificación es una guía para los usuarios en el camino hacia sistemas de programación realmente conformes con IEC 1131-3 (p.e. PLCopen certifica la conformidad de los productos)**



## TC3: Niveles de conformidad de PLCopen



## Compliancy: Portability Level

### Definition Portability Level

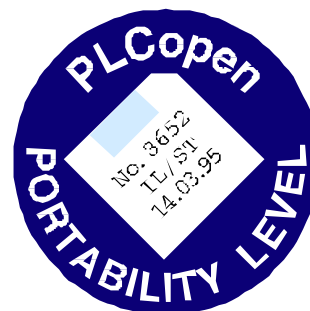
Portability Level provides the exchange of Functions and Function Blocks between programming systems of different manufacturers, with the same functionality to the user

**NB. this is NOT a part of IEC 1131-3**

## Compliance: Results and Status (Oct. '99)

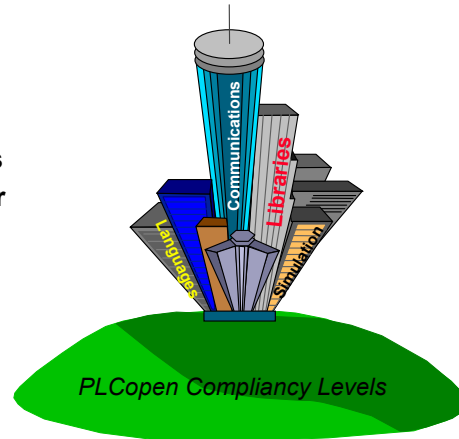
- ◆ Accreditation installed: two institutes accredited
- ◆ Base Level definition ready for IL, ST and SFC. LD and FBD in progress
- ◆ Test software ready for IL, ST and SFC. FBD and LD in preparation
- ◆ 17 software packages certified (see newsletter and website for status)

## Conformidad: Resultados



## Compliance levels build a foundation for:

- ◆ a common understanding of automation system programming worldwide
- ◆ the development of new tools like additional programming languages
- ◆ the definition of function blocks for communication procedures independent of underlying bus systems
- ◆ the creation of libraries, be it for special branch applications or for standard solutions



## TC4: Comunicaciones

- ◆ Interfaces de comunicaciones
- ◆ Interfaces to add-on packages
- ◆ Formato de intercambio entre aplicaciones
- ◆ Se ha realizado el mapeo de Profibus
- ◆ El mapeo de CANopen está en fase de realización

## ***TC5: Safe software guidelines***

- ◆ **Support for safe programming techniques**
- ◆ **Focus to IEC 1508 “Functional Safety of Safety Related systems”**
- ◆ **Guidelines for the use of the IEC standard**
- ◆ **Function Blocks can be certified**
- ◆ **Basis for easier commissioning**

## ***General Promotion***

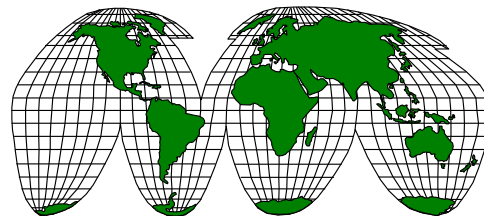
- ◆ **PC1: General Promotion**
- ◆ **PC3: Promotion North America**
- ◆ **PC4: Promotion Japan**

## ***PC2: Common training program***

- ◆ The effect of training is often underestimated
- ◆ Standardization can be very useful and provide a better interface between study and reality
- ◆ PC2 defined common basics for training..
- ◆ .. for instance: a IEC 1131-3 training guideline is published
- ◆ Training facilities fulfilling basic requirements can be certified and listed / referenced to (see newsletter and website for listing)

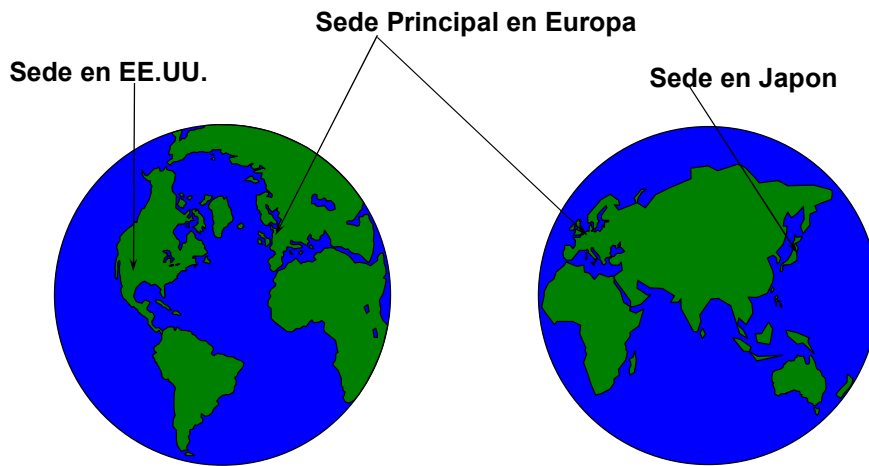
## **PLCopen como una asociación de carácter mundial**

- ◆ > 100 miembros (Oct. 1999)
- ◆ de 21 países de todo el mundo
- ◆ Proveedores, Institutos y usuarios
- ◆ Visite PLCopen en Internet para una lista completa



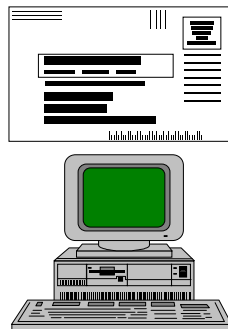


## **PLCopen as a World-wide association**



Universidad de Oviedo - Area de Ingeniería de Sistemas y Automática

# **PLCopen**



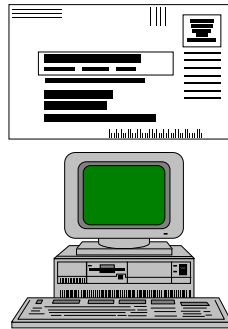
**Eelco van der Wal**  
P.O. Box 2015  
NL 5300 CA Zaltbommel  
Netherlands  
Tel: 31-418-541139  
Fax: 31-418-516336

**[www.plcopen.org](http://www.plcopen.org)**  
email: [evdwal@plcopen.org](mailto:evdwal@plcopen.org)

Universidad de Oviedo - Area de Ingeniería de Sistemas y Automática

---

# PLCopen N.A.



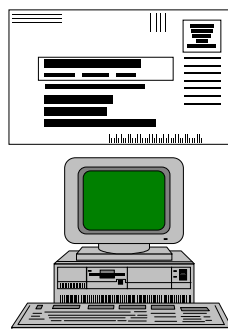
**Jeremy Pollard**  
**Barrie, Ontario, Canada**

email: [plcopen@pcss.on.ca](mailto:plcopen@pcss.on.ca)

**[www.plcopen.org](http://www.plcopen.org)**

---

# PLCopen Japan



**Yoshio Jamaguchi san**  
**3rd Floor, 3-61-8, Wada**  
**Suginami-ku**  
**Tokyo 166, Japan**

**Tel: (+81) 3 3315 0194**

**Fax: (+81) 3 3315 0192**

**[www.plcopen.org](http://www.plcopen.org)**

email: [plcopen-japan@mugen.com](mailto:plcopen-japan@mugen.com)

## **La Asociación PLCopen**

**Juntos podemos hacer que suceda:**

**Estandarización en la programación industrial**