



PLCs

LENGUAJE SFC

(Sequential Function Chart)



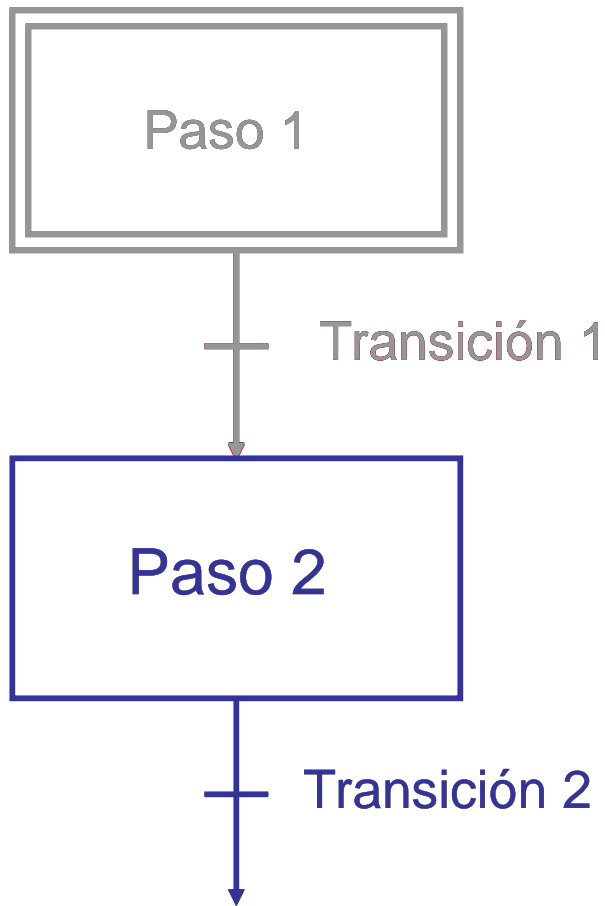
Introducción

Lenguaje gráfico basado en operaciones secuenciales

Programa SFC: secuencia de pasos, transiciones y saltos

- 1 Entre dos pasos debe existir al menos una transición
- 2 Entre dos transiciones debe existir al menos un paso
- 3 Debe existir al menos un paso inicial

Secuencia de ejecución en SFC



Paso 1 inactivo

Transición 1 inhibida

Paso 2 activo

Transición 2 habilitada

- Gestión de pasos y transiciones por parte del SO
- Segmentación de código: solo se ejecuta el código de los pasos activos



Ejemplo

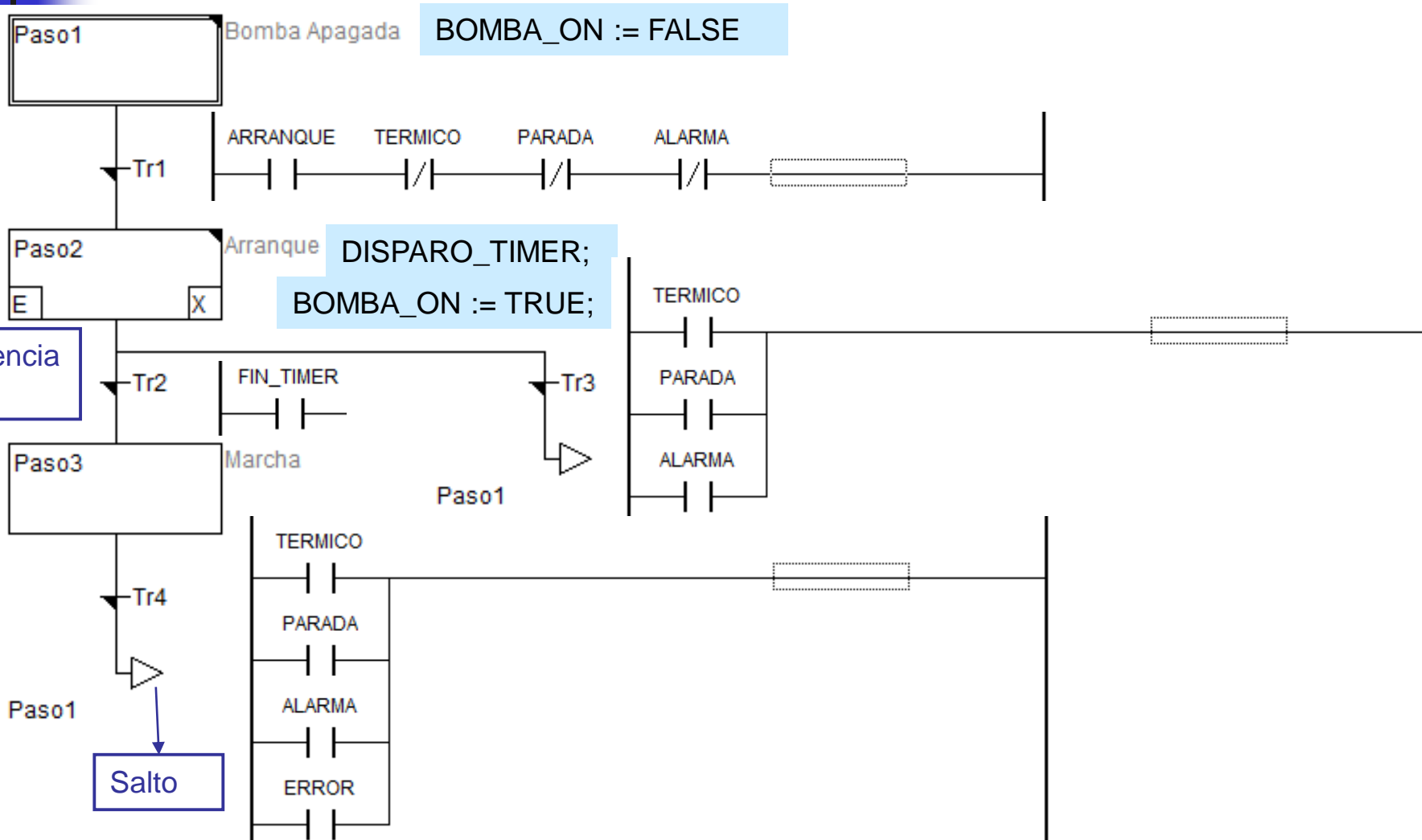
- La bomba será encendida si:
 - Se pulsa botón de arranque
 - Protección térmica deshabilitada
 - Botón de emergencia abierto
 - Botón de parada abierto
- Después de un tiempo T a partir del encendido no puede existir ni sobre ni baja corriente



Ejemplo

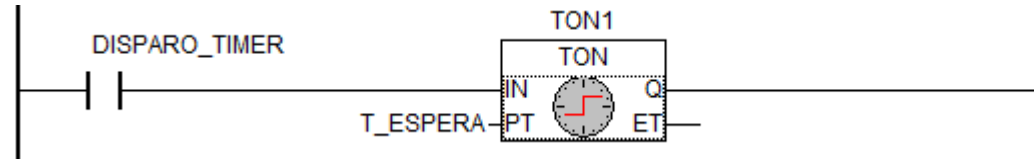
- Apagado:
 - Se pulsa botón de parada
 - Salta protección térmica
 - Se pulsa botón de emergencia
 - Se pasa uno de los límites de corriente

Ejemplo: Niveles 1 y 2

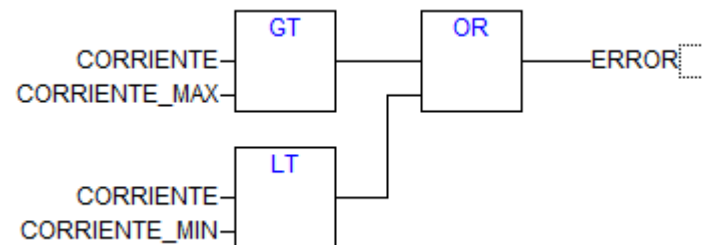


Ejemplo: Nivel 2

TRANSICION 2



PASO 3





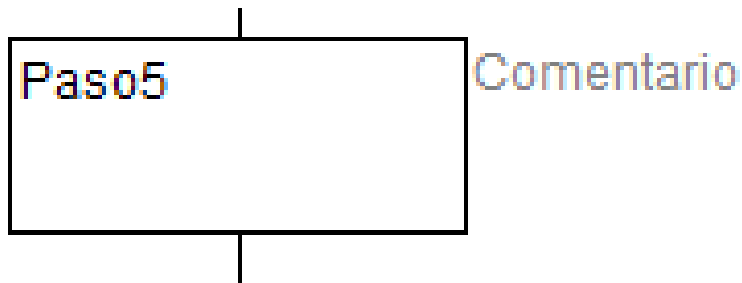
Componentes SFC

- Componentes básicos:
 - pasos
 - pasos iniciales
 - transiciones
 - saltos a pasos



El Paso

- Representación:





El Paso

- Nivel 1: nombre y comentario
- Estados: activo o inactivo
- Estado Activo: desde el disparo de una transición cualquiera anterior hasta el disparo de una transición cualquiera posterior



El Paso

Consiste en una secuencia de acciones. Existen 3 tipos de acciones:

Tipo *boolean*: relacionan valor de variables booleanas y estado del paso

VAR;	VAR = actividad del paso
/ VAR;	VAR = actividad del paso negada
VAR(S);	Setea VAR con la actividad del paso
VAR(R);	Resetea VAR con la actividad del paso

Tipo N (*non-stored*): se ejecutan en cada ciclo mientras el paso está activo

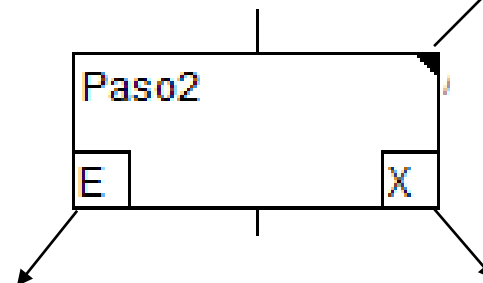
```
ACTION (N):  
    (* Instrucciones *)  
END_ACTION;
```

Tipo P (*pulsed*): se ejecutan una sola vez cada vez que el paso está activo

```
ACTION (P):  
    (* Instrucciones *)  
END_ACTION;
```

Acciones

En el PLC del laboratorio disponemos de 3 acciones principales:



Tipo P de entrada: se ejecutan una sola vez cuando se ingresa al paso (“Entry Action”)

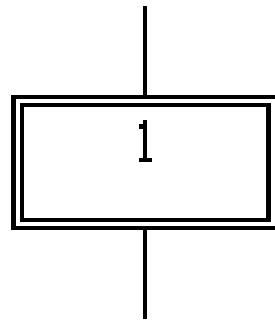
Tipo P de salida: se ejecutan una sola vez cuando se sale del paso (“Exit Action”)

Tipo N: se ejecutan en cada ciclo mientras el paso está activo



El Paso Inicial

- Un programa comienza en el paso inicial.
- El paso inicial se representa con doble recuadro:

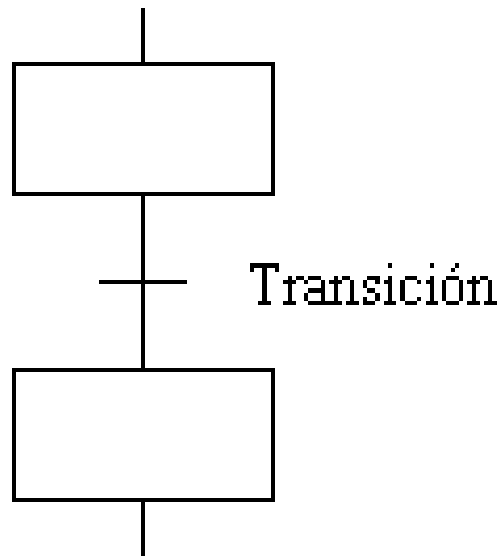


Paso Inicial



La Transición

- Representación:





La Transición

- Nivel 1: nombre y comentario
- Dos estados posibles: habilitada o deshabilitada
- Una transición está habilitada si todos los pasos unidos a ella están en estado activo.

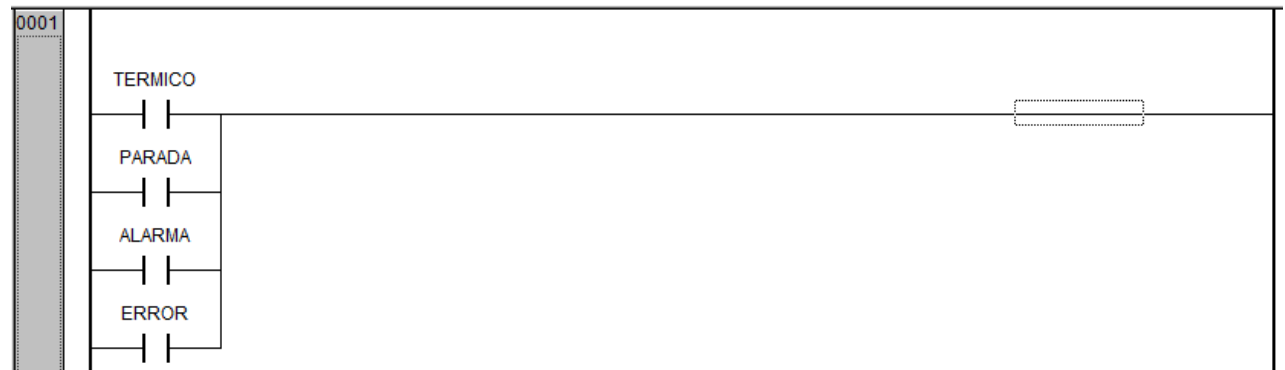


La Transición

- Nivel 2: secuencia de sentencias con resultado booleano
- Condición de disparo: resultado = TRUE
- El disparo activa el paso siguiente

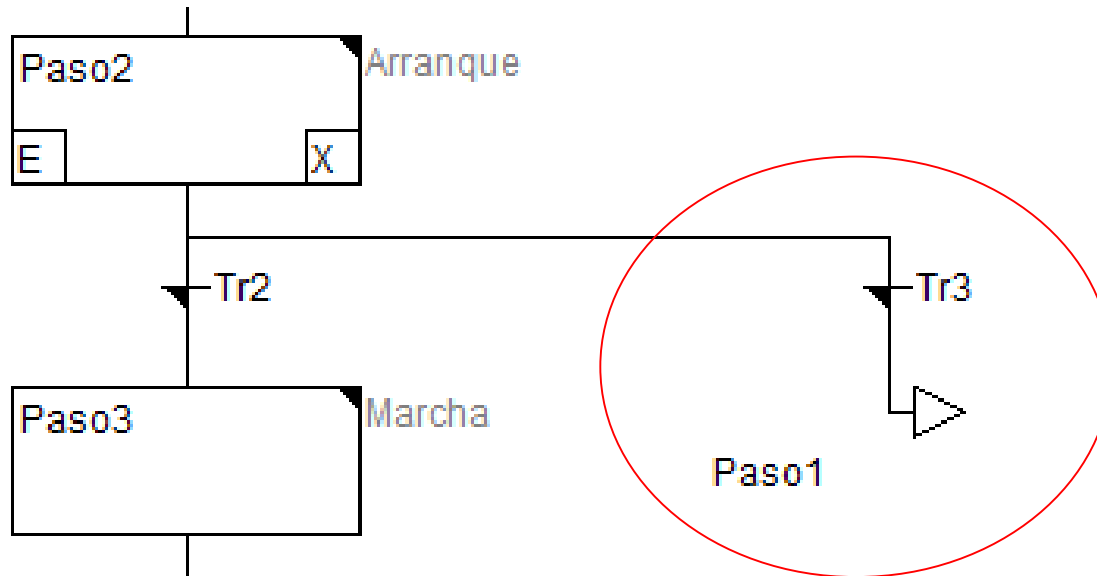
La Transición

- Lenguajes posibles en el PLC del laboratorio:
 - IL
 - LD
 - FBD
 - ST



Salto

■ Representación:

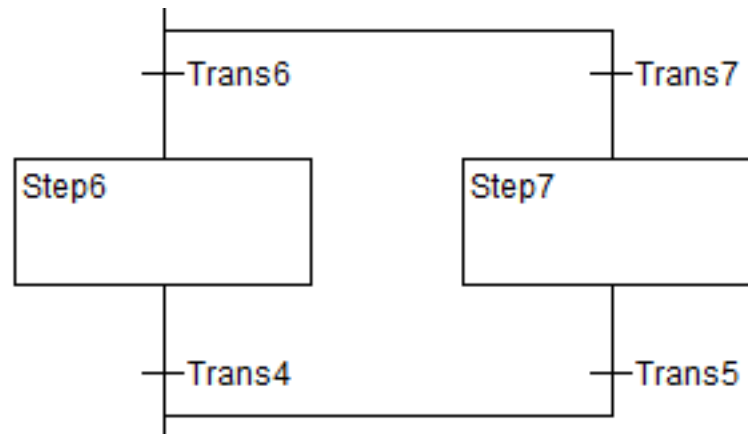
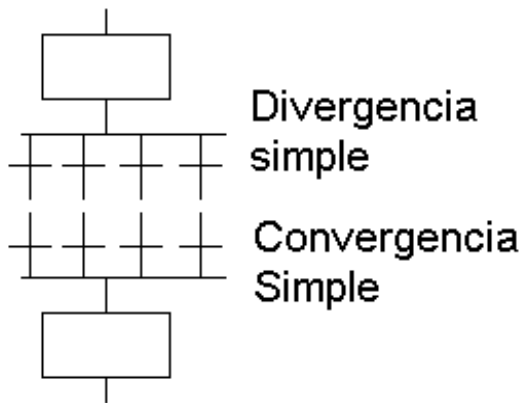




Divergencias y Convergencias

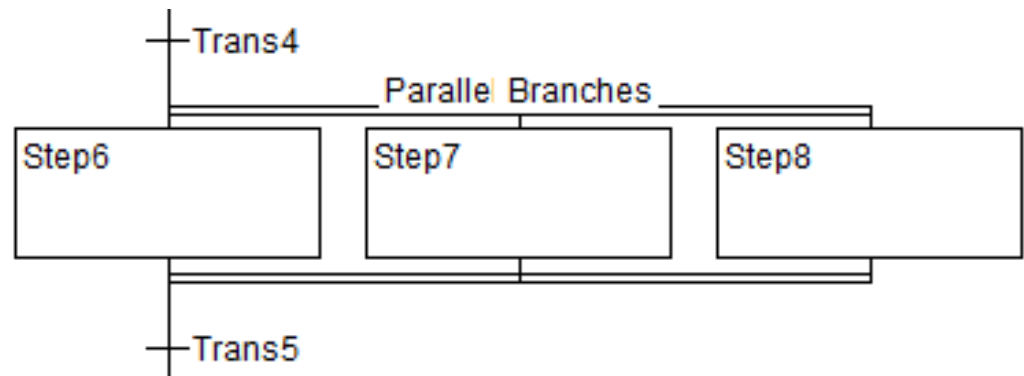
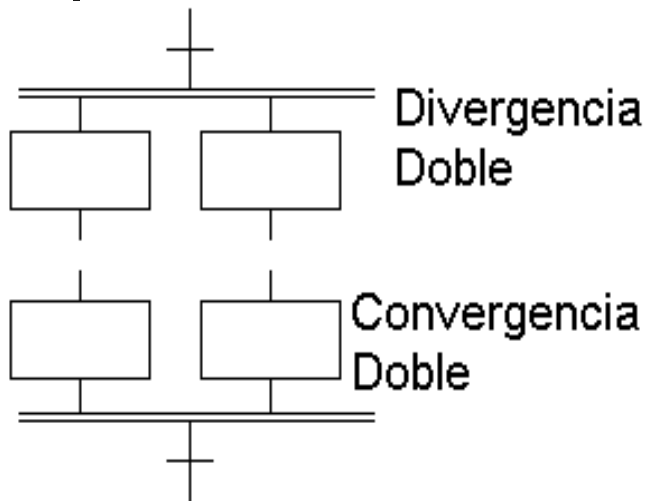
- Divergencias/Convergencias
 - Simples – Ramas Alternativas (OR)
 - Dobles – Ramas Simultáneas (AND)

Convergencias/Divergencias Simples (Alternativas)



- Divergencia simple: La actividad del paso previo habilita todas las transiciones.
- Convergencia simple: El disparo de una transición cualquiera activa el paso siguiente.

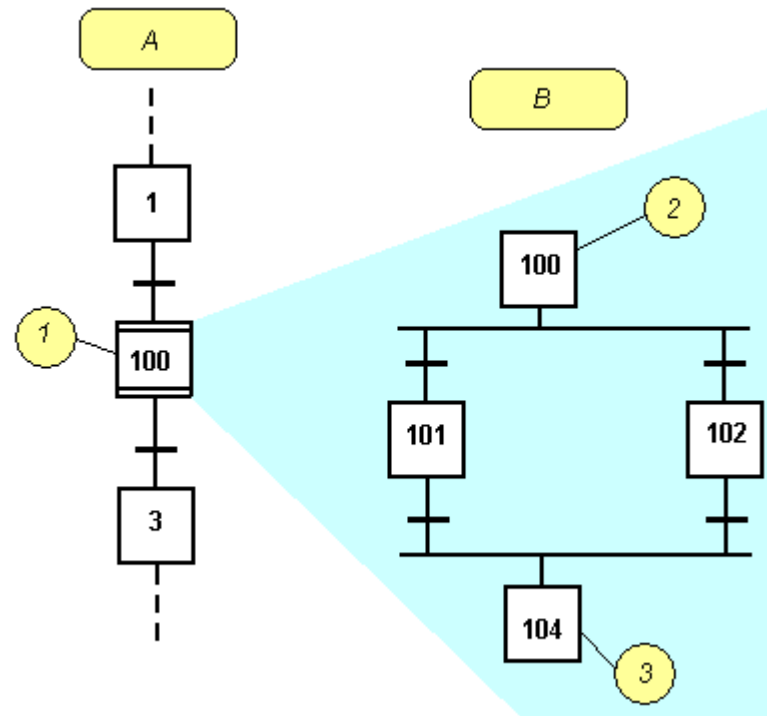
Convergencias/Divergencias Dobles (Simultáneas)



- Divergencia doble: el disparo de una transición activa todos los pasos.
- Convergencia doble: la transición está habilitada si todos los pasos están activos

Macros (Subsecuencias)

- Grupo de pasos y transiciones
- Ayuda a simplificar secuencias complejas

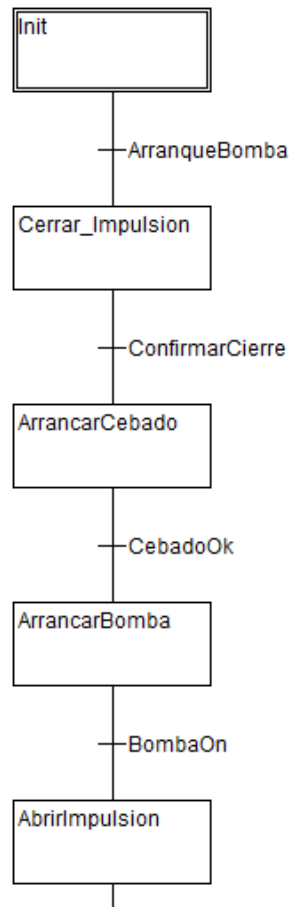


Aplicación: Arranque de Bomba



Control de Secuencia

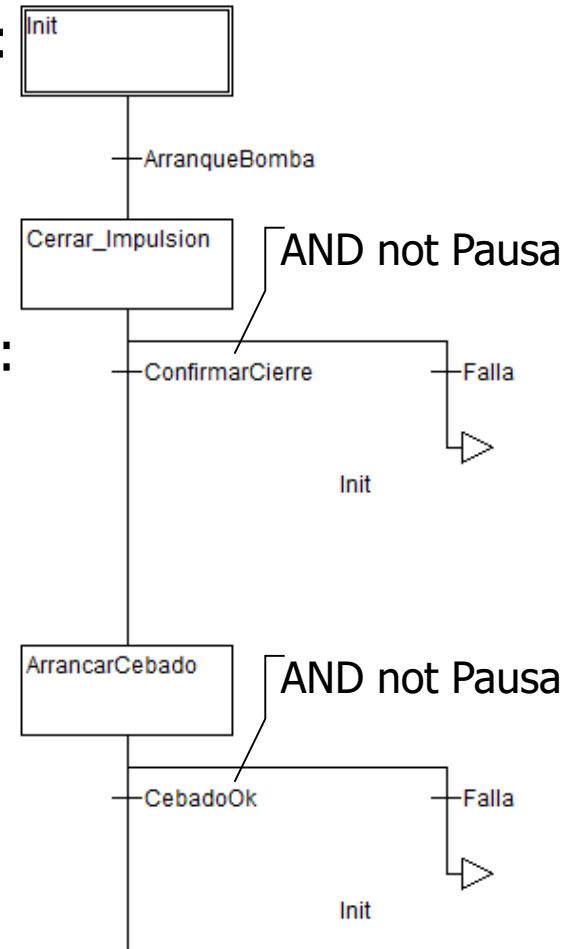
- Secuencia de Arranque de Bomba



- Requerimiento 1: ante "Falla" finalizar la secuencia

- Requerimiento 2: el operario debe poder pausar la secuencia

Solución engorrosa y propensa a errores





Control de Secuencia

- En PLC de laboratorio: SFC Flags
- Variables disponibles que controlan la secuencia
 - SFCInit – lleva la secuencia al paso inicial y detiene la ejecución del paso
 - SFCReset – ídem pero ejecuta el paso inicial
 - SFCPause –detiene la secuencia
- Usadas en prog por fuera de la sec



Variables Implícitas en SFC

- Activación de un paso:
 - `<nombre_paso>` indica paso activo en el ciclo actual
 - `_<nombre_paso>` indica paso activo en el siguiente ciclo
- Tiempo de un paso:
 - `_time<nombre_paso>` tiempo transcurrido en el paso (requiere declaración TIME)

Herramientas SFC

Insertar "Paso-Transición" antes



Insertar "Salto-Transición"
Rama Paralela izquierda

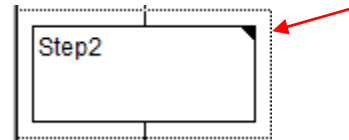
Rama Alternativa izquierda

Insertar "Paso-Transición" después

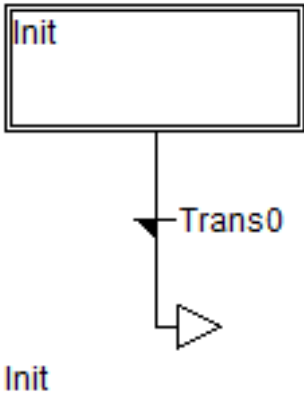
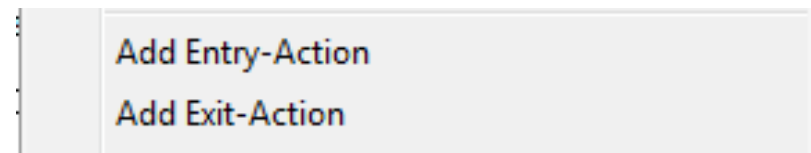
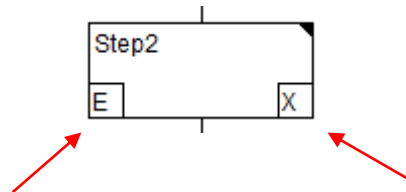
Ambiente de Desarrollo SFC

- Acciones en los pasos:

- Tipo N – doble click en el paso



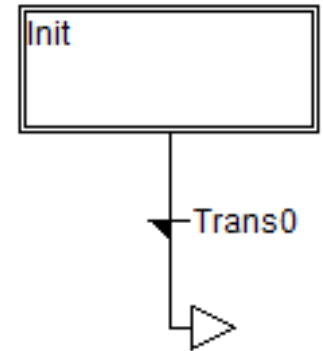
- Tipo P – botón derecho:



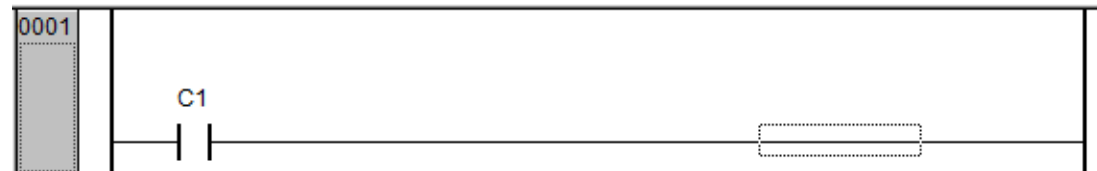
Ambiente de Desarrollo SFC

■ Transición:

- + Trans0 ■ Variable booleana directa o
- + C1 AND C2 ■ Sentencia directa con AND/OR o
- + Trans0 ■ Sentencia en IL, LD, FBD, ST con **Init** booleano



- Ej en LD:

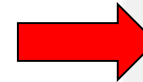


- Ej en FBD:



Ambiente de Desarrollo SFC

- Botón derecho sobre SFC
 - Zoom Action/Transition
 - Ver código asociado
 - Clear Action/Transition
 - Borrar código asociado

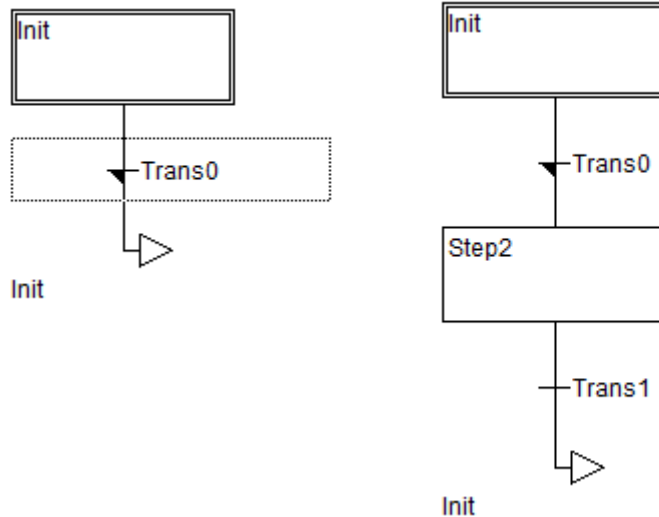


Step-Transition (before)	Ctrl+T
Step-Transition (after)	Ctrl+E
Alternative Branch (right)	Ctrl+A
Alternative Branch (left)	
Parallel Branch (right)	Ctrl+L
Parallel Branch (left)	
Jump	Ctrl+U
Transition-Jump	
Add Entry-Action	
Add Exit-Action	
Paste Parallel Branch (right)	
Add Label to Parallel Branch	
Paste after	
Zoom Action/Transition	Alt+Enter
Clear Action/Transition	
Step Attributes ...	
Time Overview ...	
Into new watch list	
Add to watch list	
Show cross references	Strg+F3
Options ...	
Associate Action	
Use IEC-Steps	

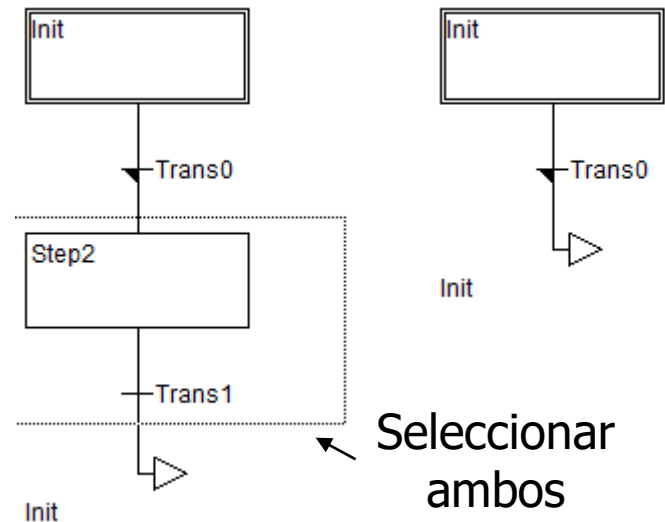
Ambiente de Desarrollo SFC

■ Insertar/Borrar Pasos-Transiciones

Insertar Paso/Transición



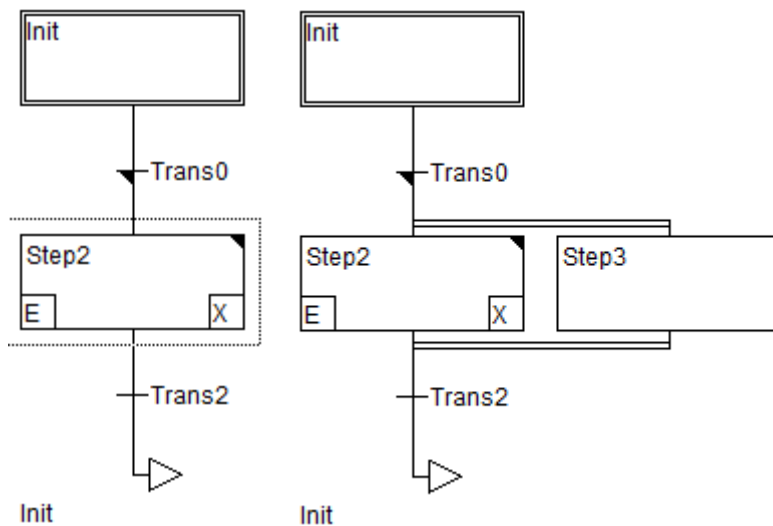
Borrar Paso/Transición



Ambiente de Desarrollo SFC

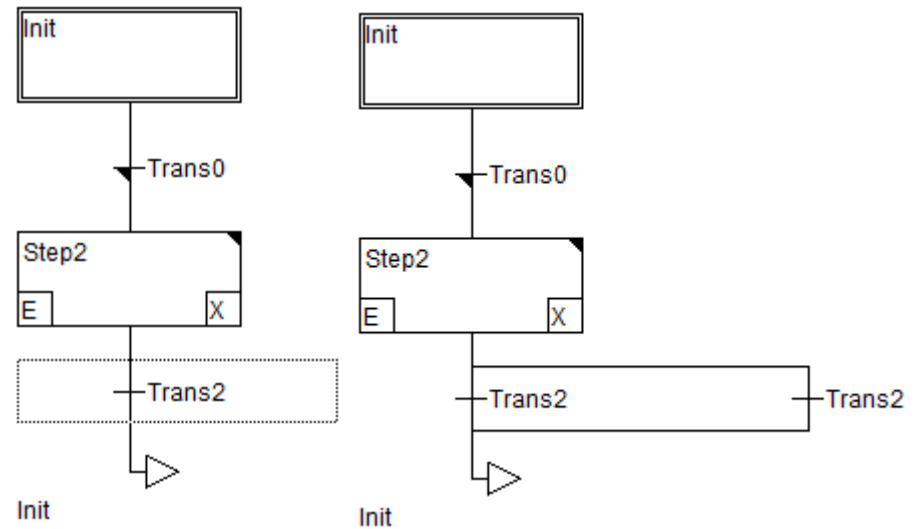
■ Ramas Paralelas / Alternativas

Insertar Rama Paralela



Seleccionar el paso

Insertar Rama Alternativa



Seleccionar la transición

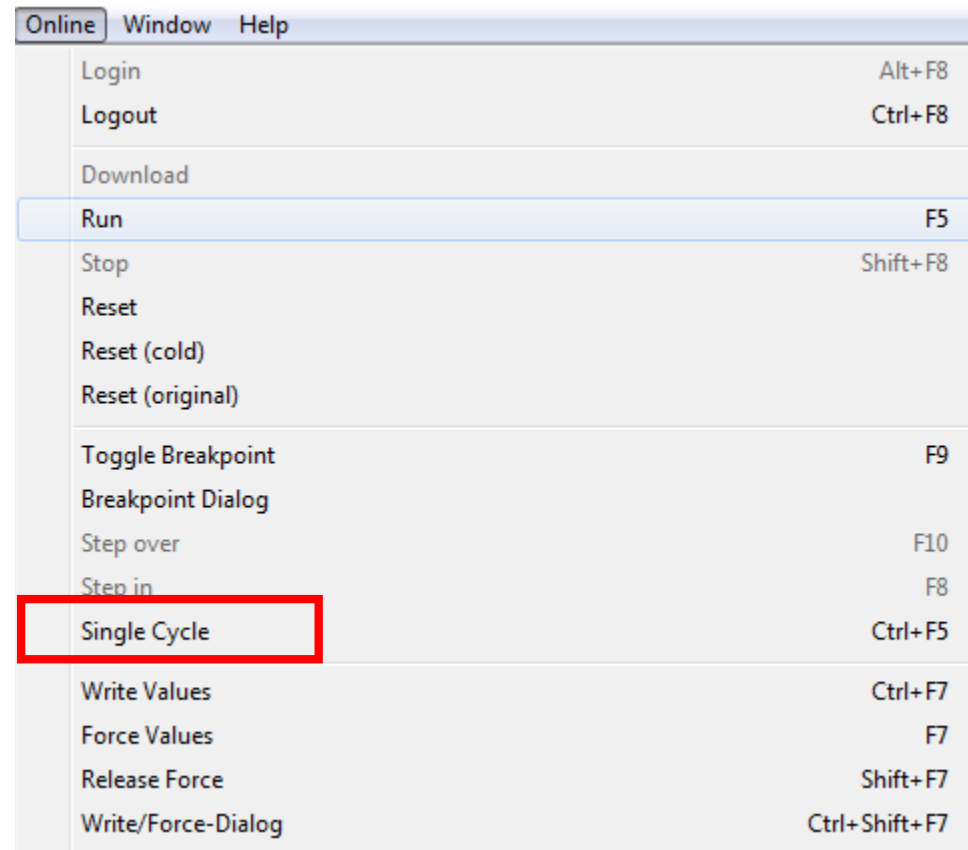


Ambiente de Desarrollo SFC

- Variables de control de Secuencia:
 - Declaración como variables locales o globales:
 - SFCInit: BOOL;
 - SFCReset: BOOL;
 - SFCPause: BOOL;
 - Tienen acción directa sobre la secuencia

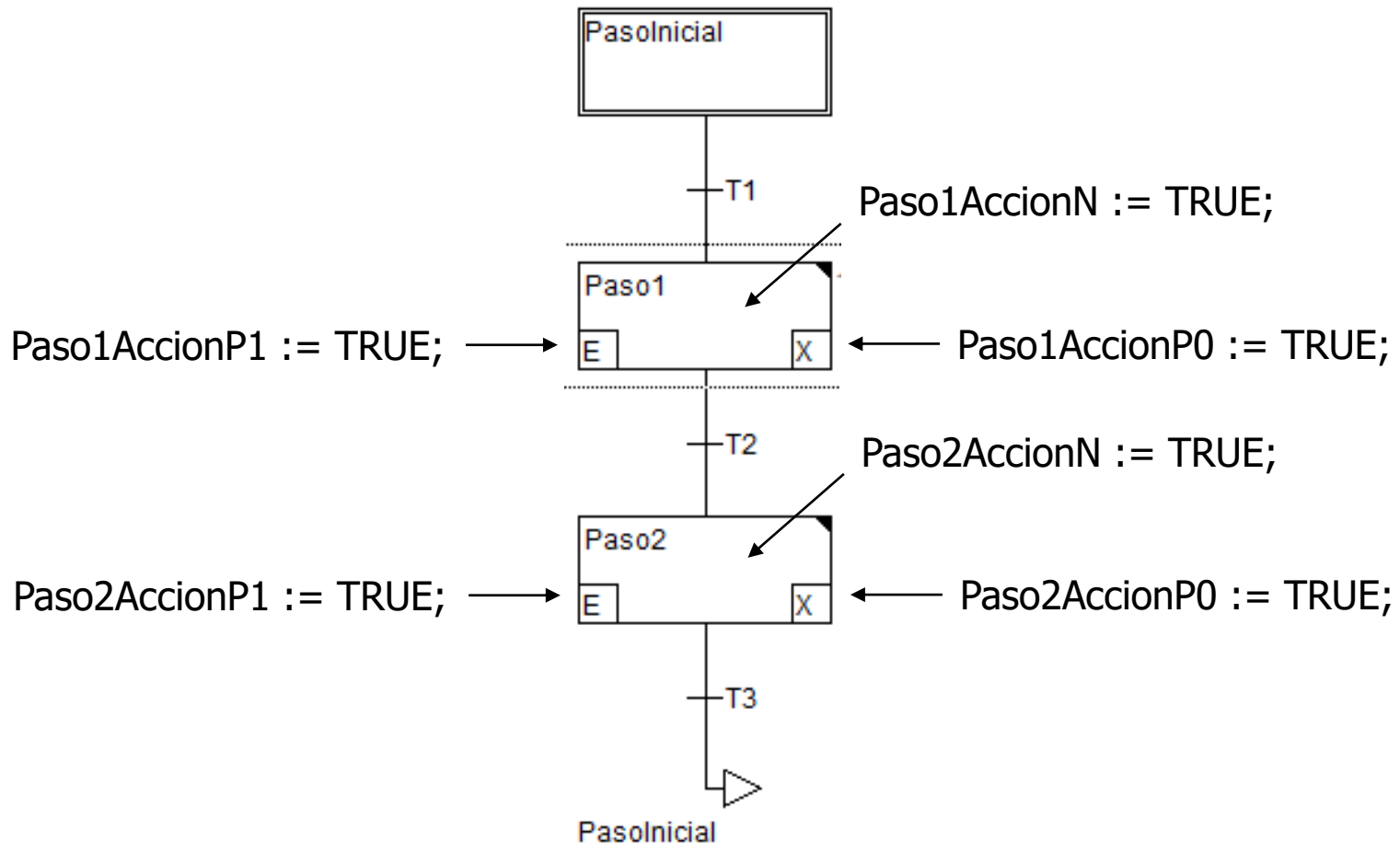
Ambiente de Desarrollo SFC

- Ejecutar un solo ciclo del PLC:
- Online -> "Single Cycle"
Ctrl+F5



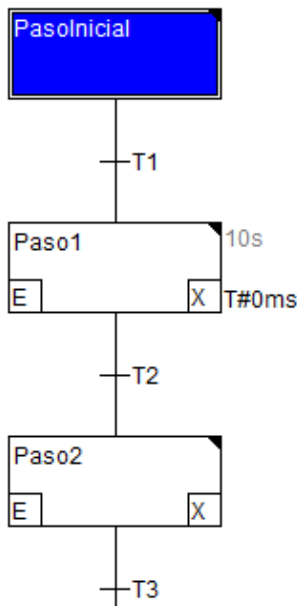
Menu Item	Shortcut
Login	Alt+F8
Logout	Ctrl+F8
Download	
Run	F5
Stop	Shift+F8
Reset	
Reset (cold)	
Reset (original)	
Toggle Breakpoint	F9
Breakpoint Dialog	
Step over	F10
Step in	F8
Single Cycle	Ctrl+F5
Write Values	Ctrl+F7
Force Values	F7
Release Force	Shift+F7
Write/Force-Dialog	Ctrl+Shift+F7

Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC



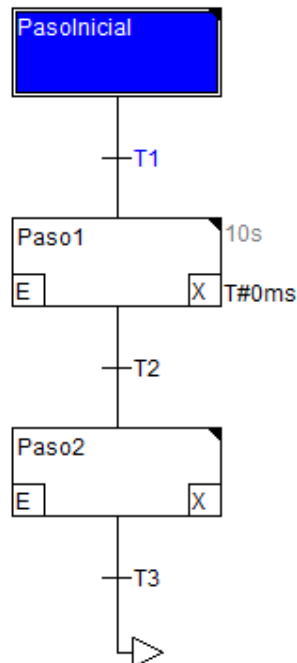
Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC

0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = FALSE
0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE



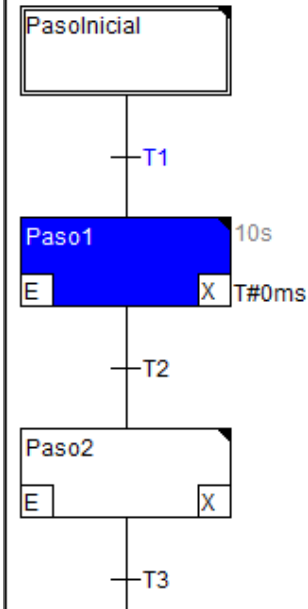
Ciclo 1

0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE



Pasoinicial

0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE



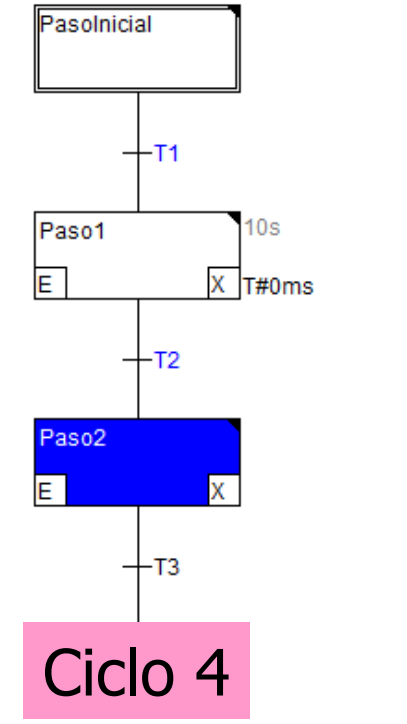
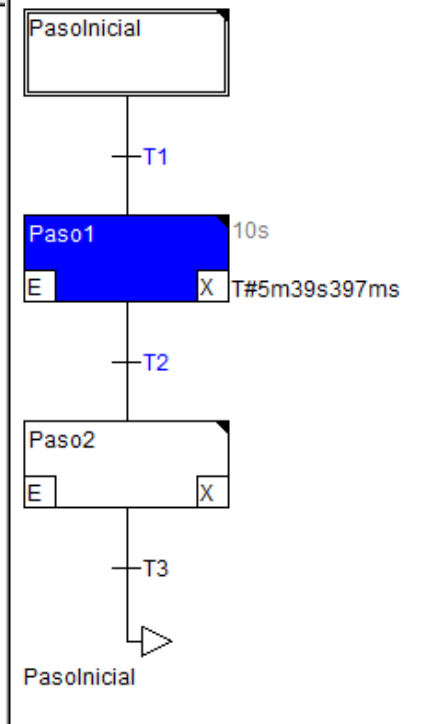
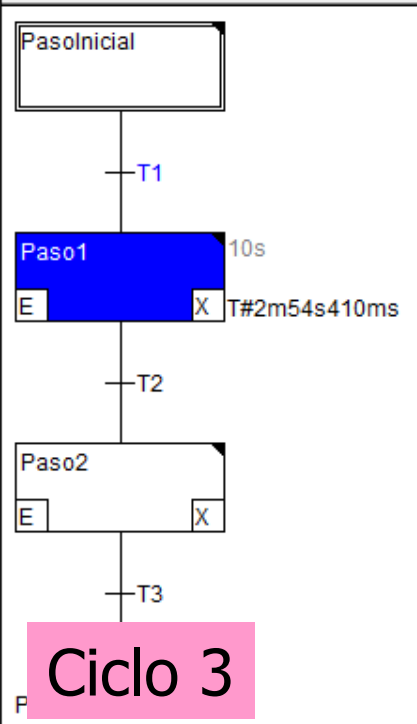
Ciclo 2

Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC

0001	Paso1AccionP1 = TRUE
0002	Paso1AccionN = TRUE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE

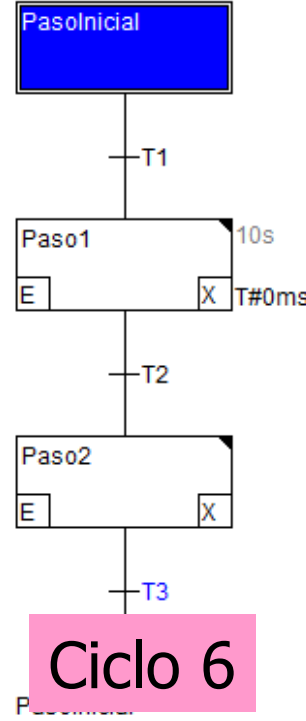
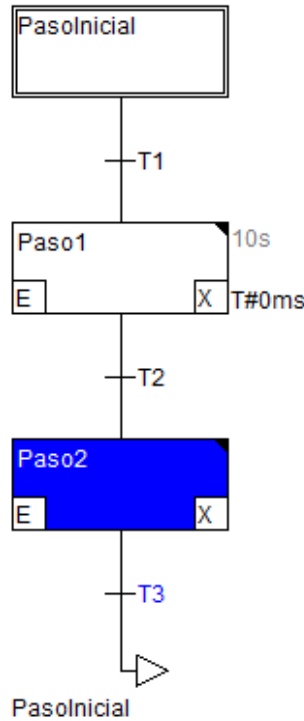
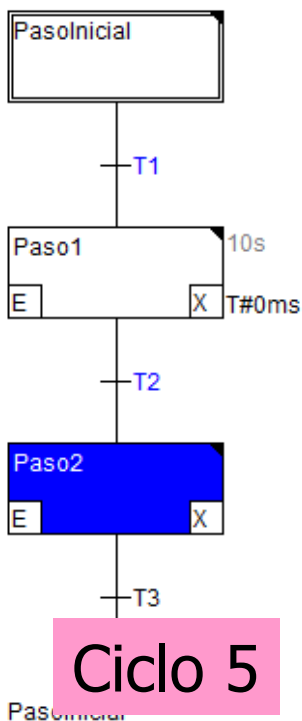
0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = TRUE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = TRUE
0009	T3 = FALSE

0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = TRUE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = TRUE
0009	T3 = FALSE



Ejecución Ciclo a Ciclo de SFC

0001	Paso1AccionP1 = FALSE	0001	Paso1AccionP1 = TRUE	0001	Paso1AccionP1 = TRUE	0001	Paso1AccionP1 = TRUE
0002	Paso1AccionN = TRUE	0002	Paso1AccionN = TRUE	0002	Paso1AccionN = TRUE	0002	Paso1AccionN = TRUE
0003	Paso1AccionP0 = TRUE	0003	Paso1AccionP0 = TRUE	0003	Paso1AccionP0 = TRUE	0003	Paso1AccionP0 = TRUE
0004	Paso2AccionP1 = TRUE	0004	Paso2AccionP1 = TRUE	0004	Paso2AccionP1 = TRUE	0004	Paso2AccionP1 = TRUE
0005	Paso2AccionN = TRUE	0005	Paso2AccionN = TRUE	0005	Paso2AccionN = TRUE	0005	Paso2AccionN = TRUE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE	0006	Paso2AccionP0 = FALSE	0006	Paso2AccionP0 = FALSE	0006	Paso2AccionP0 = TRUE
0007	T1 = TRUE	0007	T1 = FALSE	0007	T1 = FALSE	0007	T1 = FALSE
0008	T2 = TRUE	0008	T2 = FALSE	0008	T2 = FALSE	0008	T2 = FALSE
0009	T3 = FALSE	0009	T3 = TRUE	0009	T3 = TRUE	0009	T3 = TRUE





Acciones en SFC

- Según IEC 61131-3:

Calificador	Descripción
N	Non-stored, ejecución mientras paso activo
R	Reset de acción activada
S	Activa una acción
L	Acción por tiempo limitado
D	Acción demorada
P	Acción ejecutada una vez cuando se activa el paso
P0	Acción ejecutada una vez al desactivar el paso
P1	Acción ejecutada una vez al activar el paso

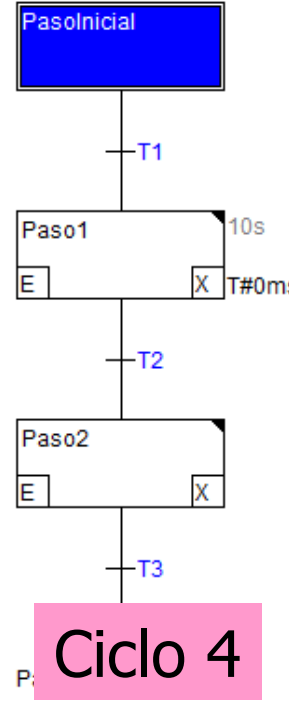
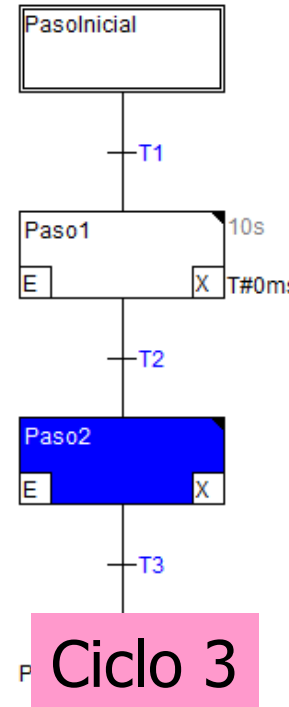
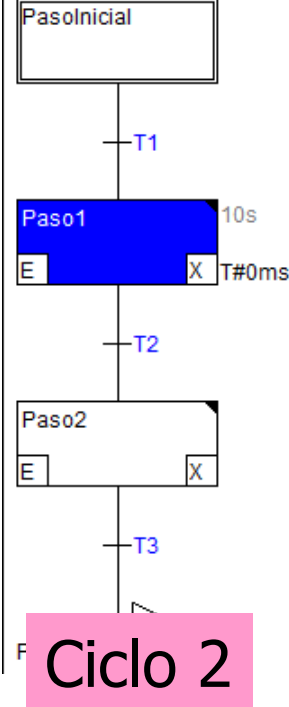
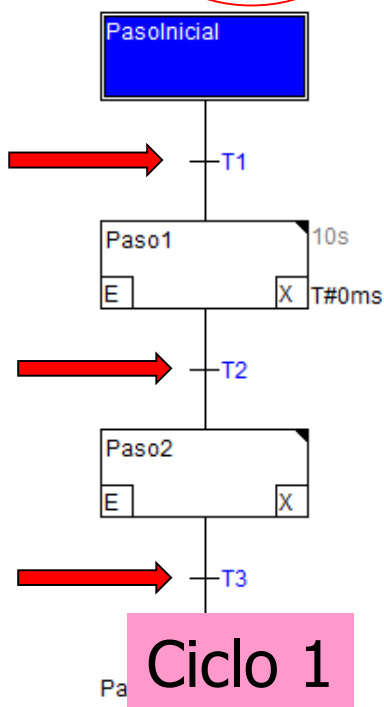
Transiciones Simultáneas

0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = TRUE
0009	T3 = TRUE

0001	Paso1AccionP1 = FALSE
0002	Paso1AccionN = FALSE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = TRUE
0009	T3 = TRUE

0001	Paso1AccionP1 = TRUE
0002	Paso1AccionN = TRUE
0003	Paso1AccionP0 = FALSE
0004	Paso2AccionP1 = FALSE
0005	Paso2AccionN = FALSE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = TRUE
0009	T3 = TRUE

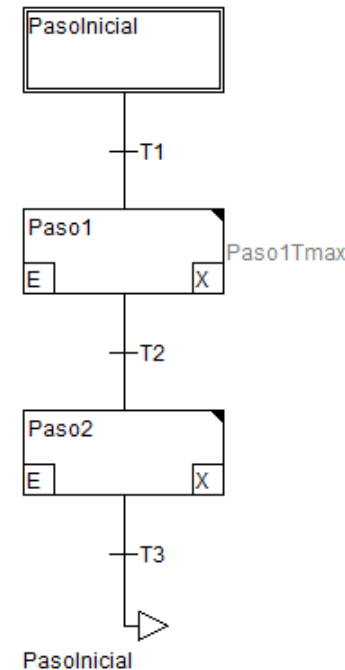
0001	Paso1AccionP1 = TRUE
0002	Paso1AccionN = TRUE
0003	Paso1AccionP0 = TRUE
0004	Paso2AccionP1 = TRUE
0005	Paso2AccionN = TRUE
0006	Paso2AccionP0 = FALSE
0007	T1 = TRUE
0008	T2 = TRUE
0009	T3 = TRUE



Tiempos en SFC

- Tiempos mínimos/máximos por paso
- Timeouts (SFCErrors)
- Tiempo transcurrido en un paso (`_timeXX`)

```
0012 SFCEnableLimit: BOOL:=TRUE;  
0013 SFCErrors: BOOL;  
0014 SFCErrorsStep: STRING;  
0015 SFCErrorsPOU: STRING;  
0016 Paso1Tmax: TIME:=T#10s;  
0017 _timePaso1: TIME;  
0018 END_VAR
```

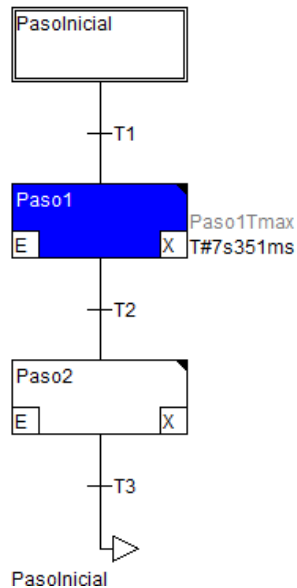


Tiempos en SFC

```

0004 Paso2AccionP1 = FALSE
0005 Paso2AccionN = FALSE
0006 Paso2AccionP0 = FALSE
0007 T1 = FALSE
0008 T2 = FALSE
0009 T3 = FALSE
0010 SFCEnableLimit = TRUE
0011 SFCErrror = FALSE
0012 SFCErrrorStep = "
0013 SFCErrrorPOU = "
0014 Paso1Tmax = T#10s0ms
0015 _timePaso1 = T#7s351ms
0016
0017
0018

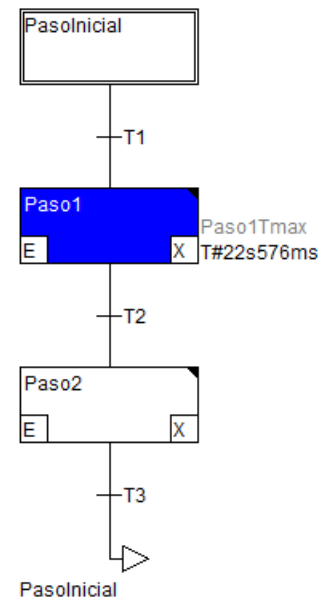
```



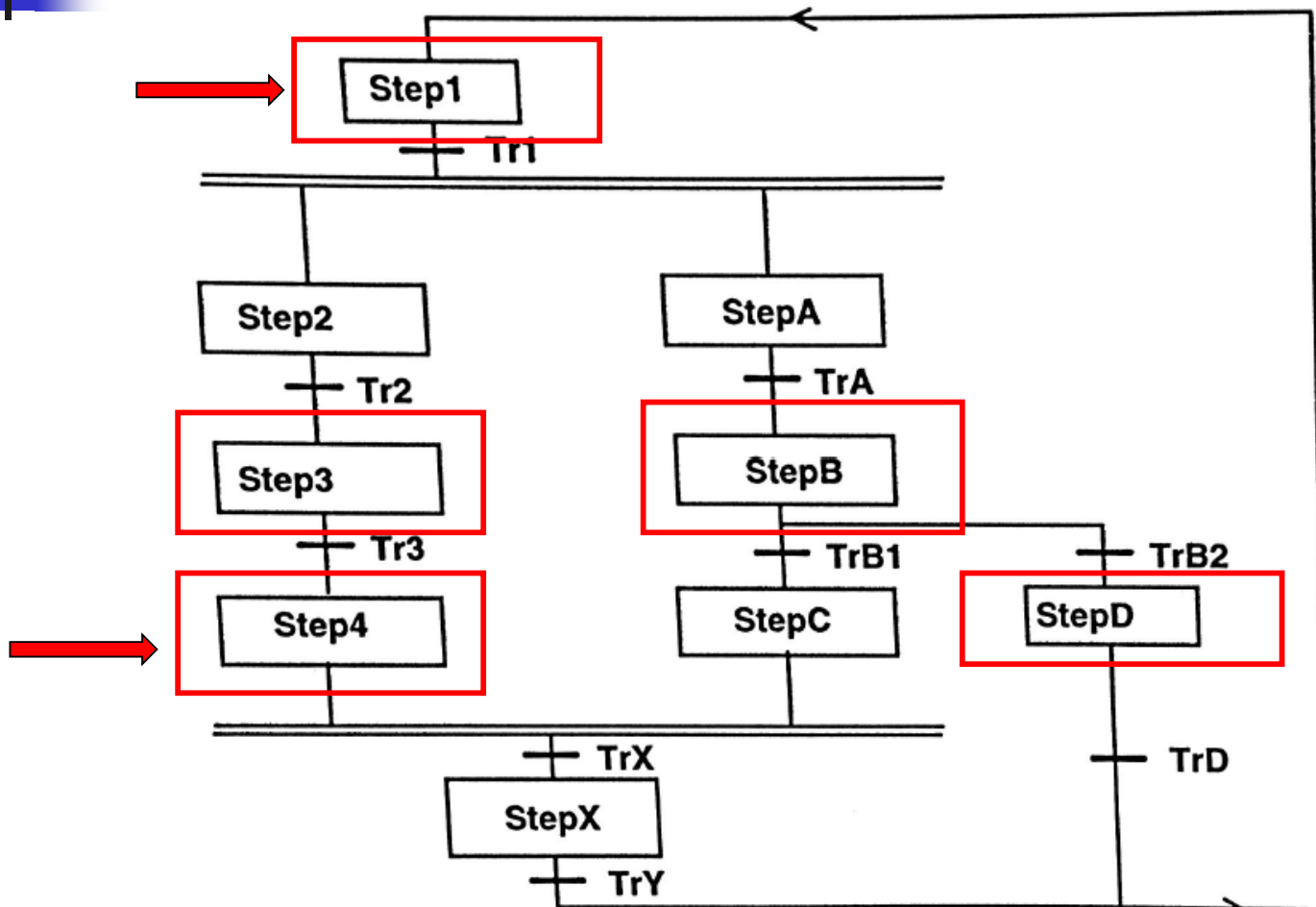
```

0004 Paso2AccionP1 = FALSE
0005 Paso2AccionN = FALSE
0006 Paso2AccionP0 = FALSE
0007 T1 = FALSE
0008 T2 = FALSE
0009 T3 = FALSE
0010 SFCEnableLimit = TRUE
0011 SFCErrror = TRUE
0012 SFCErrrorStep = 'Paso1'
0013 SFCErrrorPOU = 'TiemposSFC'
0014 Paso1Tmax = T#10s0ms
0015 _timePaso1 = T#22s576ms
0016
0017
0018

```



Secuencias Inseguras



Secuencias Inalcanzables

