



Asociación Civil para la Investigación,
Promoción y Desarrollo de los
Sistemas Electrónicos Embebidos

Uso de modelos de software en la programación de microcontroladores



Laboratorio de
Sistemas Embebidos

Diagrama de Estado - Ejercicios

Ing. Juan Manuel Cruz (jmcruz@hasar.com)

Gerente de Ingeniería de Cia. Hasar SAIC

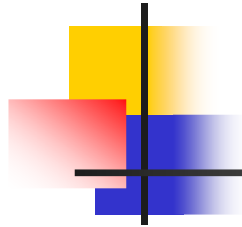
Profesor Asociado Ordinario - Técnicas Digitales II UTN-FRBA

Profesor Adjunto Interino - Sistemas Embebidos FIUBA



Ing. Jorge Graña
Ayudante de Trabajos Prácticos Int. - Sistemas Embebidos FIUBA

Anillaco, La Rioja – 13 al 17 de Julio de 2015



Temario

- Manejo y Manejadores de Salidas
- Manejo y Manejadores de Entradas
- Aplicaciones con Manejadores de Entrada/Salida



Manejo y Manejador de Salidas

- Manejo de Salidas
 - Una salida digital, por ejemplo un LED, puede asumir al menos dos estados:
 - **ENCENDIDO** o **APAGADO**
 - **REPOSO** o **TITILA**
- Manejador de Salidas
 - El control de éste LED admite los siguientes manejadores:
 - Estado **Fijo** (dos estados simples) Manejado por **evento-cambio**
 - Estado **Variable Perpetuo** (dos estados simples)
 - Manejado por **evento-cambio** & **condición** (control por programa)
 - Manejado por **evento-temporal** (control por interrupciones de timer)
 - Estado **Fijo o Variable** (un estado simple y uno compuesto por dos simples) Manejado por **evento-cambio** & **evento-temporal** (control por programa & por interrupciones de timer)



Manejador de Salidas (LED SC_Driver)

- Control de LED con estado **Fijo** (dos estados simples) Manejado por **evento-cambio**

led

Sobre Led2 de LPC1769 LPCXpresso board



LED

- Eventos

- **eCambiar** → para cambiar de estado

- Acciones

- **aLed2 (argumento)**

cINIT → para inicializar HW del LED

cOFF → para apagar el LED

cON → para encender el LED

APAGADO

- Estados

ENCEND.

- **APAGADO**

- **ENCENDIDO**

→ mientras se desee que esté apagado

→ mientras se desee que esté encendido

Manejador de Salidas (LED SC_Driver)

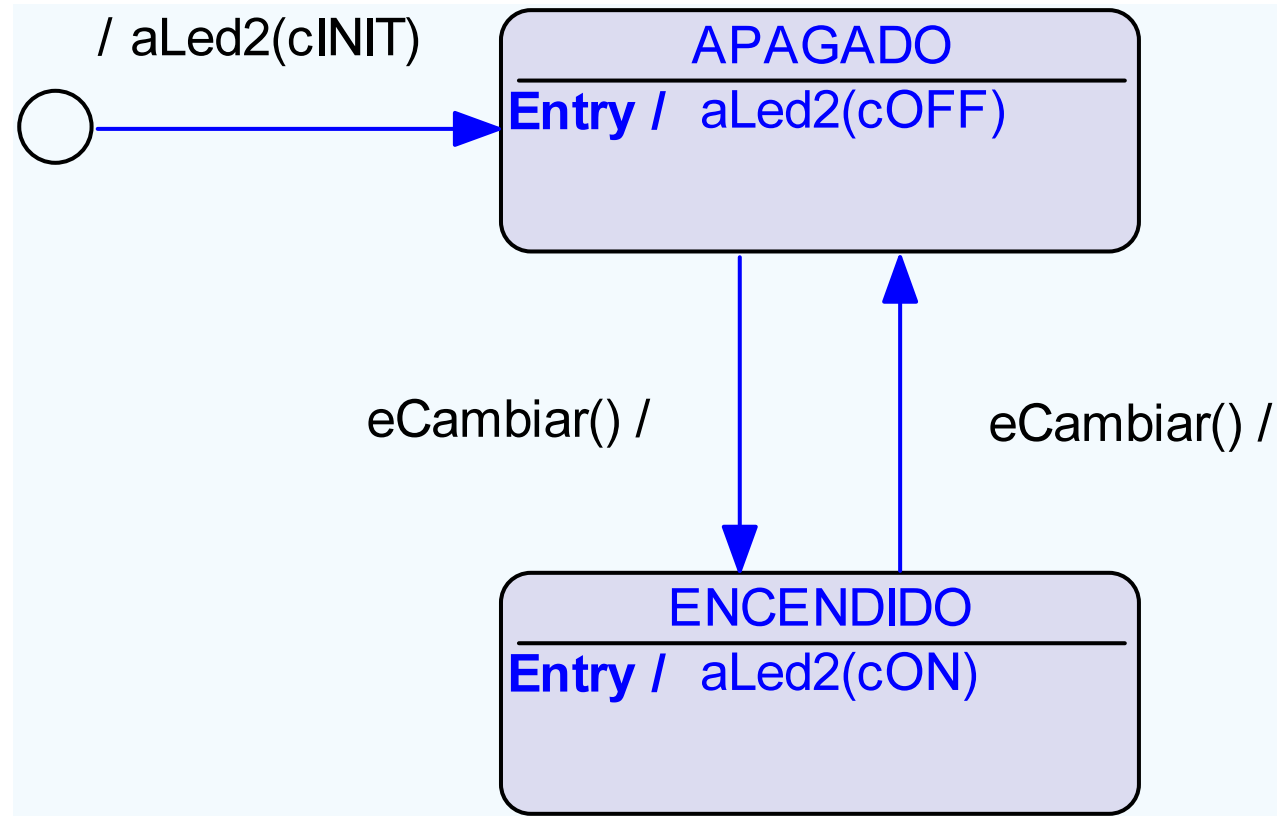
led



LED

APAGADO

ENCEND.





Manejador de Salidas (LED SC_Driver)

- Control de LED con estado **Variable Perpetuo** (dos estados simples)
Manejado por **evento-cambio** & **condición** (control por programa)

Sobre Led2 de LPC1769 LPCXpresso board

led



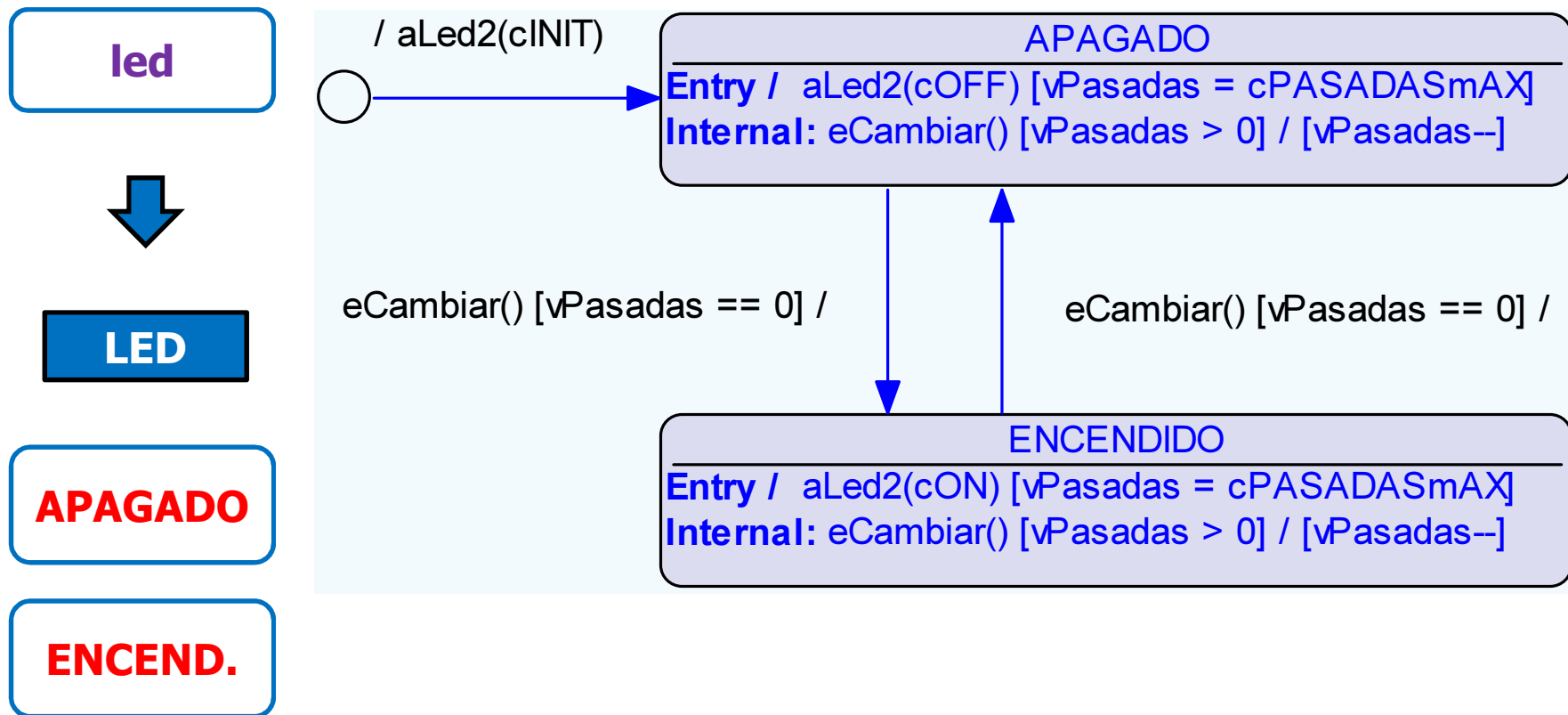
LED

APAGADO

ENCEND.

- Eventos
 - Idem ejemplo anterior
 - Acciones
 - Idem ejemplo anterior & actualizar **vPasadas**
 - Variables & Constantes
 - **vPasadas**
 - **cPASADASmAX**
 - Estados
 - **APAGADO**
 - **ENCENDIDO**
- hasta completar **cPASADASmAX**
→ hasta completar **cPASADASmAX**

Manejador de Salidas (LED SC_Driver)





Manejador de Salidas (LED SC_Driver)

- Control de LED con estado **Variable Perpetuo** (dos estados simples)
Manejado por **evento-temporal** (control por interrupciones de timer)

Sobre Led2 de LPC1769 LPCXpresso board

led



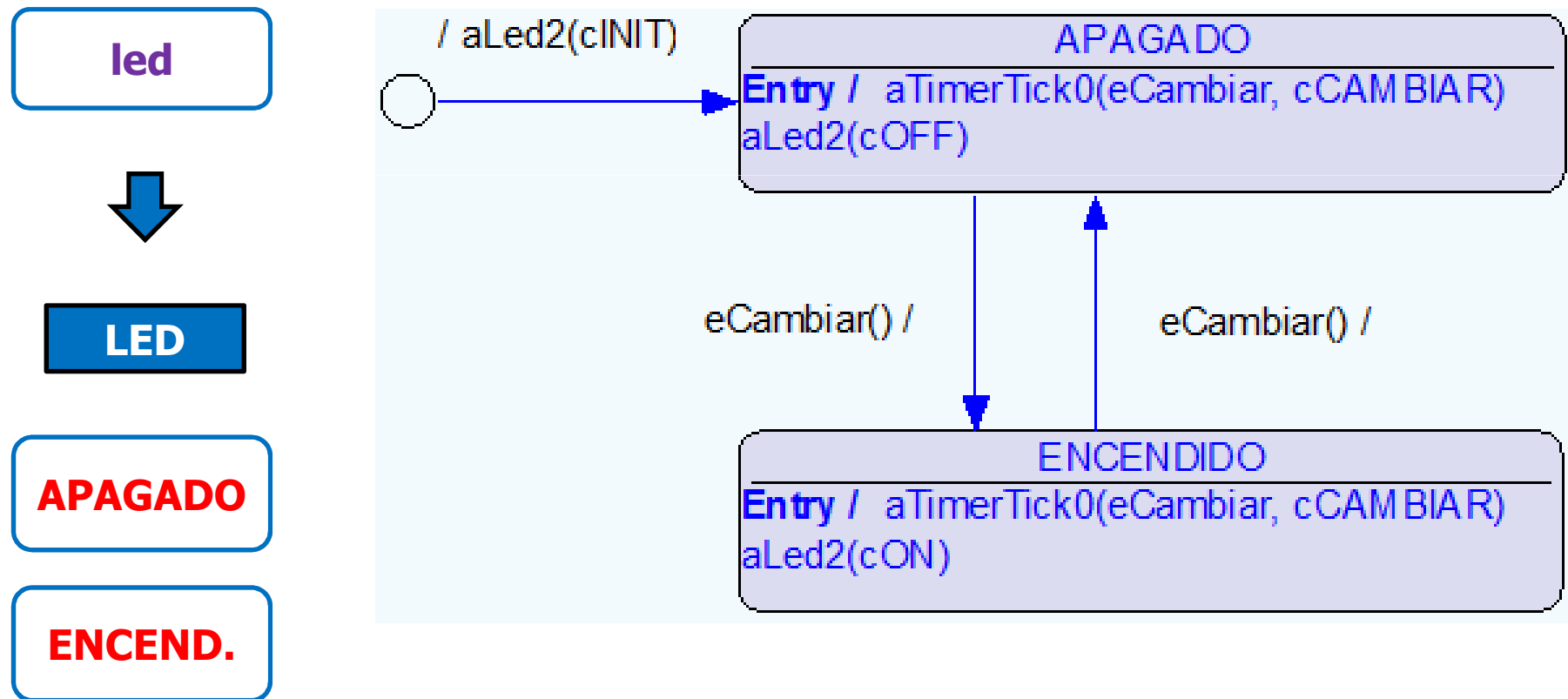
LED

APAGADO

ENCEND.

- Eventos
 - **eCambiar** → p/cambiar de estado (generado p/Timer IRQ => SysTick)
- Acciones
 - **aLed2** (**argumento**) & **aTimerTick0** (**evento**, **demora**)
- Variables & Constantes
 - **cCambiar** → p/cambiar de estado (generado p/Timer IRQ => SysTick)
- Estados
 - **APAGADO** → hasta completar **cCambiar**
 - **ENCENDIDO** → hasta completar **cCambiar**

Manejador de Salidas (LED SC_Driver)





Manejador de Salidas (LED SC_Driver)

- Control de LED con estado **Fijo o Variable** (un estado simple y un estados compuesto por dos estados simples) Manejado por **evento-cambio & evento-temporal** (control por programa & por interrupciones de timer) Sobre Led2 de LPC1769 LPCXpresso board

led



LED

REPOSO

TITILA

- Eventos
 - **eCambiar** → p/cambiar de estado (generado p/Timer IRQ => SysTick)
 - **eTitilar** → para cambiar de estado fijo a estado variable
 - **eNoTitilar** → para cambiar de estado variable a estado fijo
- Acciones, Variables & Constantes
 - Idem ejemplo anterior
- Estados
 - **REPOSO** (simple) → mientras se desee estado fijo (encendido o apagado)
 - **TITILA** (compuesto) → mientras se desee estado variable
 - **APAGADO** → hasta completar **cCambiar**
 - **ENCENDIDO** → hasta completar **cCambiar**

Manejador de Salidas (LED SC_Driver)

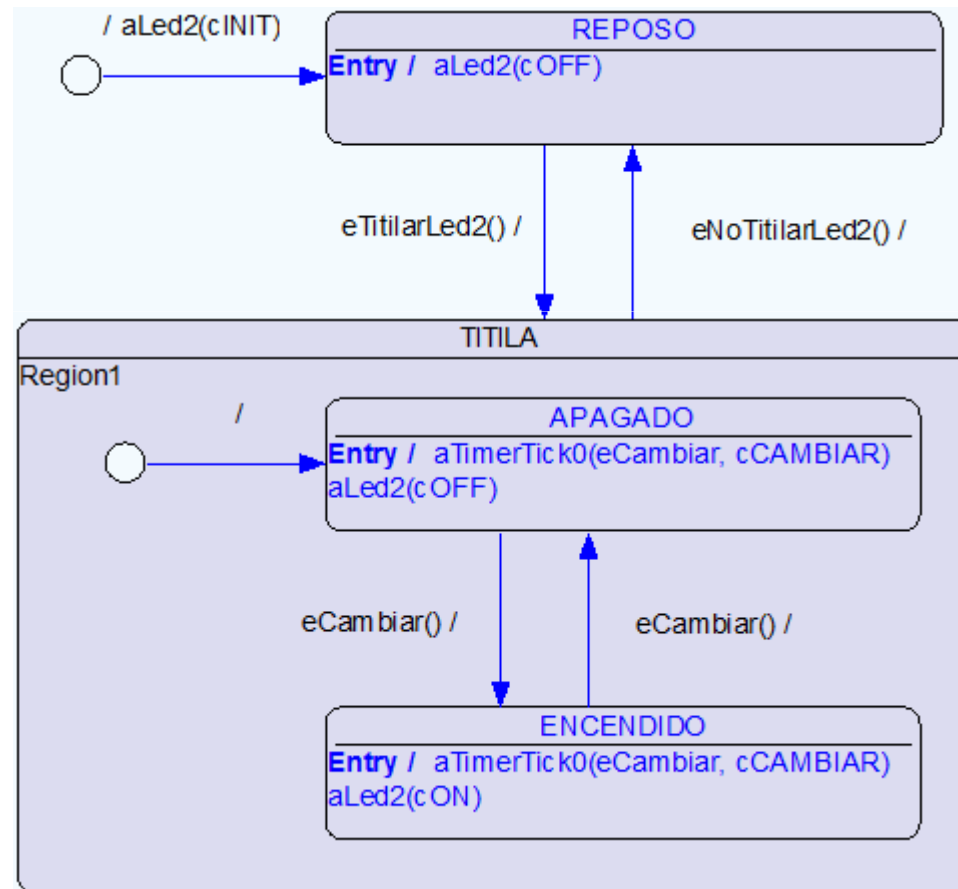
led



LED

REPOSO

TITILA

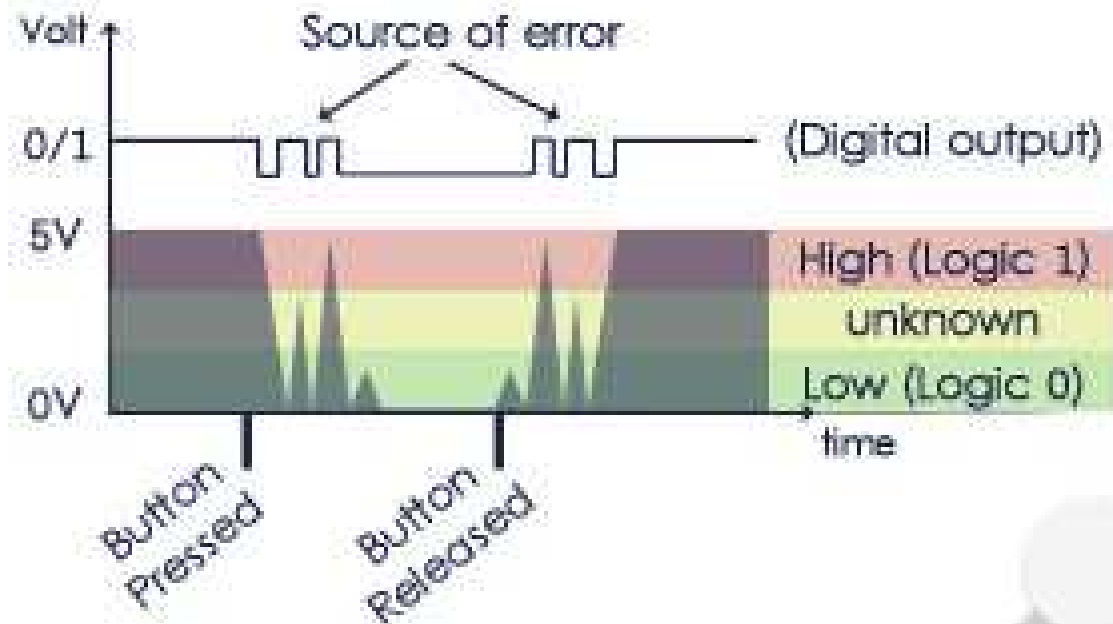
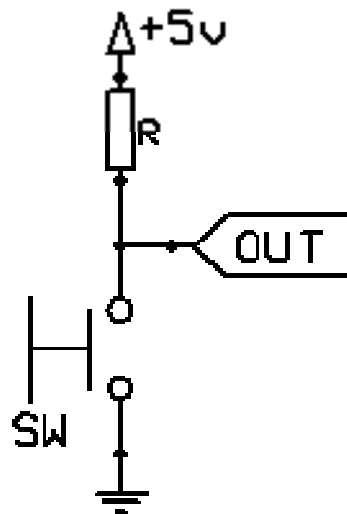




Manejo y Manejador de Entradas

- Manejo de Entradas
 - Se recomienda proceder con el análisis una entrada digital, por ejemplo un pulsador, del mismo modo que se hizo con la salida digital LED
- Manejador de Entradas
 - Se recomienda proceder a desarrollar manejadores por:
 - Encuesta
 - Interrupciones
 - Interrupciones de timer
 - Combinaciones de los anteriores

Manejador de Entradas (Button SC_Driver)



www.ikalogic.com

Manejador de Entradas (Button SC_Driver)

- Control de BUTTON. Sobre SW3 de Baseboard LPCXpresso

button



Button

NoOPRIM

ESPERA

OPRIM.

- Eventos
 - **eDebounce** → p/cambiar de estado (generado p/Timer IRQ => SysTick)
 - **eSW3Pushed** → para cambiar de estado
 - **eSW3NotPushed** → para cambiar de estado
- Acciones
 - **aSW3Key (argumento)**
 - cINIT** → para inicializar HW del SW3
 - cDOWN** → para señalar SW3 oprimido
 - cUP** → para señalar SW3 liberado
 - **aTimerTick1 (evento, demora)**
- Variables & Constantes
 - **cDEBOUNCE**
- Estados
 - **NooPRIMIDO** → mientras no se oprime SW3
 - **ESPERA** → mientras se espera **cDEBOUNCE**
 - **OPRIMIDO** → mientras se mantiene oprimido SW3

Manejador de Entradas (Button SC_Driver)

button

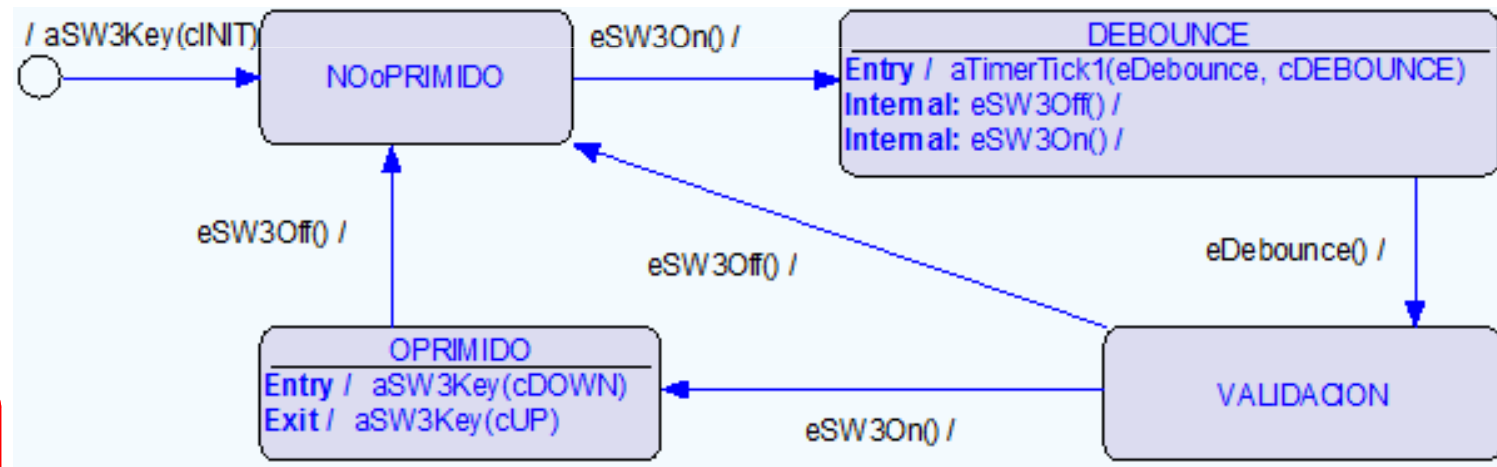


Button

NoOPRIM

DEBOUNCE

OPRIM.

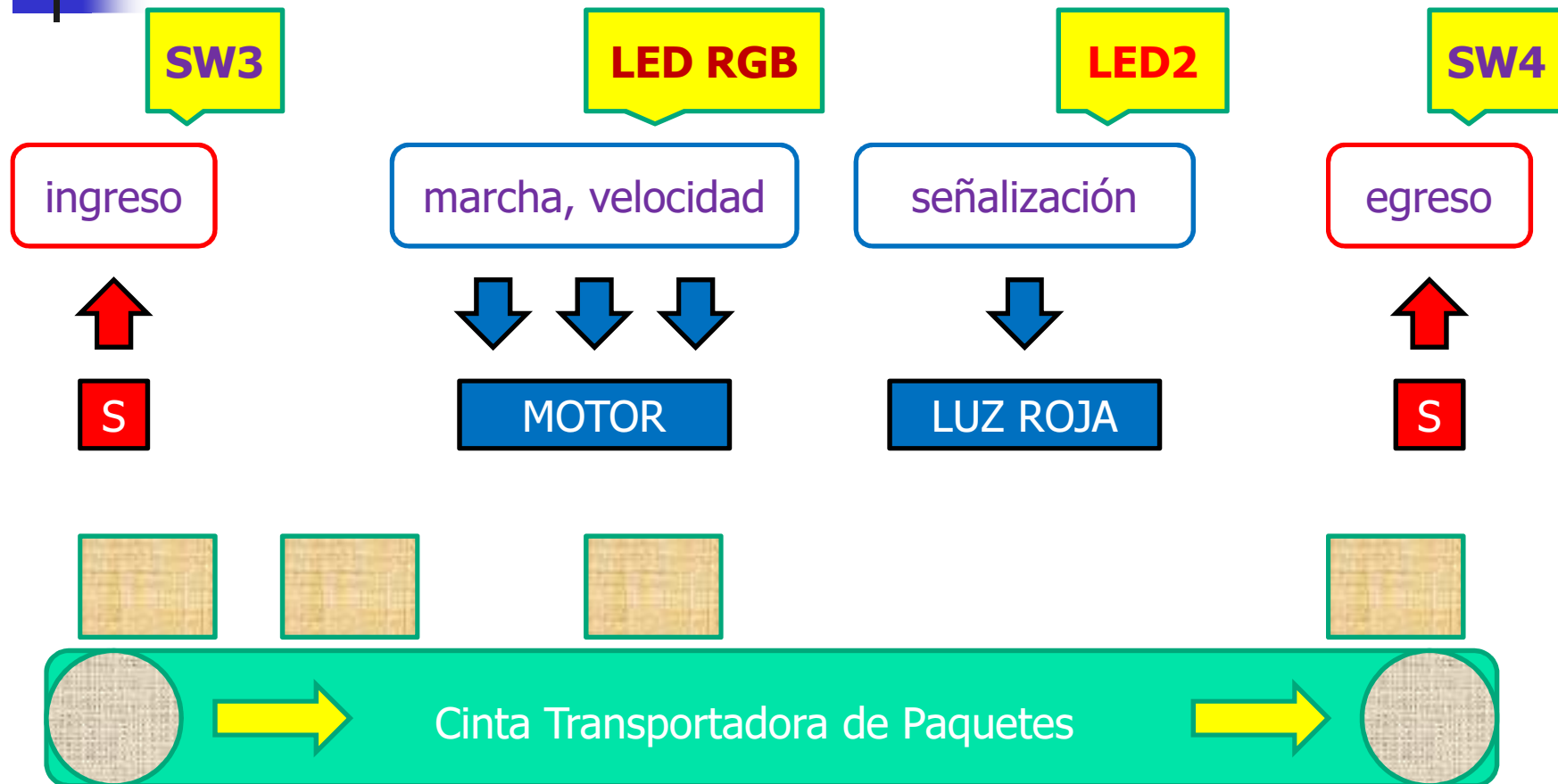




Aplicaciones Manejadores de Entrada/Salida

- En base a los manejadores de Entrada/Salida desarrollados se pide implementar un control de Cinta transportadora de paquetes
- Reusando el desarrollo anterior se pide implementar un control de puerta corrediza
- Reusando el desarrollo anterior se pide implementar un control de portón levadizo

Cinta transportadora de paquetes





Cinta transportadora de paquetes

- Considere la implementación del sistema de control de una **cinta transportadora de paquetes** en base a los lineamientos presentados en éste curso
- La cinta transportadora consta de:
 - **2 (DOS) Detectores** de paquetes (Ingreso / Egreso) **2 Entradas**
 - **1 (UN) Motor** (Ni idea de cómo se comanda) **1 o más Salidas**
 - **1 (UN) Señalización** luminosa **1 Salida**



Abordaje Simple (SC_Applic)

- Inicia c/cinta detenida (sin paquetes), al ingresar 1er paquete pone la cinta en marcha (incrementa contador), al ingresar/egresar paquete incrementa/decrementa contador, al egresar el último se detiene. (dos estados simples). Sobre LPCXpresso Baseboard

Cinta



MOTOR

- Eventos
 - **ePaqueteIn** → al ingresar un paquete a la cinta
 - **ePaqueteOut** → al egresar un paquete a la cinta
- Acciones
 - **aMotor (argumento)**
 - cINIT** → para inicializar HW del motor
 - cOFF** → para detener el motor
 - cON** → para activar el motor

DETENIDA

- Variables
 - **vPaquete** → contador de paquetes en la cinta

MARCHA

- Estados
 - **DETENIDA** → sin paquetes en la cinta
 - **MARCHA** → con paquetes en la cinta



Abordaje Simple + Señalización

- Con cinta **DETENIDA**:
 - Señalización **No Titilar** **sCintaDetenida**
- Con cinta en **MARCHA**:
 - Señalización **Titilar** **sCintaEnMarcha**
- Se resuelve:
 - **Agregando** estas **señales**



Abordaje Medio

- Con menos de 5 paquetes:
 - Cinta en marcha **RAPIDA** **aSpeed (cFAST)**
- Con 5 o más paquetes:
 - Cinta en marcha **LENTA** **aSpeed (cSLOW)**
- Se resuelve:
 - **Reemplazando** el estado **MARCHA** → **RAPIDA** & **LENTA**
 - **Agregando** transiciones & acciones
 - **Agregando** algunas líneas de programa

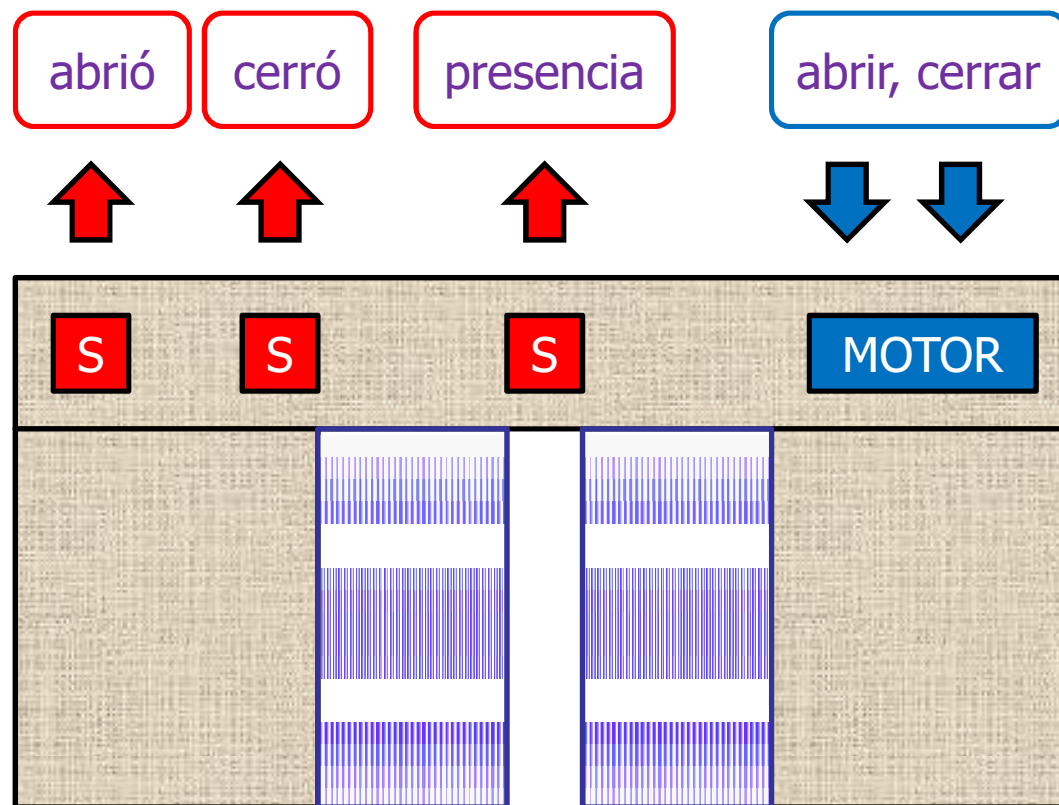


Abordaje Completo

- Al ingresar el **1er** paquete:
 - Cinta en marcha **SUAVE** **aSpeed (cSOFT)**
 - **1min** después a marcha **RAPIDA** **aSpeed (cFAST)**
- Al egresar el **último** paquete:
 - Cinta en marcha **SUAVE** **aSpeed (cSOFT)**
 - **1min** después cinta **DETENIDA** **aMotor (cOFF)**
- Se resuelve:
 - **Agregando** el estado **SUAVE**, transiciones, acciones y algunas líneas de programa

Puerta corrediza

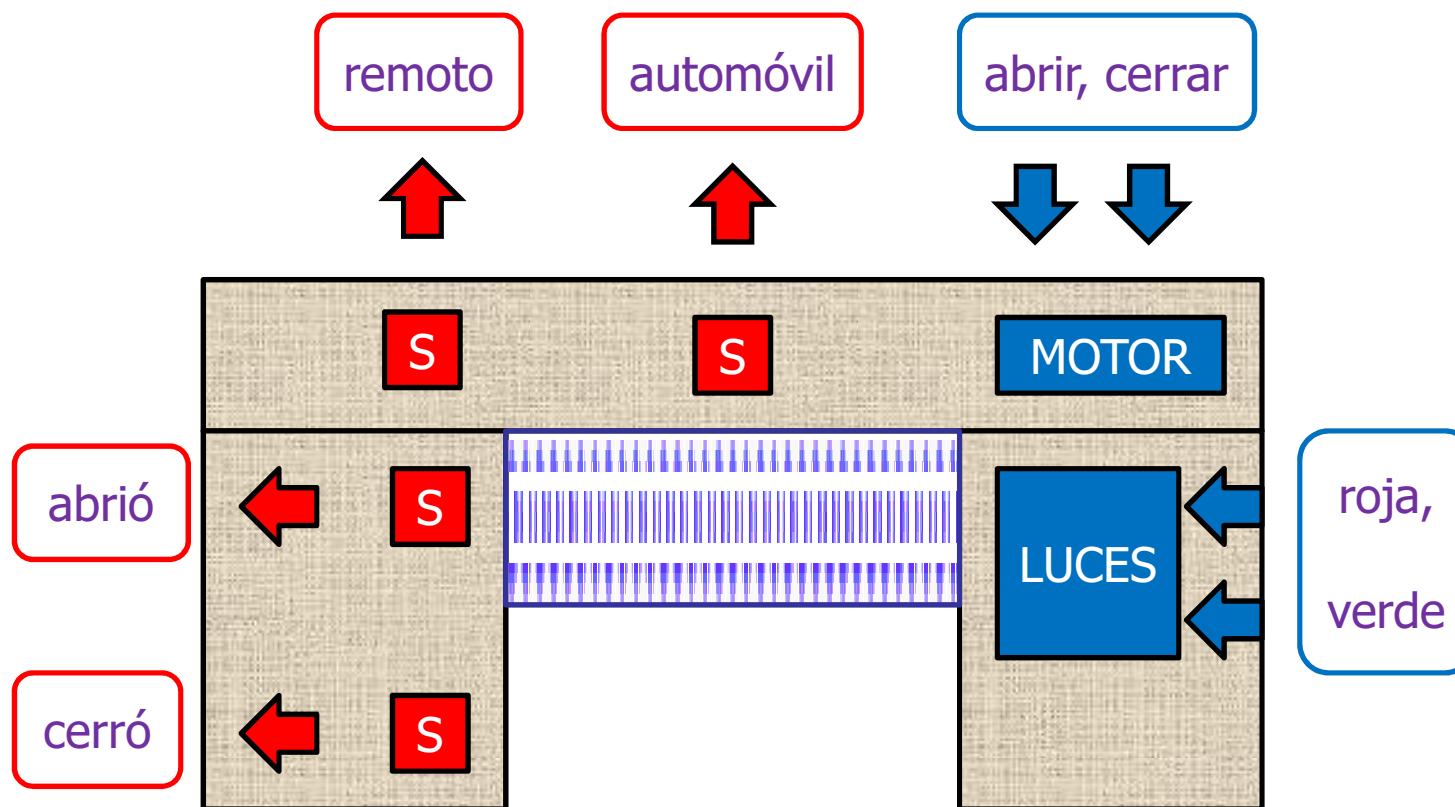
Diagrama Funcional



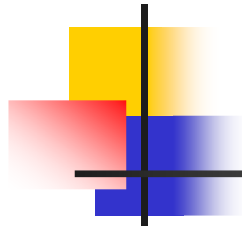
⇔ Puerta Corrediza ⇔

Portón Levadizo

Diagrama Funcional

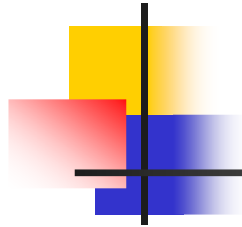


⇕ Portón Levadizo



Máquina expendedora de bebidas

- Genere el modelo de una máquina expendedora de bebidas en lata, cuyo comportamiento debe ser:
 - Esperar una moneda
 - Aceptar monedas y contabilizar el crédito
 - Permitir la cancelación/devolución de la/s moneda/s
 - Permitir la elección de la bebida
 - Exender la bebida elegida (de haber lata)
 - Si el crédito es igual al valor de la misma
 - Si el crédito es mayor y cuento con monedas para dar cambio



Máquina expendedora de bebidas

eMoneda → al introducir una moneda en la ranura
eCancelar → al oprimir el pulsador de cancelación
eBebidaElegida → al oprimir cualquier pulsador de Bebida

aDarCambio (argumento) → **vuelto**
aDarBebida (argumento) → **bebida elegida**

vMoneda → valor de la moneda ingresada
vCredito → acumulador de dinero
vLatas → acumulador de latas
vBebidaElegida → bebida elegida
vPrecioBebidaElegida → precio de la bebida elegida



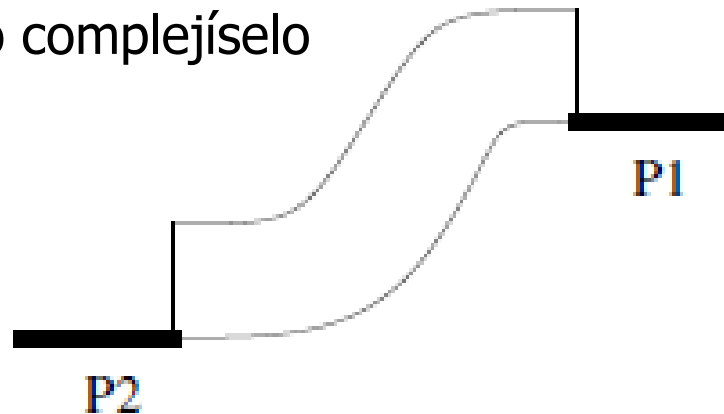
Máquina expendedora de te o café

- Genere el modelo de una máquina expendedora de café o te, cuyo comportamiento debe ser:
 - Esperar una moneda (siempre que esté libre)
 - Permitir la elección de café o té (antes de un tiempo **te**)
 - Preparar la bebida seleccionada (demorando un tiempo **tp**)
 - Devolver la moneda si ninguna bebida fue seleccionada (luego de un tiempo **te** de colocada la moneda)



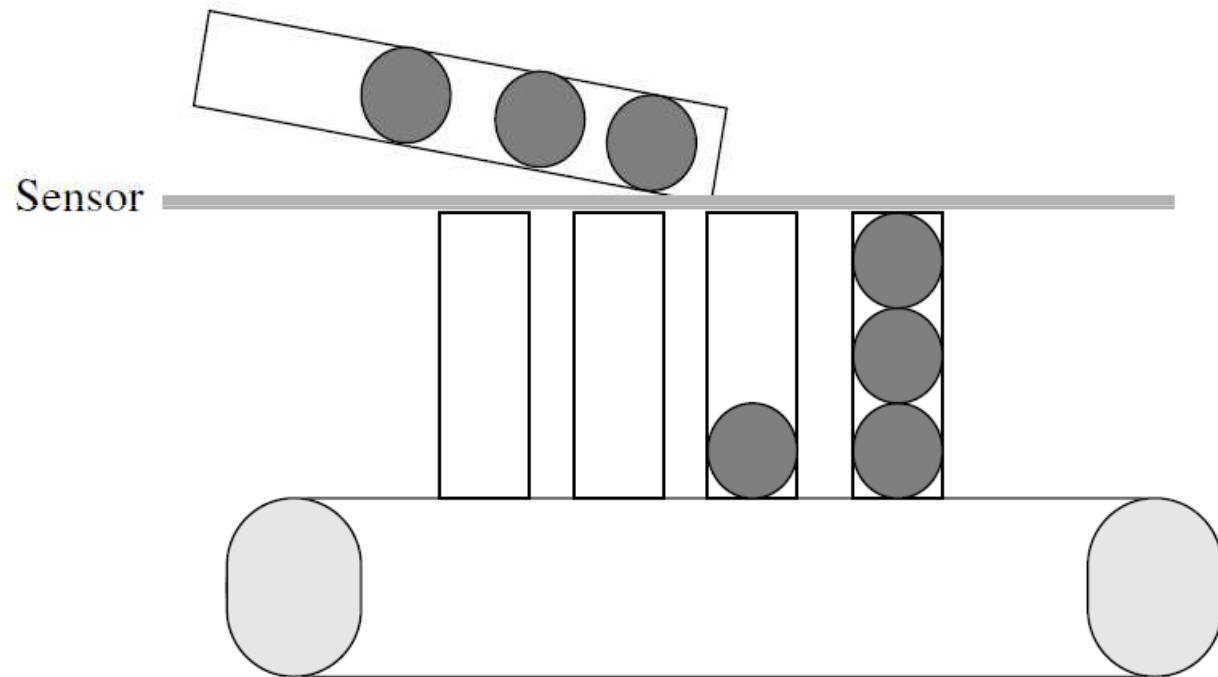
Escalera mecánica bidireccional

- Genere el modelo de una escalera mecánica bidireccional
 - Para ello disponemos de dos sensores de presión: P1 y P2
 - Cuando se activa un sensor, la escalera empezará a andar en dirección al sensor restante y no parará hasta que se active el otro sensor
 - Luego de resuelto complejíselo



Empaquetadora de pelotas de tenis

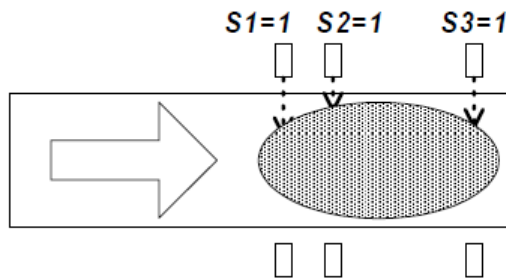
- Las pelotas de tenis ruedan por un ducto y caen en cajas que se desplazan por una cinta transportadora
- La cinta avanzará un paso al llenar la caja (3 pelotas) trayendo una caja vacía
- Al caer la pelota en la caja se activará un sensor de movimiento colocado sobre ésta



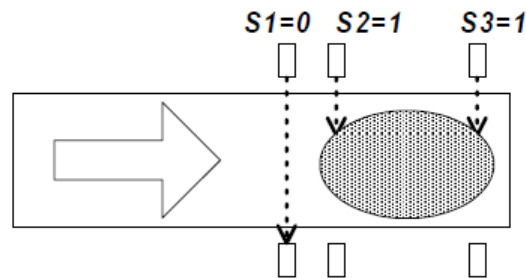
Detector de tamaño de huevos

- Un sistema de clasificación automática de huevos según su tamaño deberá distinguir entre huevos pequeños, medianos y grandes
- Para ello se dispone de 3 sensores de presencia, cuya salida será "1" si hay un objeto delante de ellos, colocados en una cinta transportadora por la que se mueven los huevos
- Diremos que un huevo es grande, mediano o pequeño cuando sensores se comportan según lo muestra la siguiente figura

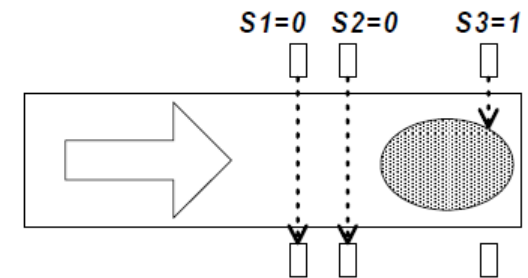
Grande ($T1-T2=0-1$)



Mediano ($T1-T2=1-1$)

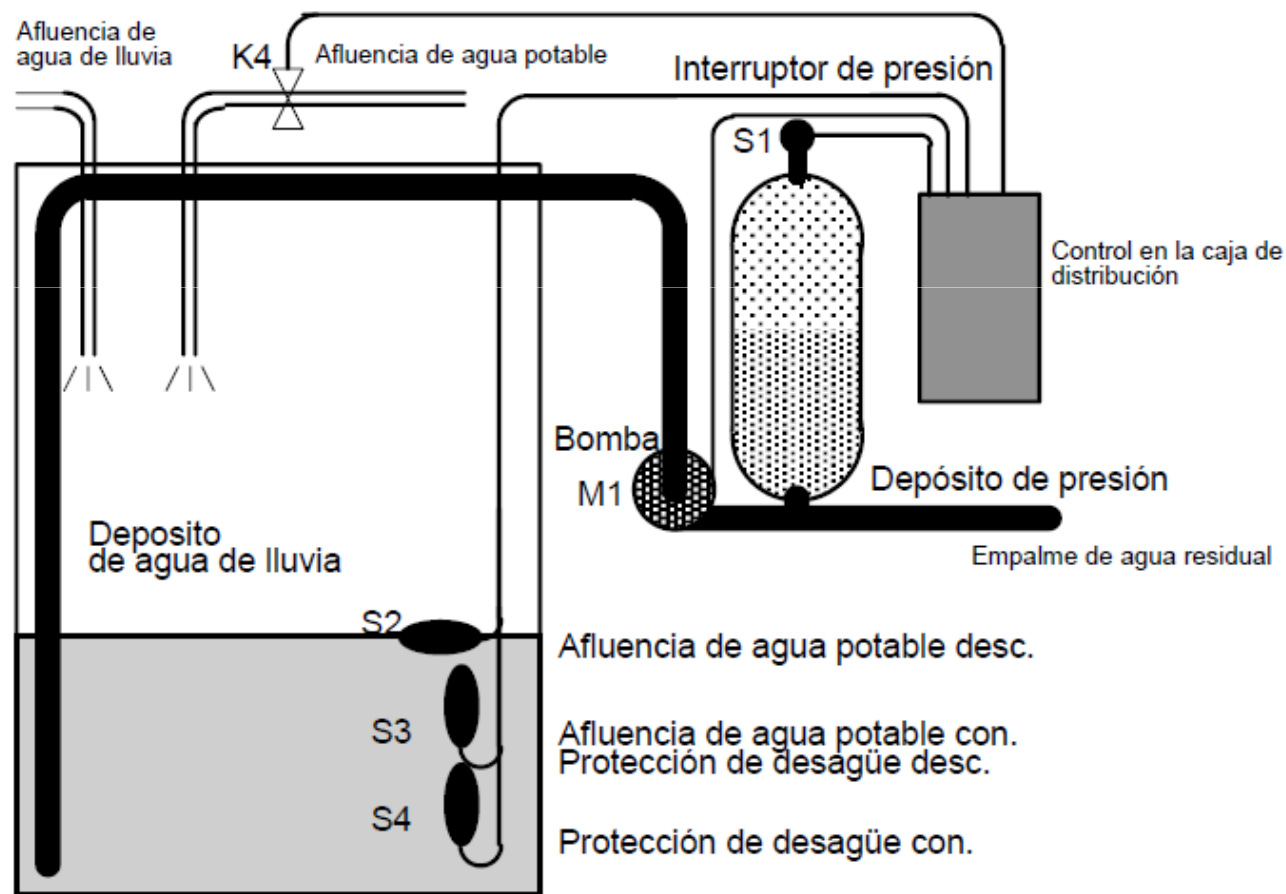


Pequeño ($T1-T2=1-0$)



Bomba de aguas residuales

- El agua de lluvia va a un deposito
- Un sistema de bombeo inyecta el agua del deposito en una canalización prevista a tal efecto (desde ésta puede tomarse tanto agua de lluvia igual como agua potable)
- Si llegara a vaciarse el deposito, es posible rellenarlo con agua potable





Otros

- Escalera mecánica unidireccional/bidireccional
- Túnel vehicular
- Cinta transportadora
- Puerta corrediza / Portón levadizo
- Limpiaparabrisas
- Control de acceso sin/con cupo
- Ascensor de N plantas
- Generadores (señales)/Detectores de Secuencia (seguimiento)
- Máquinas expendedoras/empaquetadores/etc.
- Maquinaria o procesos industriales
- Protocolos de comunicaciones
- ...