

A stylized illustration of a person with dark hair, wearing a light blue button-down shirt and dark blue pants, standing in profile and writing on a blackboard with a marker. The blackboard is dark grey with a thin white border. The background is a light cyan gradient.

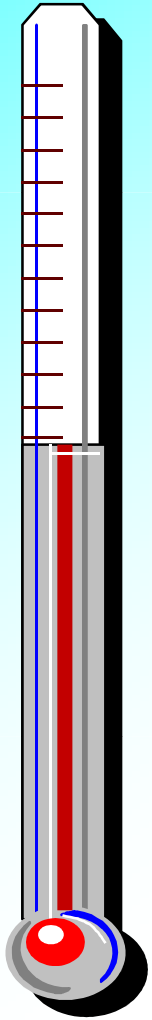
# Curso Control de Temperatura

OMRON ELECTRONICS S.A.

# índice

---

	Pág.		Pág.
<b>Curso Básico</b>	... 3	<b>Selección de producto</b>	...74
Método de control	... 7	por método de control	...75
Salida	...38	por sonda	...77
Sonda	...50	por salida	...82
Funciones de alarma	...59	por alarma	...83
Comunicación	...65	por interface	...84

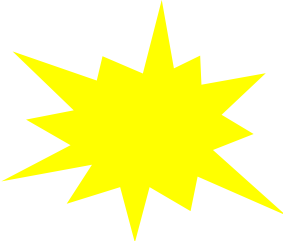


# Curso Básico de Control de Temperatura

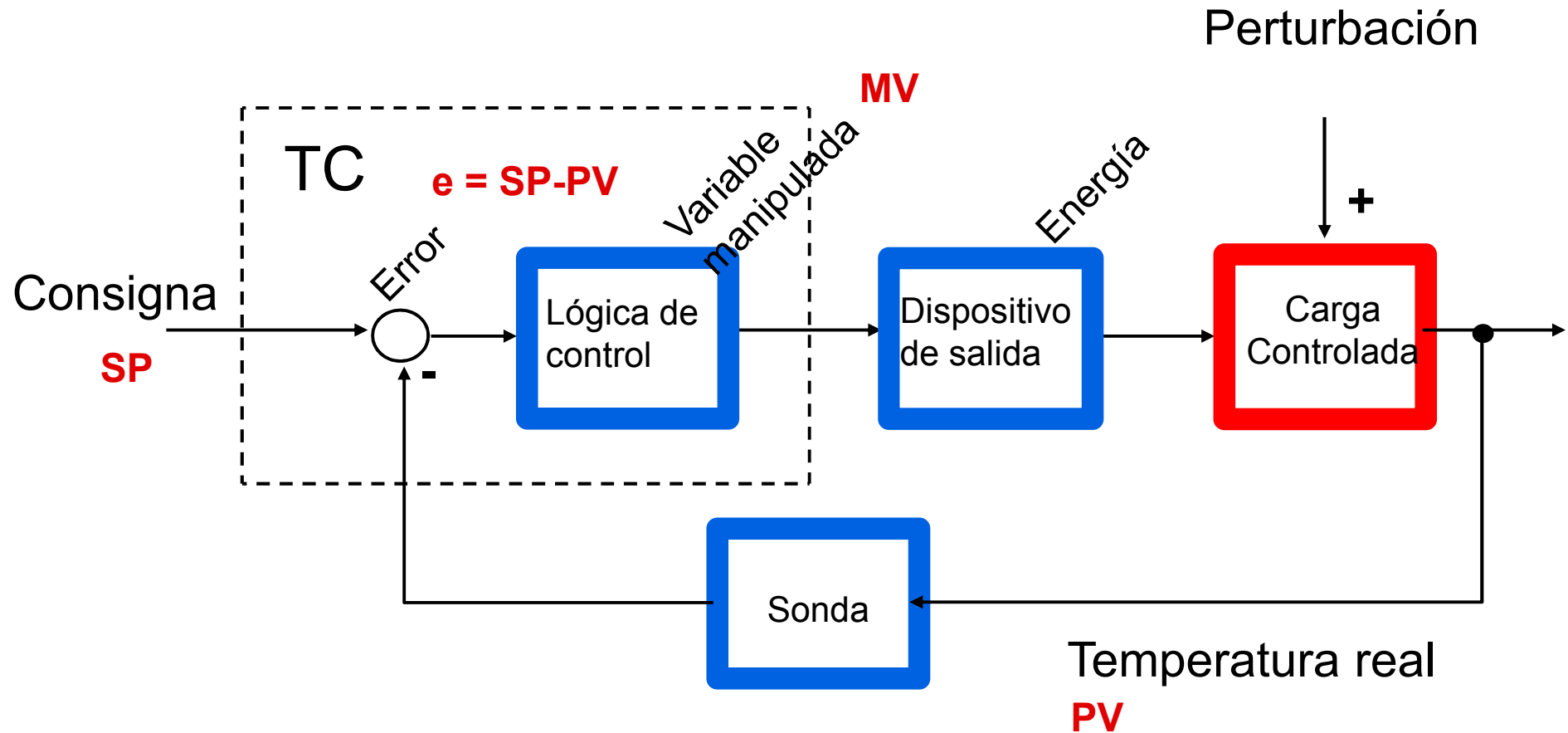
Control Feed-Back (realimentado) y controladores OMRON

# ¿Qué es Control de temperatura?

---

	Control secuencial	Control Feed-back (lazo cerrado)
Descripción/ Palabras claves	Es un control secuencial <b>pas a paso</b> de acuerdo con las <b>ordenes</b> previamente programadas.	Es un control que detecta <b>constantemente</b> el error entre la <b>consigna</b> y el valor real y lo corrige.
Carácter	Cualitativo Discontinuo	Cuantitativo Continuo
Por ejemplo	Tiempo Número de piezas Presencia etc.	Caudal Presión <b>Temperatura</b> 

# Control Feed-back (Realimentación)



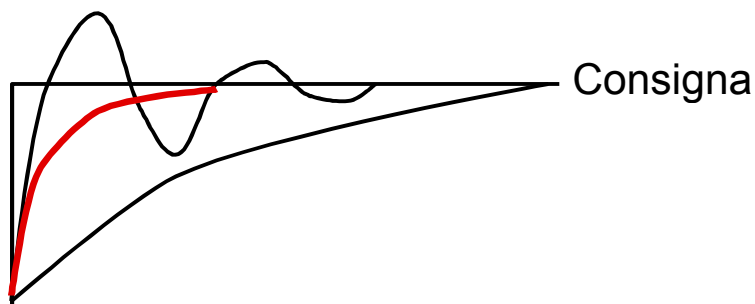
# Control ideal

---

¿Cuál es la definición de "control bueno" para un control realimentado Feed-back?

- Alcance a la consigna

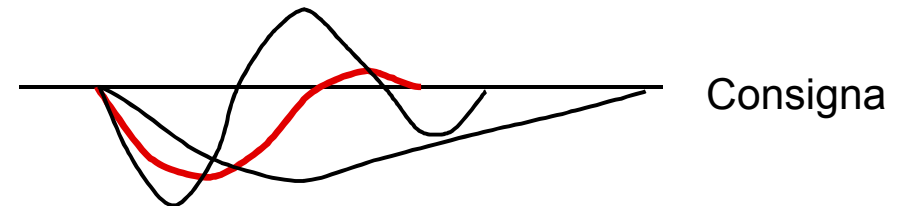
Rápido y/o correctamente



"Step-response"

- Corrección de error ante perturbación externa.

Rápido y/o correctamente

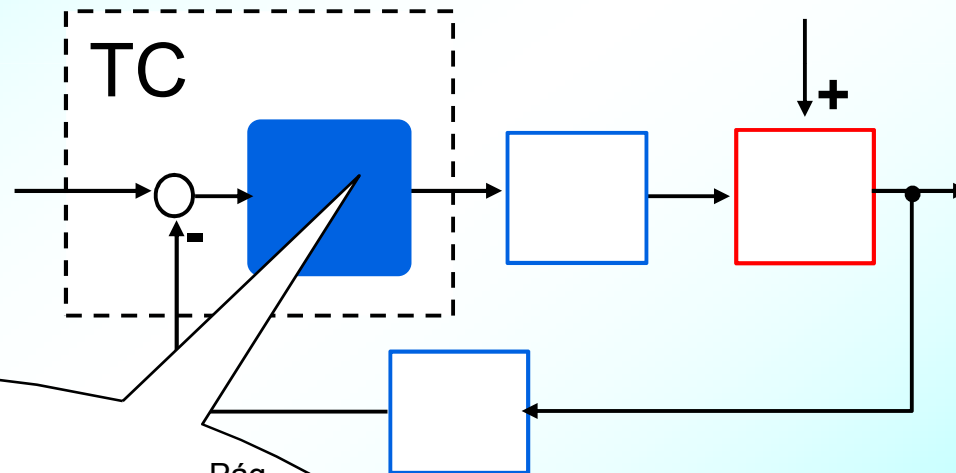


"Disturbance"

# Método de Control

es el núcleo de control

Control Standard



ON/OFF	... 8
P	...12
PI	...20
PD	...81
PID	...22

2-PID	...25
Auto-tuning	...29
Self-tuning	...30
Fine-tuning	...33

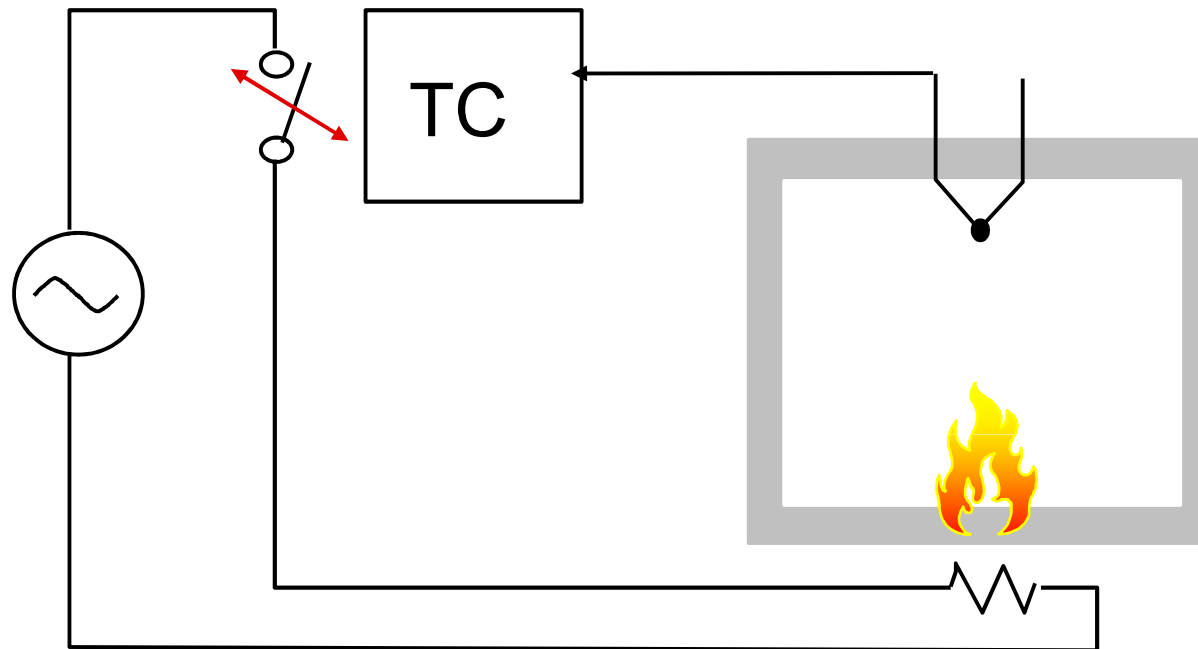
Control especial

Calor / Frío	...34
Cascada	...37

# Control ON/OFF

---

- Es un control sencillo y económico.



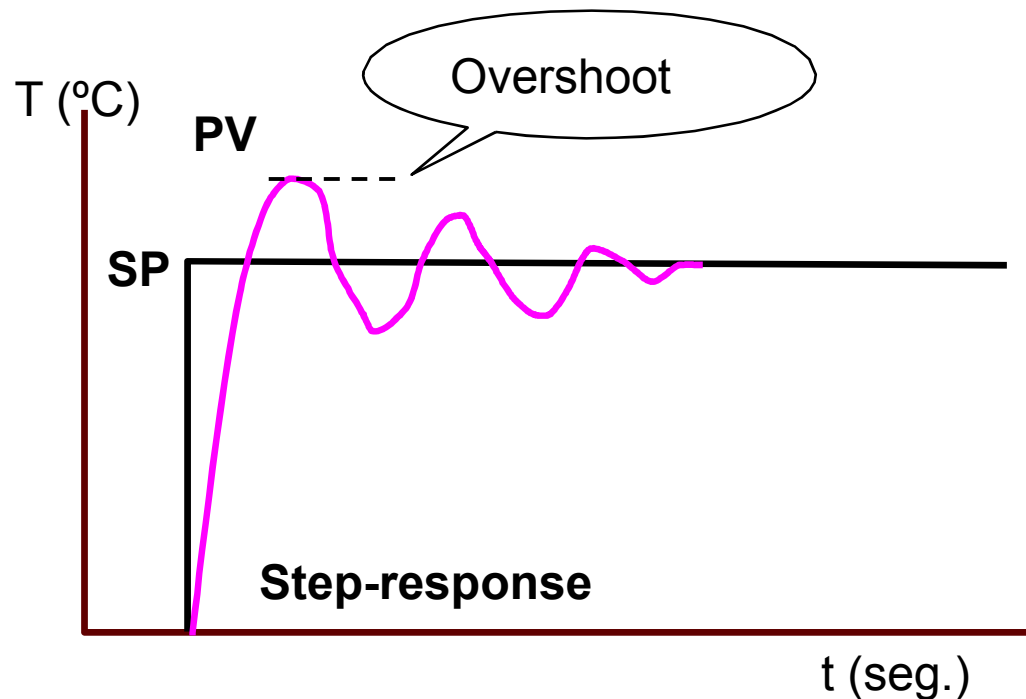
**MV=100%** : **PV<SP**  
**MV=0%** : **PV>SP**



# Pico o sobrepasamiento: Overshoot

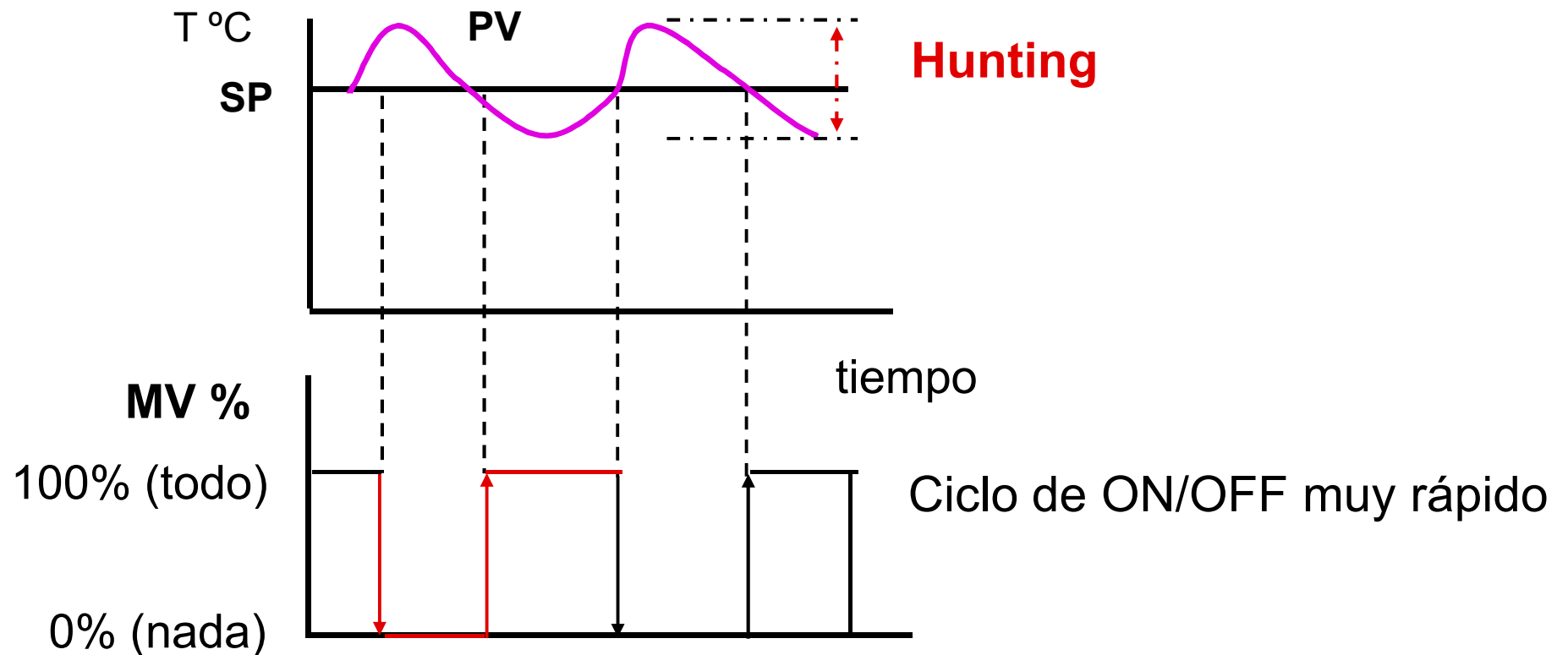
---

- Se genera un "Overshoot" debido a un exceso de energía aplicada para alcanzar el SP (consigna).



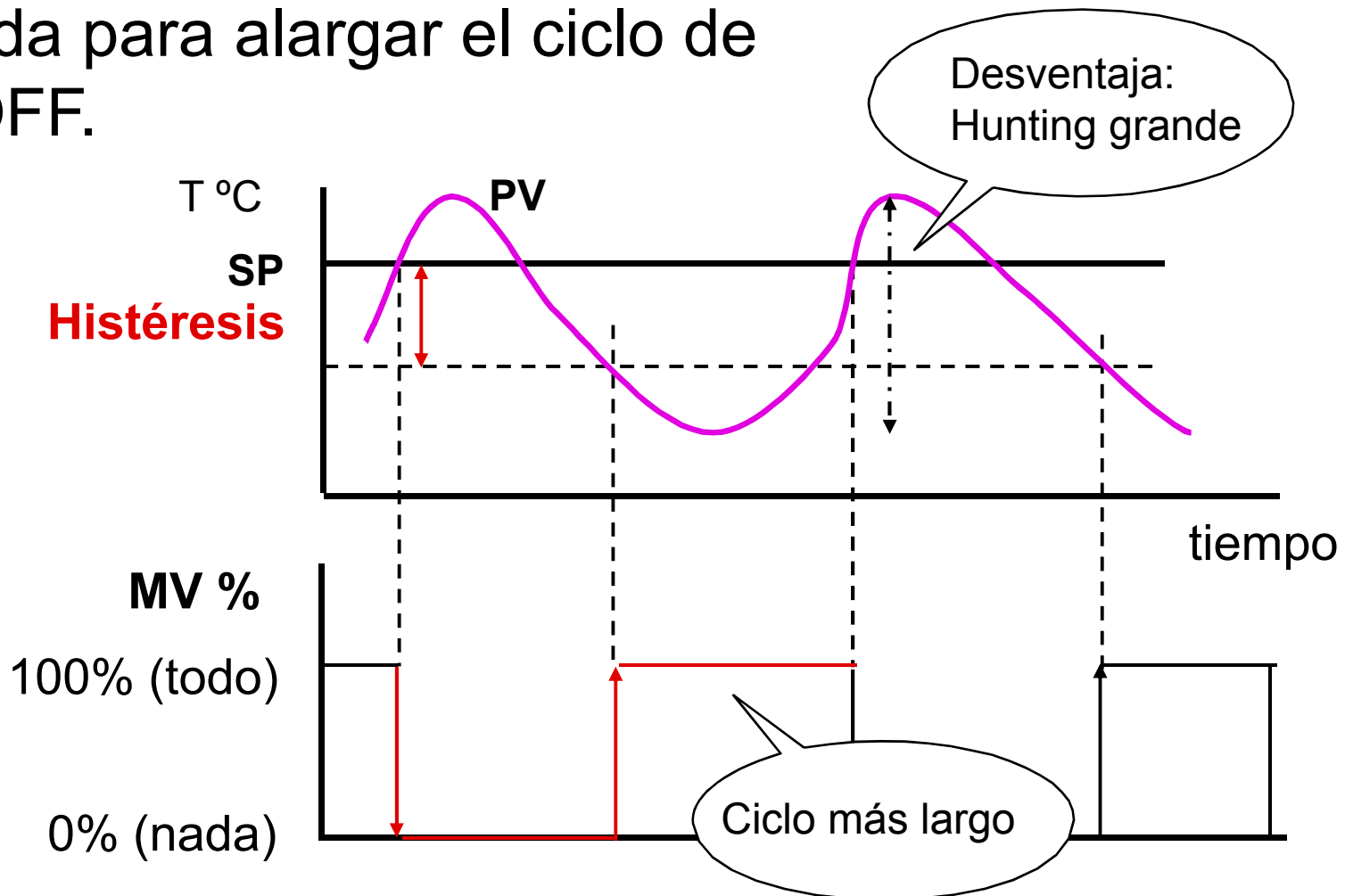
# Oscilación : Hunting

- También puede producirse una oscilación o "Hunting" después de haber alcanzado el SP



# Histéresis

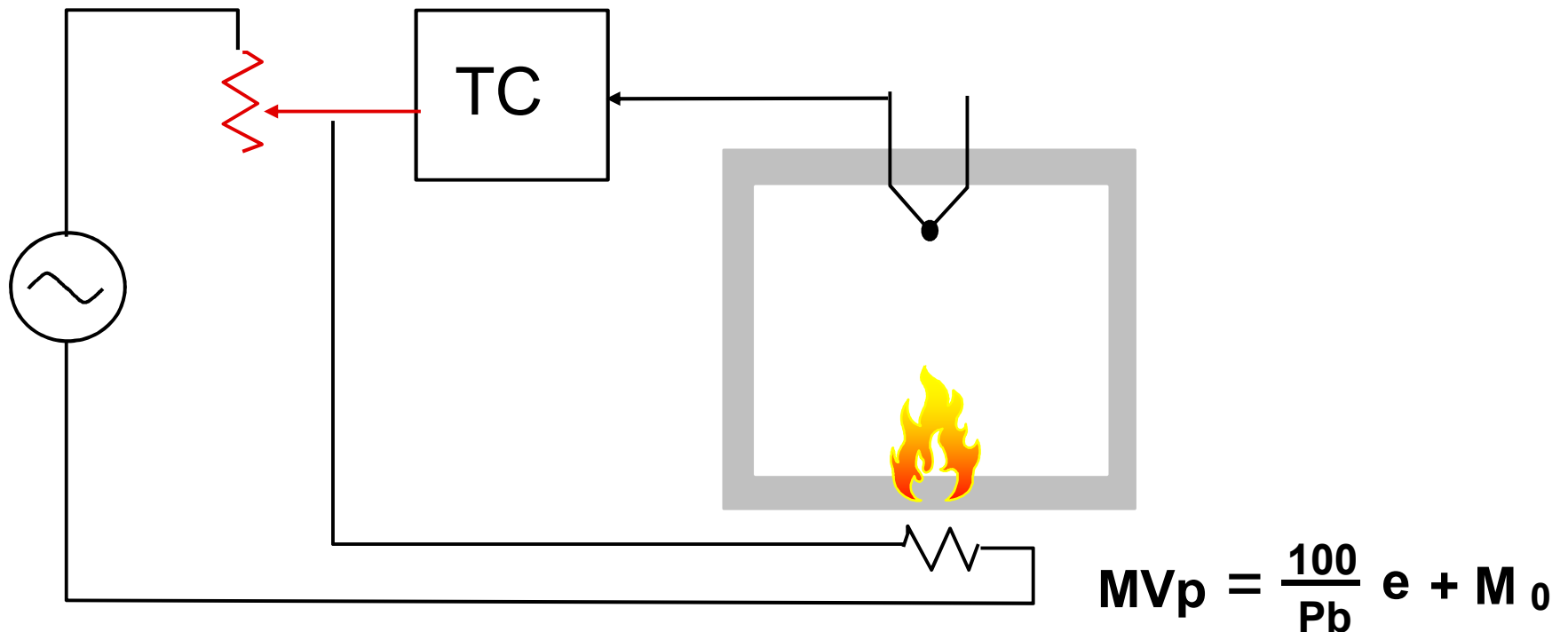
- Medida para alargar el ciclo de ON/OFF.



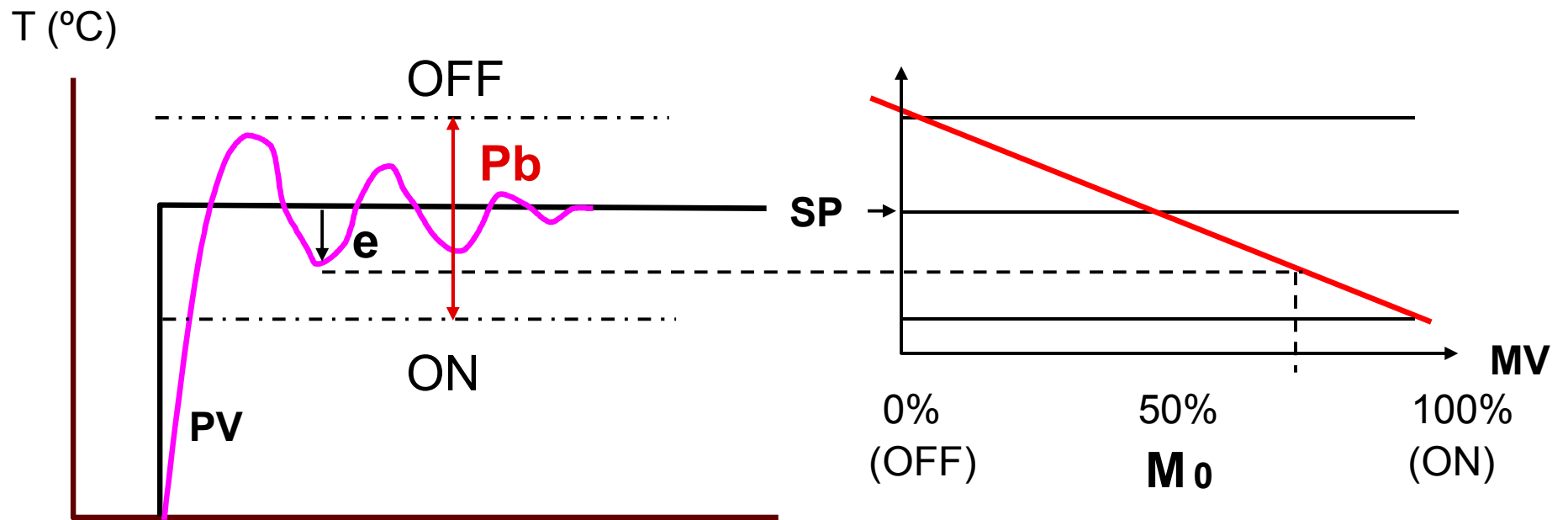
# Control P

---

- Proporciona la salida (MV : 0 a 100%) dentro de un determinado rango (Pb) en función del error (e).



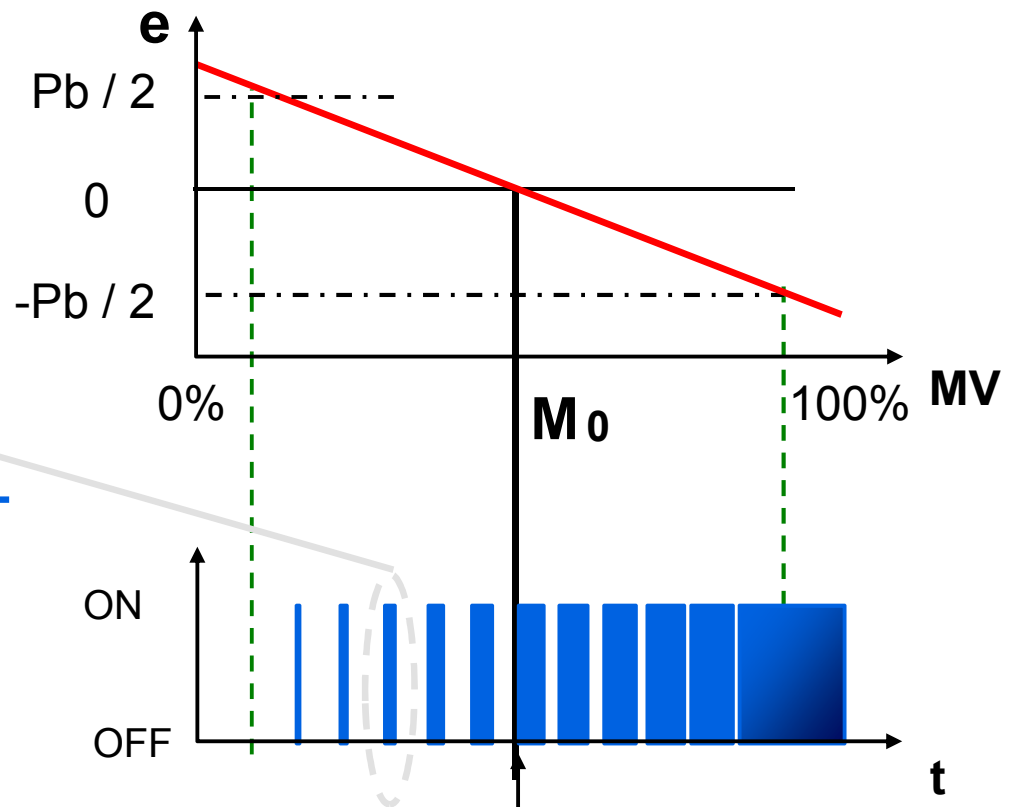
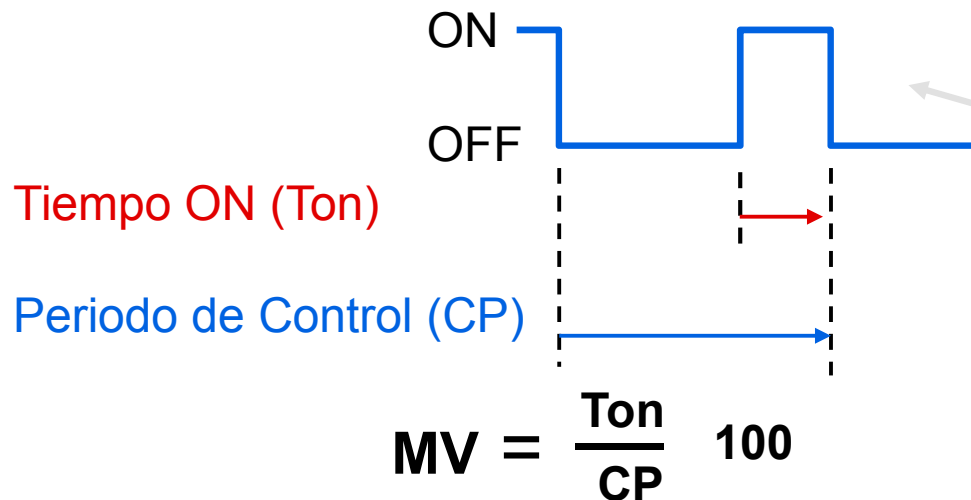
# Acción P



# Proporcionado de la salida (contacto)

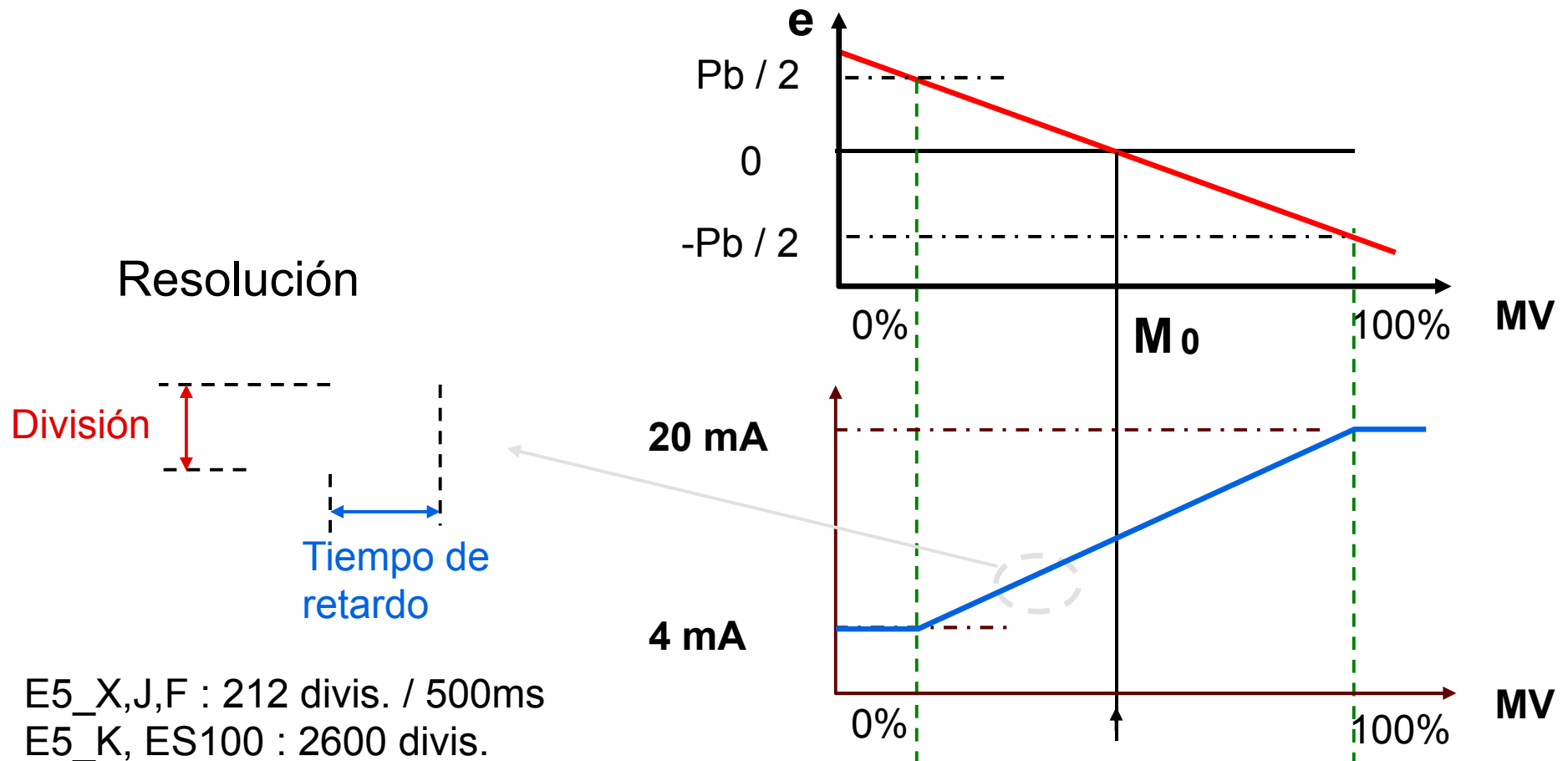
- Salida contacto (Relé, Tr, SSR, etc.)

Tiempo proporcional

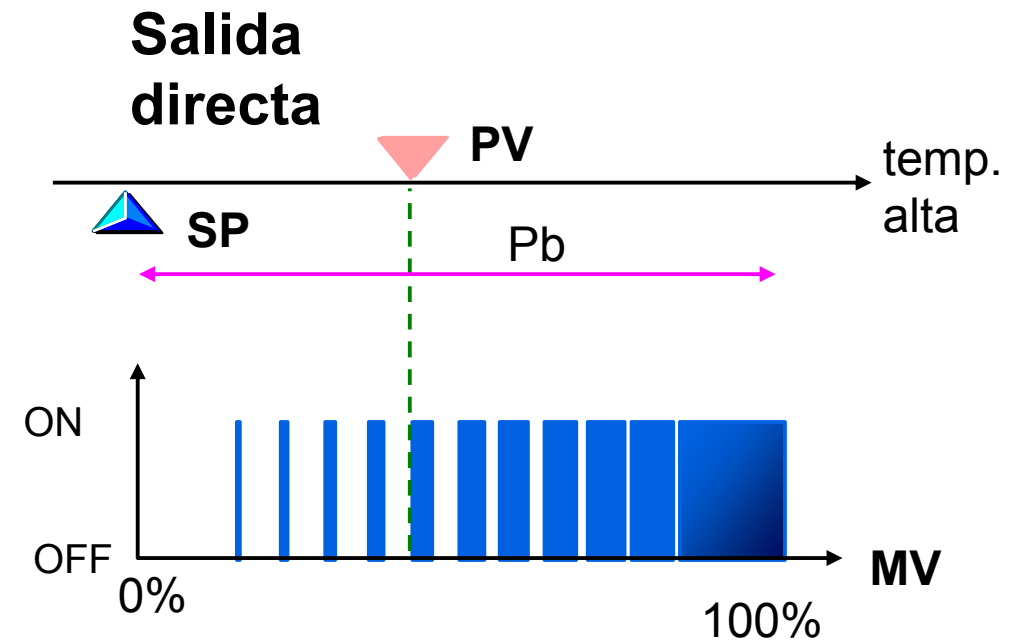
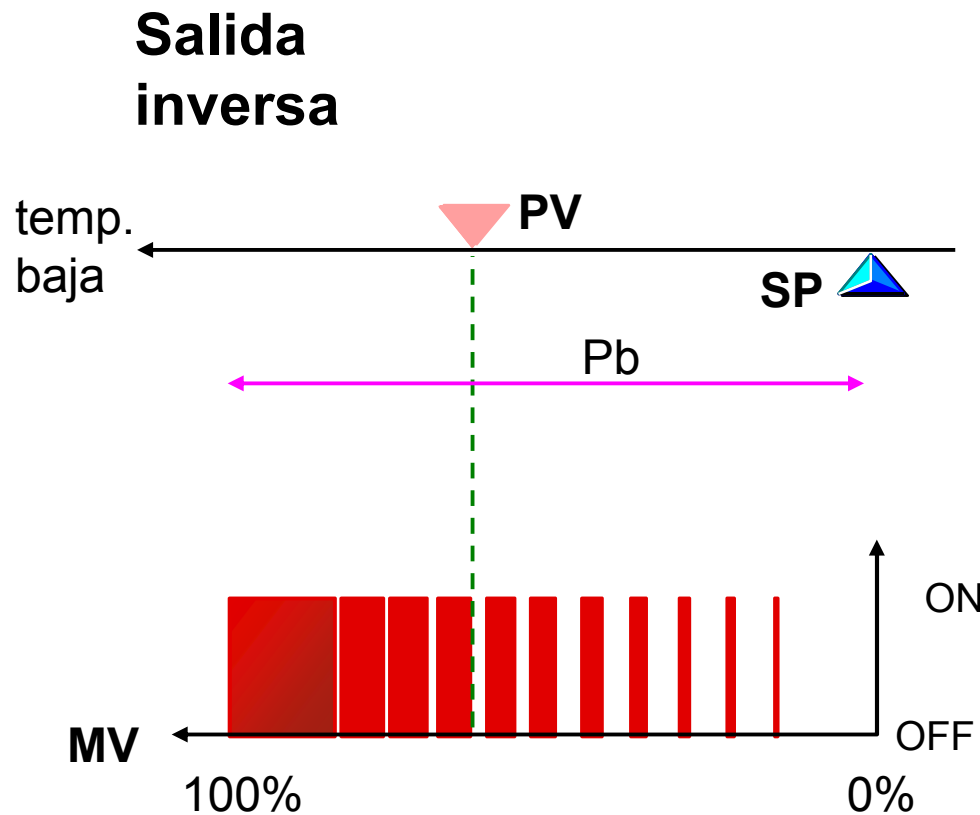


# Proporcionado de la salida (Analógica)

- Salida analógica (4-20mA, 0-20mA, 0-10V, etc.)



# Salida inversa y directa

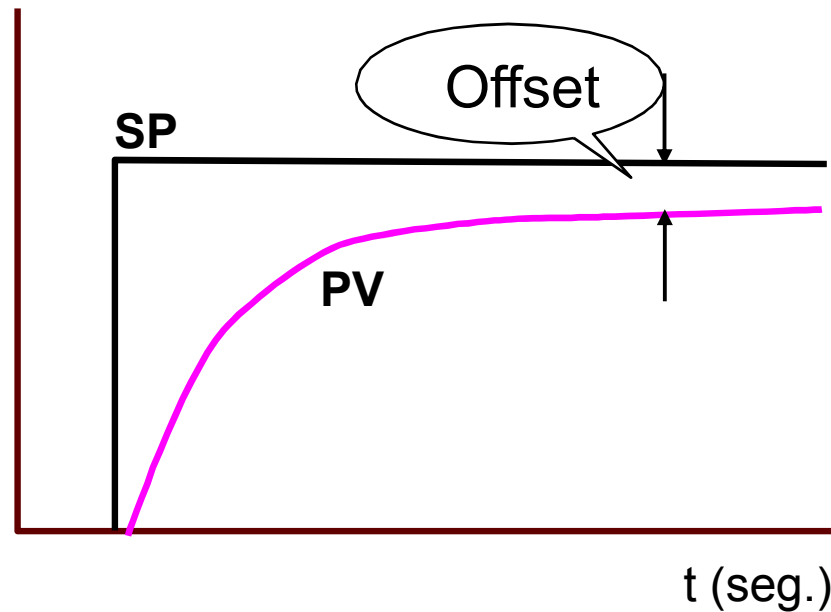




# Offset

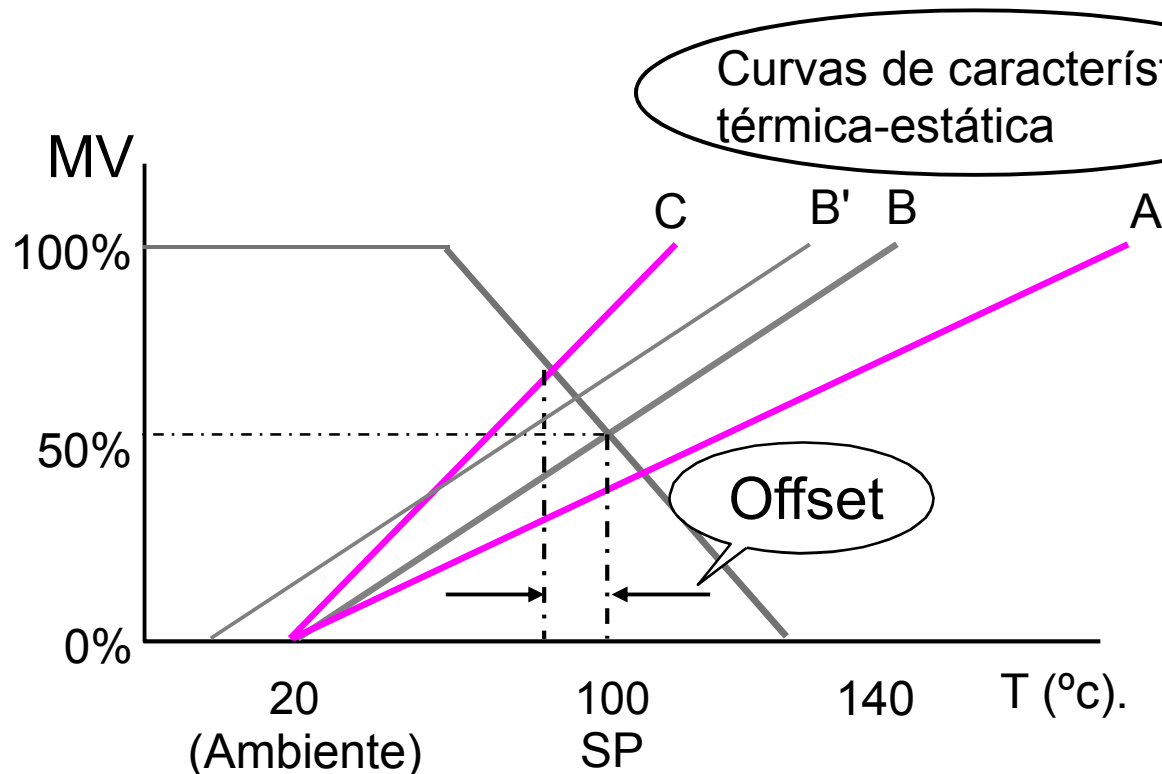
- El control proporcional puede generar un error de "Offset" entre PV y SP.

T (°C)



# ¿Por qué ocurre Offset ?

- Cuando la banda P seleccionada no es adecuada a la característica térmica-estática del sistema se produce el offset.



Materia A : Fácil de calentar  
Materia B : Adecuado.  
Materia C : Difícil de calentar.

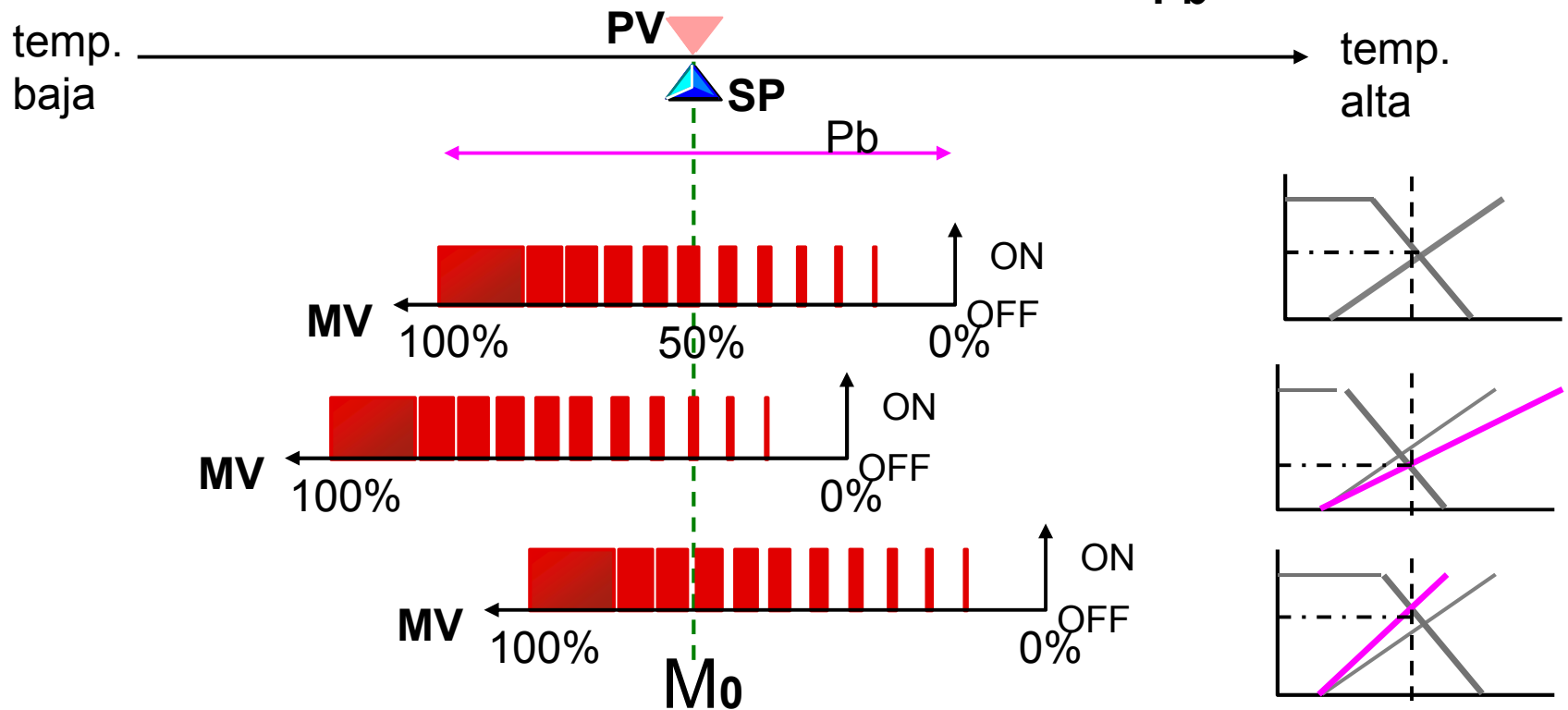
Cada materia tiene distinta característica estática según su **capacitancia térmica**.

B' : cambio de la temperatura ambiente.

# Manual Reset

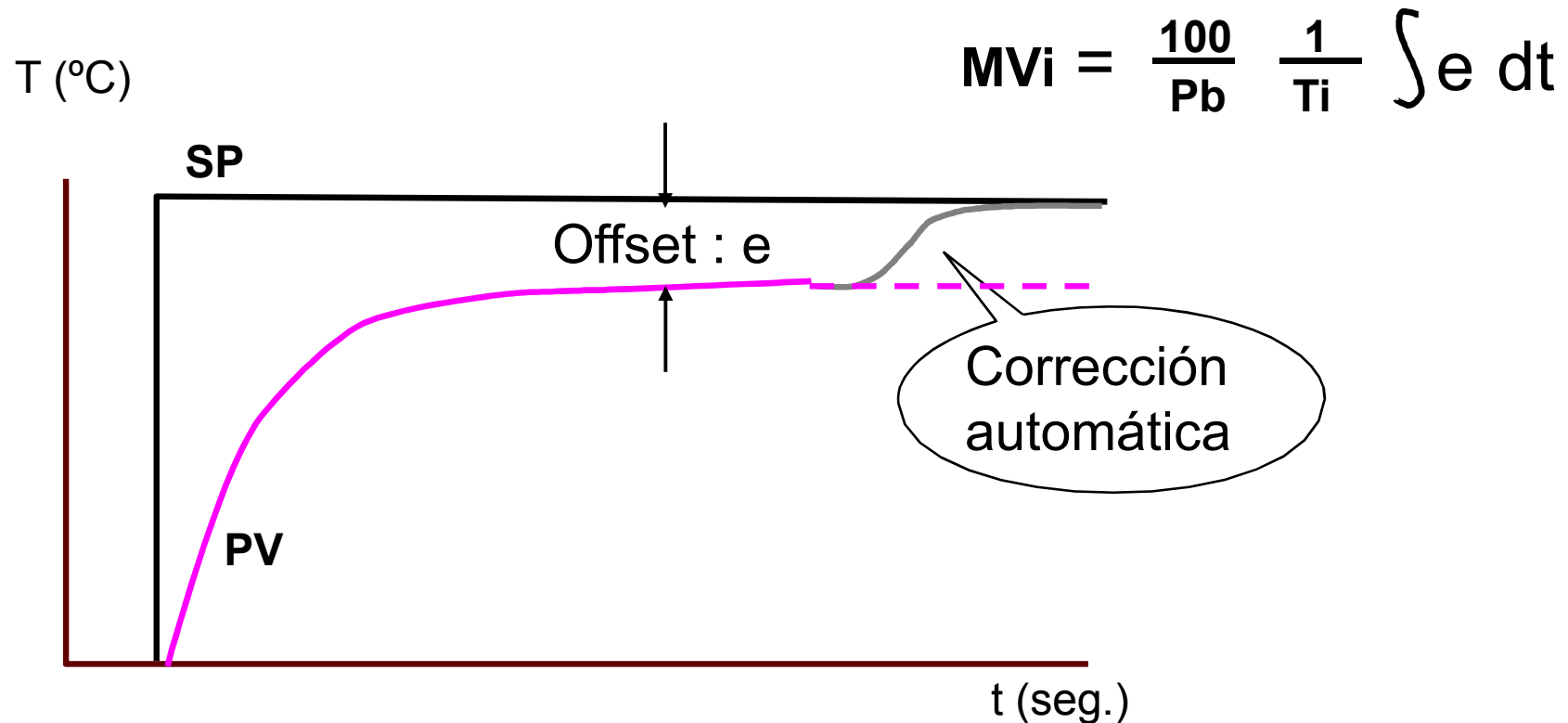
- Manual Reset elimina el Offset de forma manual.

$$MV_p = \frac{100}{P_b} e + M_o$$



# Control P+I

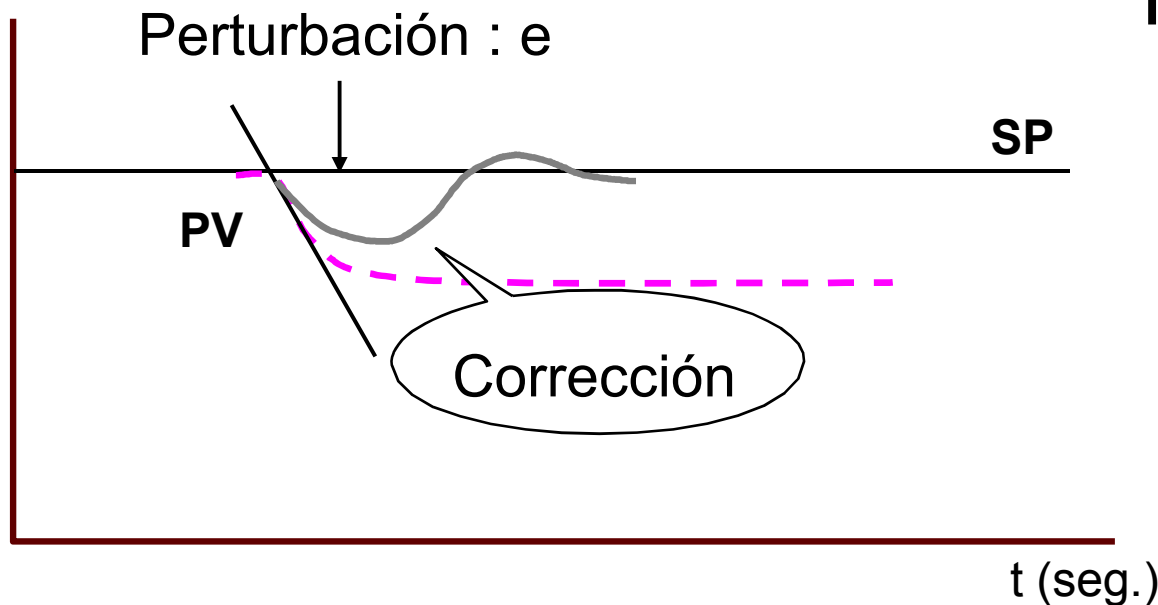
- I : Corrige el error acumulado de forma automática.



# Control P+D

- D : Corrige el error instantáneo debido a perturbaciones externas.

T (°C)

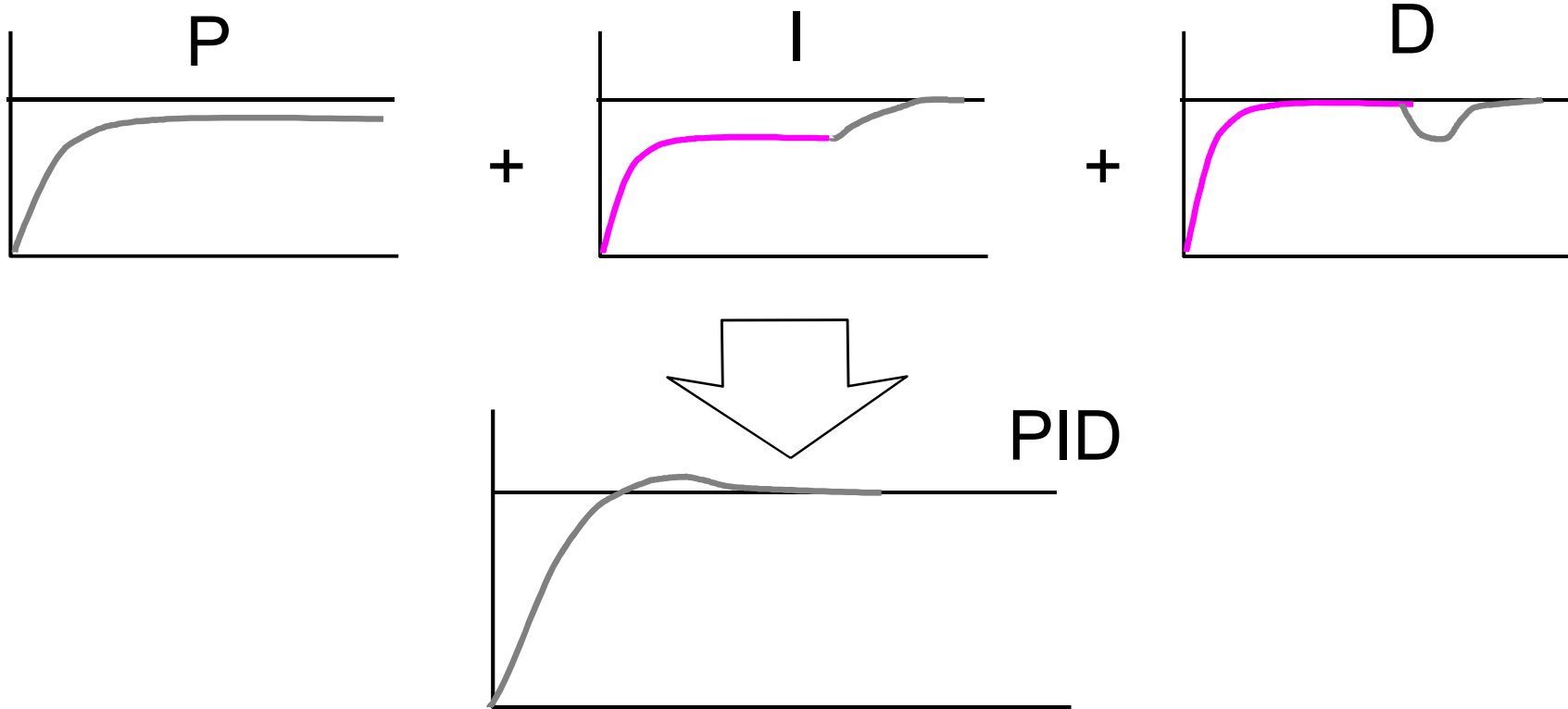


$$MVd = \frac{100}{Pb} Td \frac{de}{dt}$$

# Control PID

---

- Un sistema integrado. P, I y D

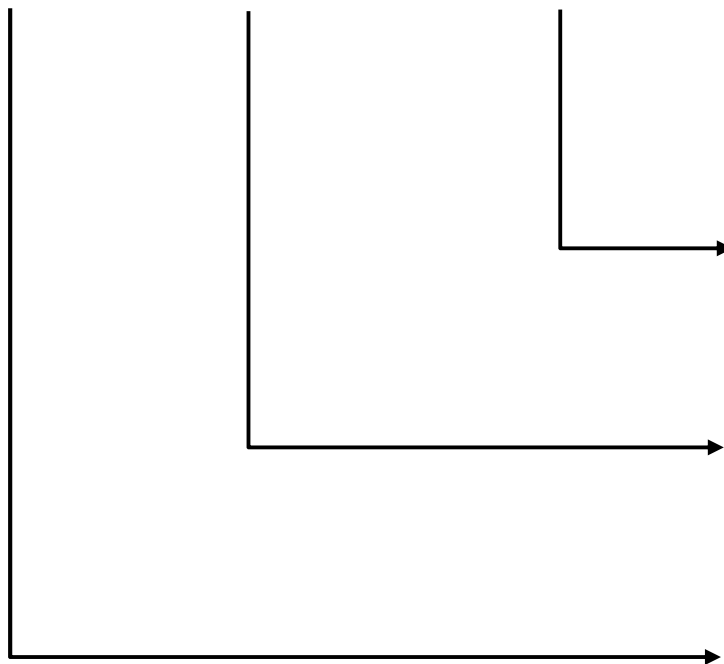


$$MV = \frac{100}{Pb} \left( e + \frac{1}{Ti} \int e \, dt + Td \frac{de}{dt} \right)$$

# Los parámetros o constantes PID

- Comportamiento de los parámetros

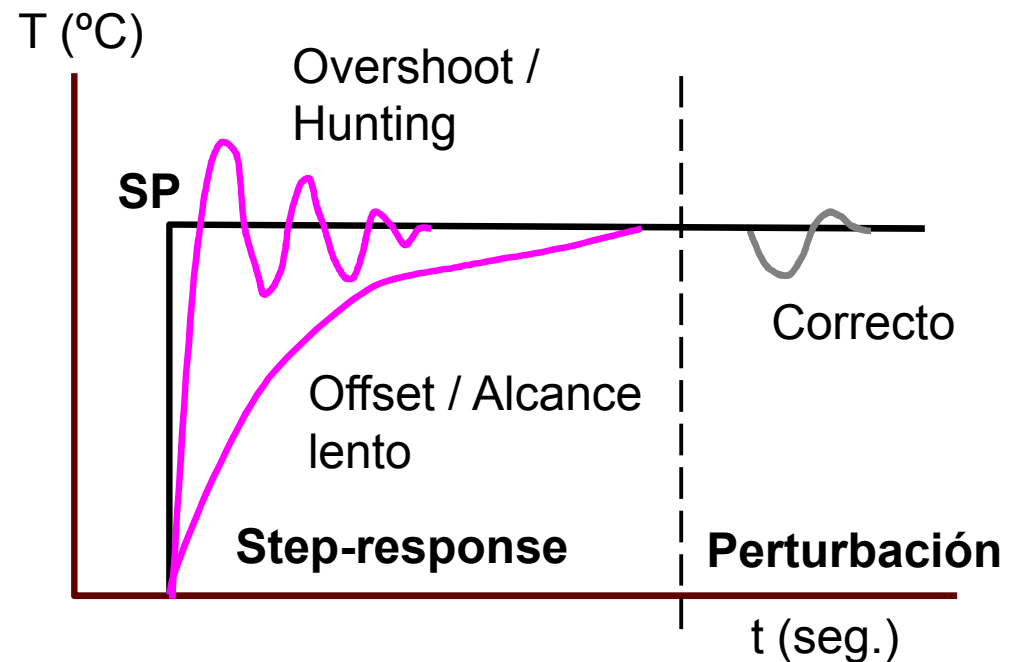
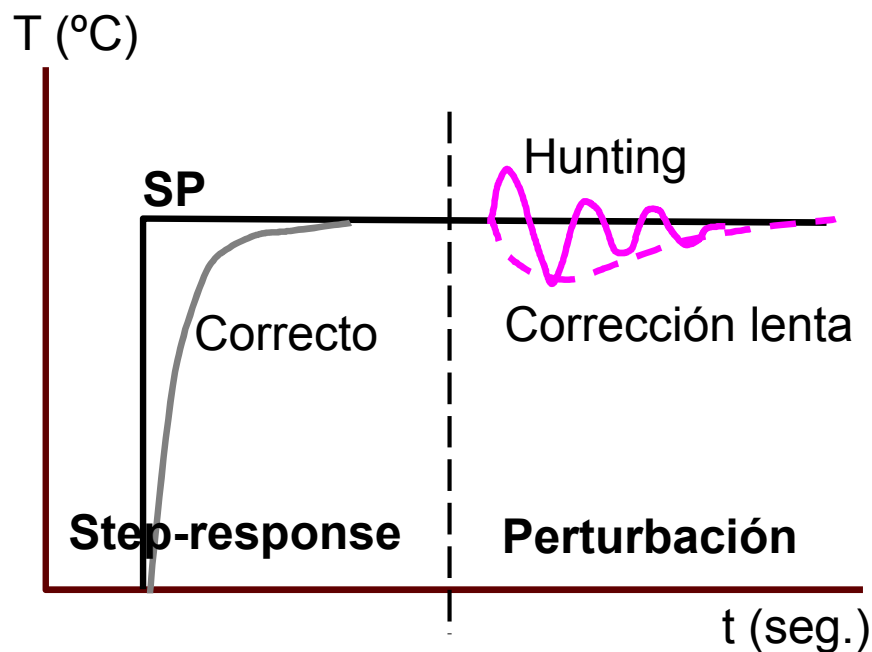
$$MV = \frac{100}{Pb} \left( e + \frac{1}{Ti} \int e \, dt + Td \frac{de}{dt} \right)$$



Grande	Adecuado	Pequeño
Inestabilidad (Hunting pequeño)	Corrige perturbación	Corrección lenta de perturbación
Offset	Corrige Offset	Oscilación
Offset Alcance a SP lento	Corrige picos y oscilaciones	Pico y Oscilación

# Compatibilidad

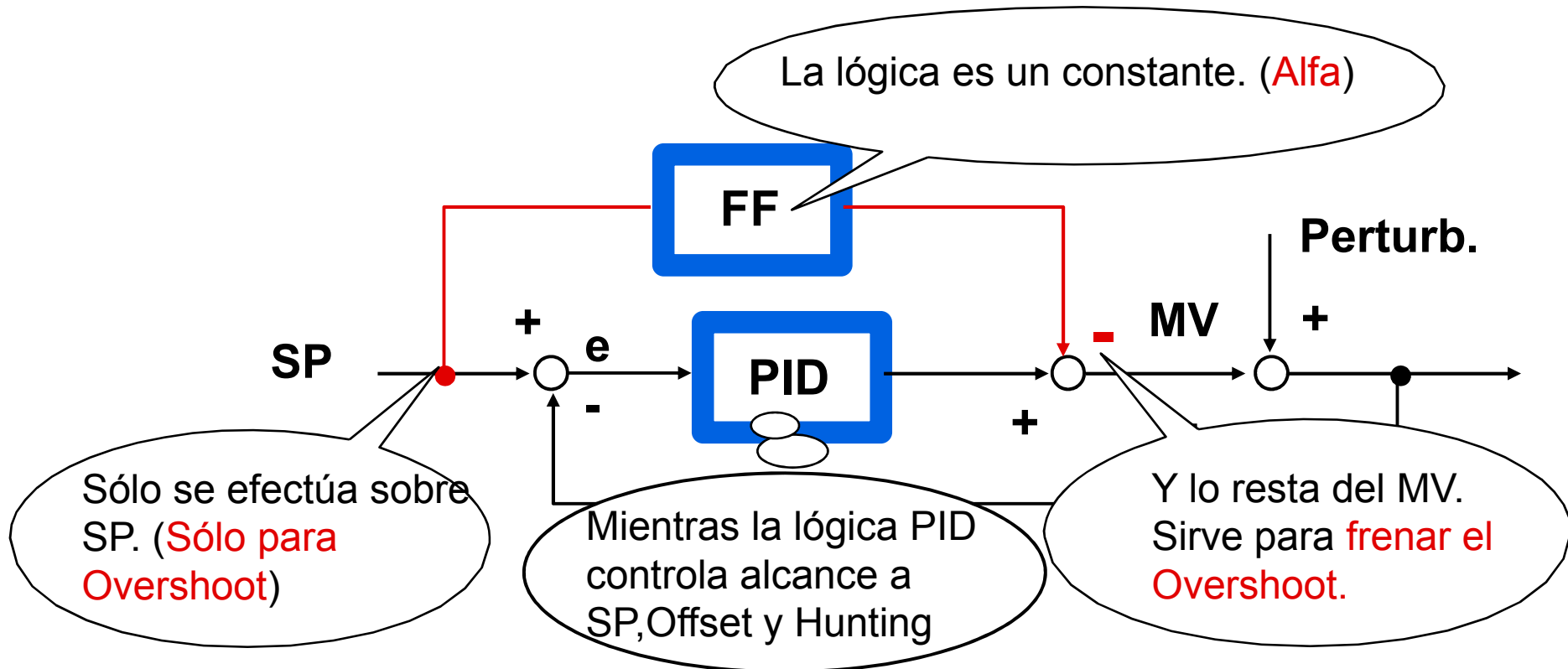
- Las características de alcance a SP y de corrección de perturbaciones no siempre son compatibles.





# 2-PID de OMRON

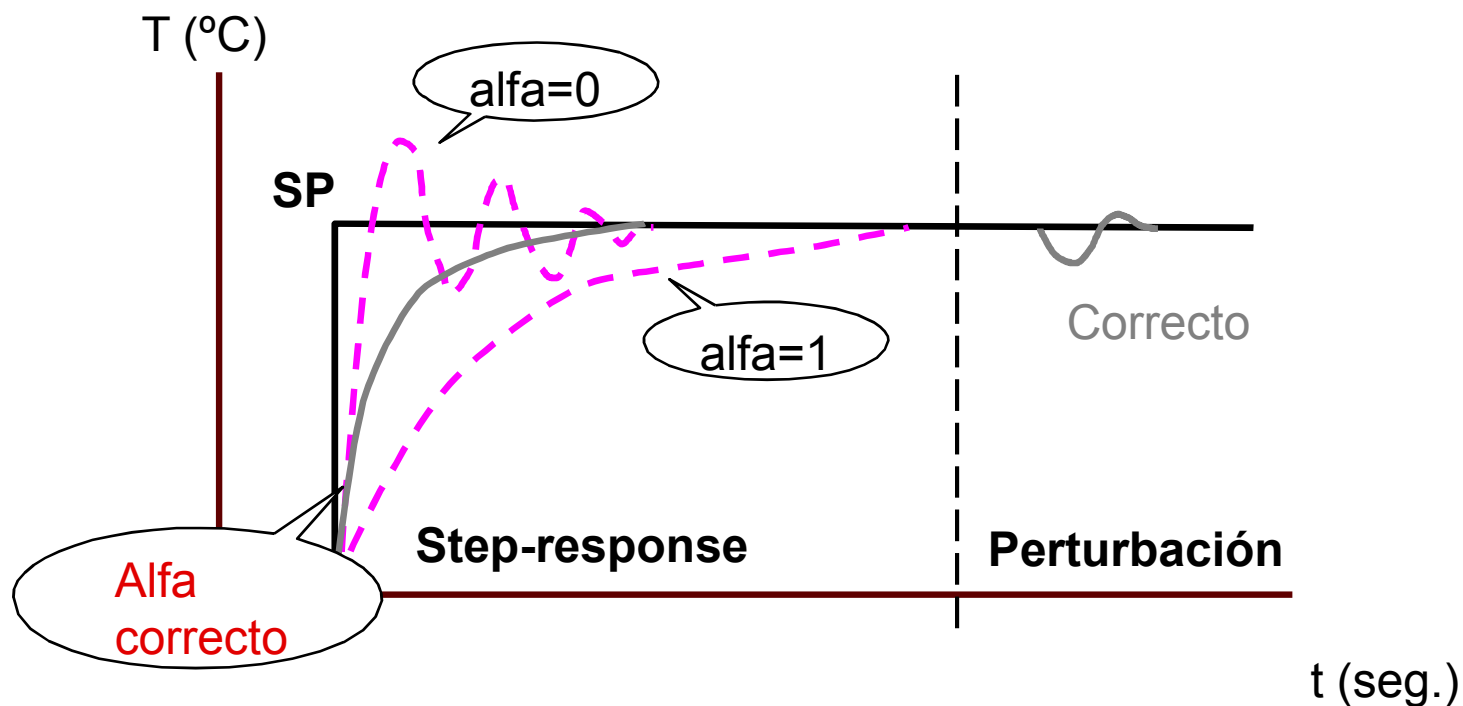
- Feed-forward (realimentación anticipativa): es un freno constante que **previene** sobrepasamientos (picos)



# Constante Alfa

- Alfa es la ganancia de Feed-Foward

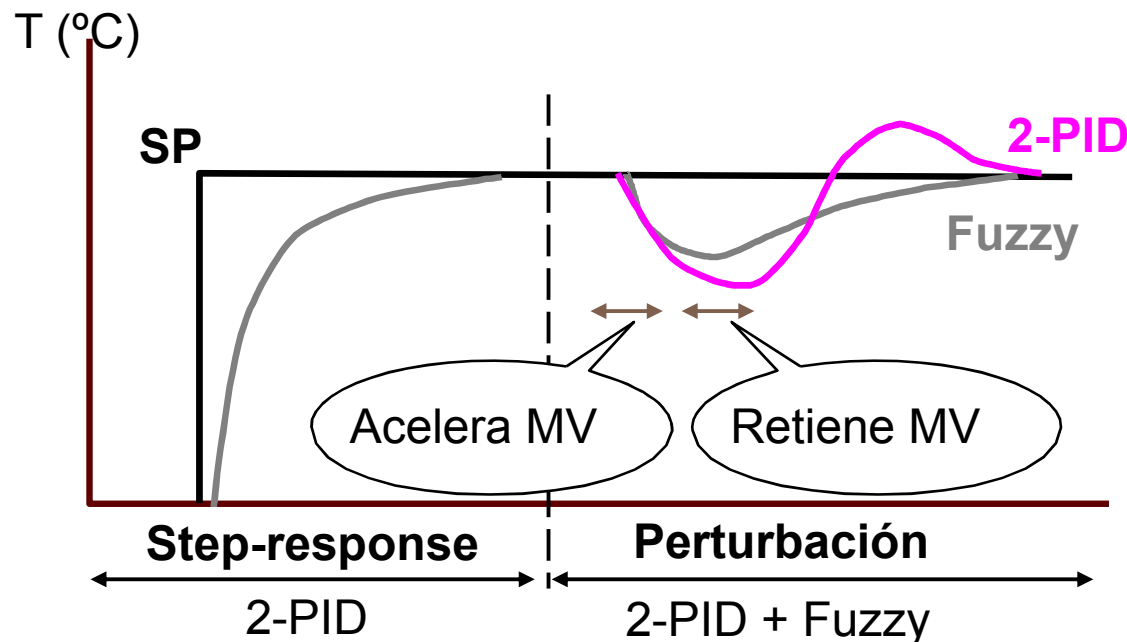
- ▣ 1. Ajustar la corrección de perturbación con PID convencional.
- ▣ 2. Ajustar Step-response eligiendo un alfa adecuado (de 0 a 1).



# Lógica Fuzzy

- Lógica fuzzy es un reajuste de la corrección realizada ante perturbaciones.

- ▣ Únicamente funciona cuando se produce una perturbación.
- ▣ Cuando el PV se desvía del SP después del establecimiento.
- ⌚ No actúa ante cambios del SP.



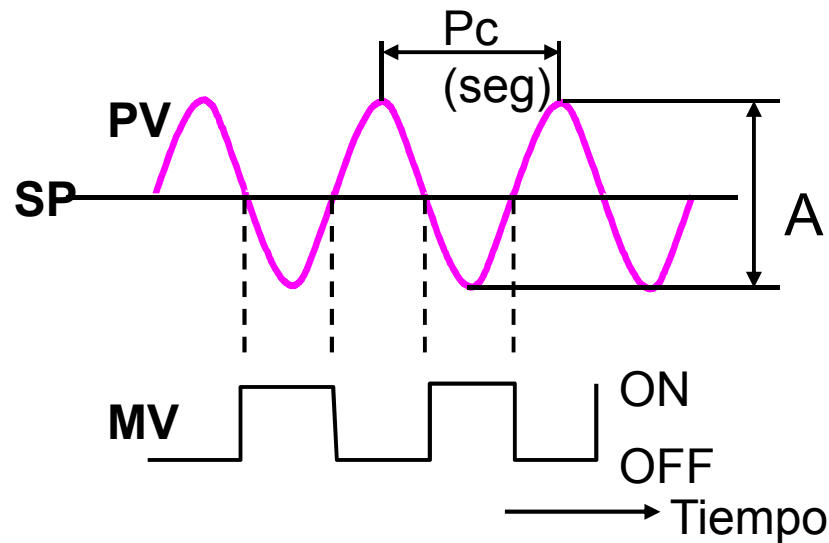
# Resumen PID

---

	Demasiado grande	Demasiado pequeño
Histerésis		- Vida corta de relé
P		- Hunting
I	- Corrección lenta de Offset	
D		Corrige demasiado _____ la _____.
Periodo de Control	- Hunting	
Alfa	- Alcanza demasiado _____ al SP	

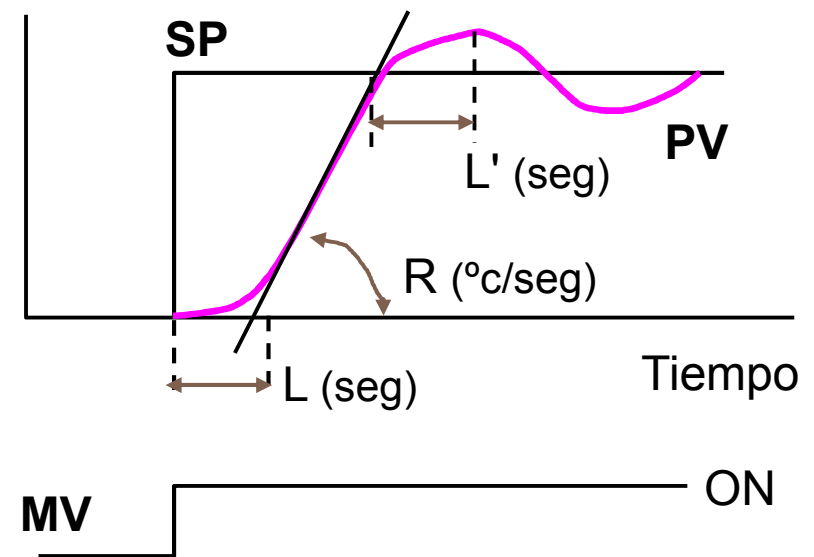
# Auto-tuning

## ● Método Ciclo de Límite



$$P = \frac{262}{FS} \times A \quad I = \frac{Pc}{2} \quad D = \frac{Pc}{8}$$

## ● Método Step-Response



$$P = 82 RL' \quad I = 2 L' \quad D = 0.5 L'$$

# Self-tuning

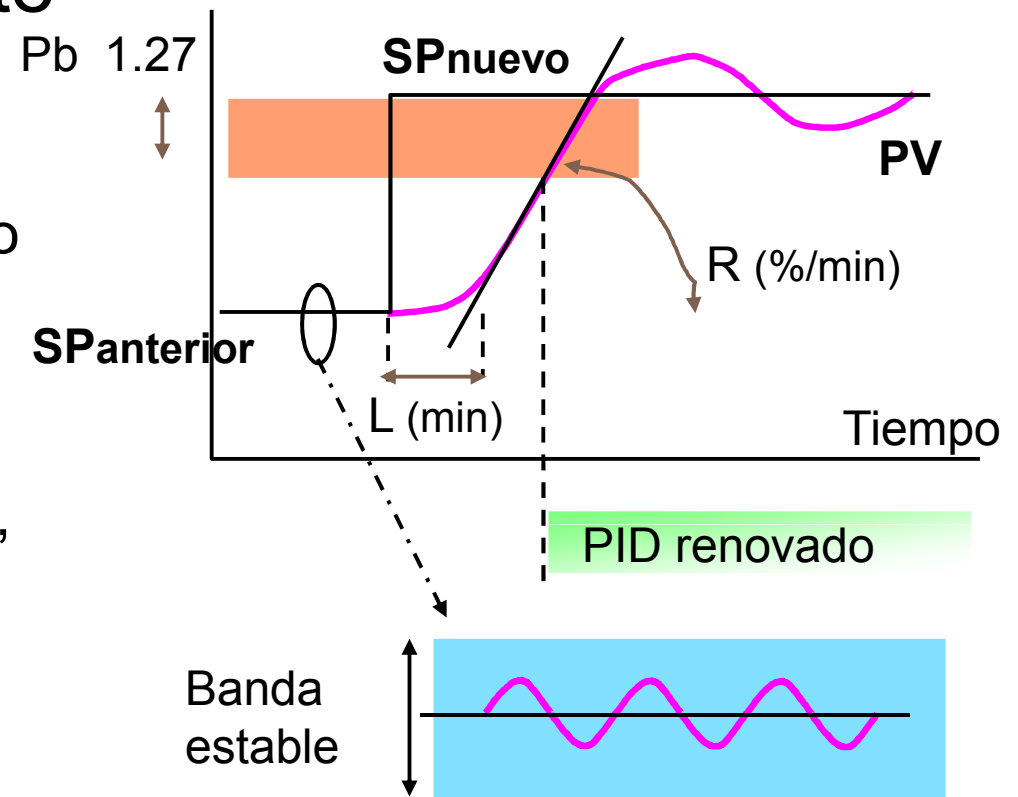
---

- El controlador decide por sí mismo cuándo reajustar los parámetros PID.
  - ▣ SRT (Step Response Tuning)  
Cuando se cambia el SP
  - ▣ DT (Disturbance Tuning)  
Cuando se detecta una perturbación.
  - ▣ HT (Hunting Tuning)  
Cuando se detecta Hunting u oscilaciones.

# SRT

## ● SRT renueva el PID ante cambios de SP.

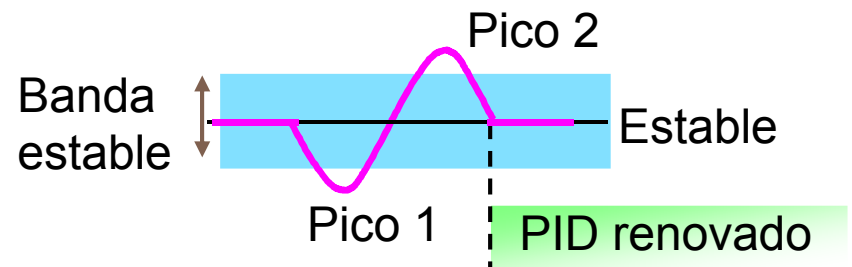
- 1)  $SP_{ant.} \neq SP_{nuevo}$
- 2) Error en el momento del cambio de SP es mayor que :  
**Pb 1.27 + 4**
- 3) Cambio del SP hacia arriba en control inverso (control de calor), hacia abajo con control directo (control frío).
- 4) Al cambio PV tiene que estar dentro de la banda estable.



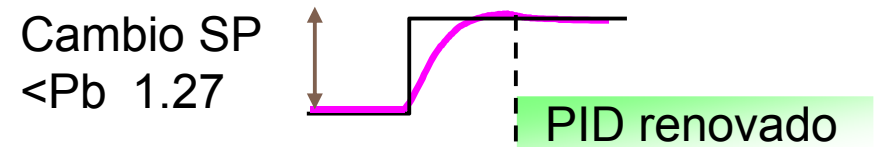
# DT y HT

## ●DT renueva el PID;

1) Cuando PV excede el rango estable tras haberse establecido con el PID antiguo.



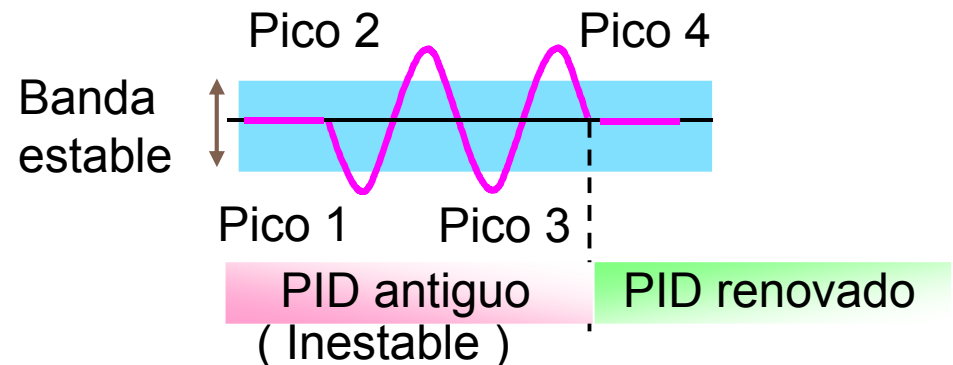
2) Después de que el SP se ha cambiado fuera de las condiciones SRT tras haberse establecido con el PID antiguo.



\*El número de picos que se generan hasta que se establezca debe ser inferior a 4.

## ●HT renueva el PID;

Si se generan más de 4 picos fuera de SRT.





# Fine-tuning

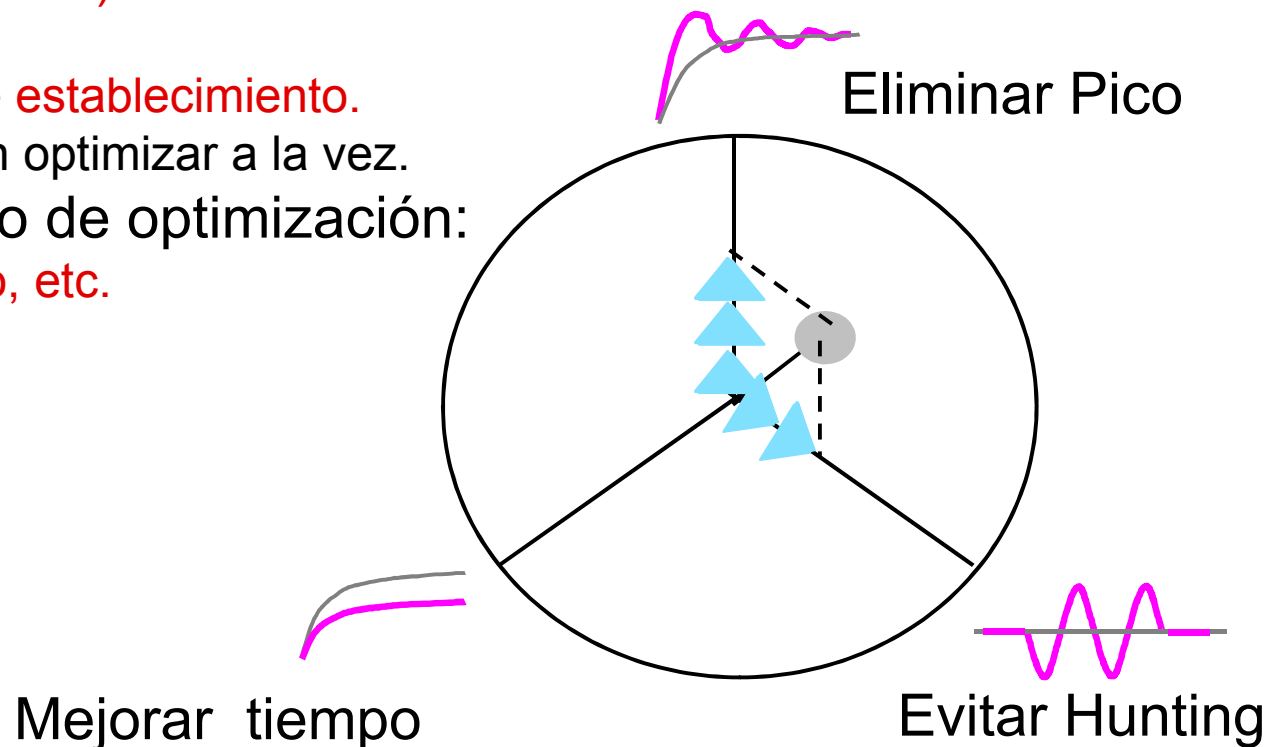
- Reajusta los PID de una forma **manual e intuitiva**.

- Determinar las características que se desean reajustar seleccionando de entre:

- 1) Eliminar Pico (Overshoot)
- 2) Evitar Hunting
- 3) Mejorar el tiempo de establecimiento.

Dos de ellos se pueden optimizar a la vez.

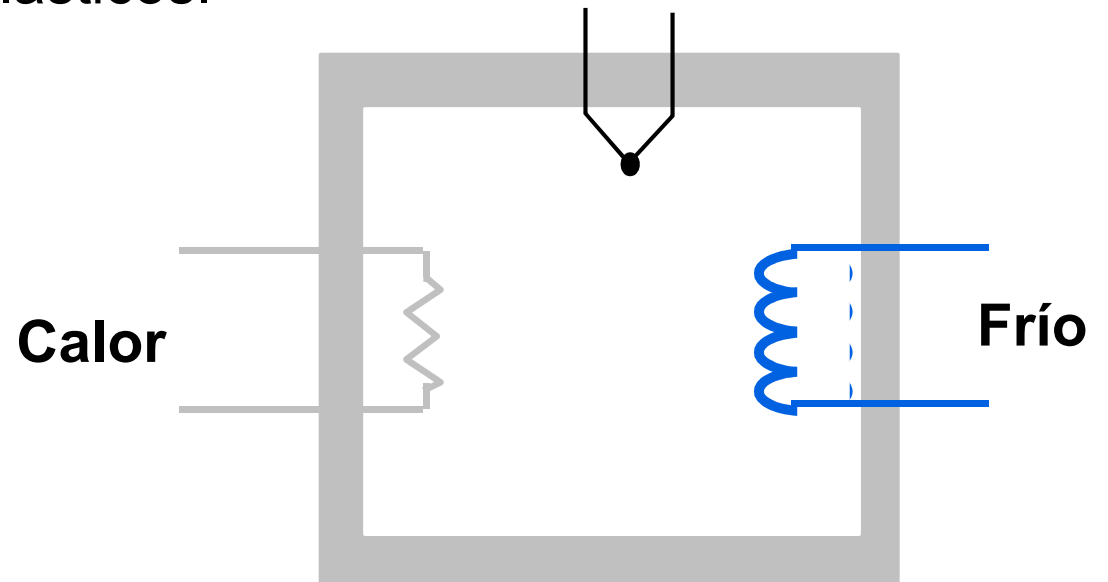
- Seleccionar el grado de optimización:  
Mucho, medio, un poco, etc.



# Control Calor / Frío

---

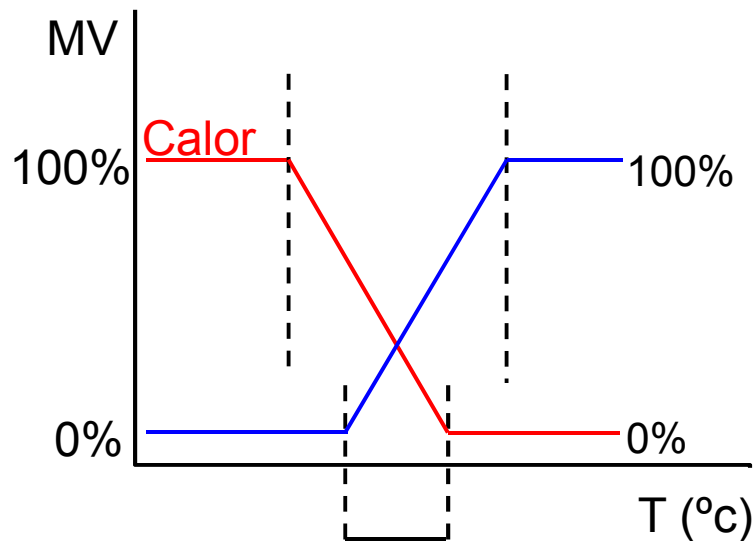
- Los procesos exotérmicos (por sí mismos generan calor) necesitan de ambas acciones: enfriamiento y calentamiento.
  - ▣ Procesos químicos exotérmicos.
  - ▣ Máquina extrusoras de plásticos.



# Banda muerta / solapada

## ● Banda solapada

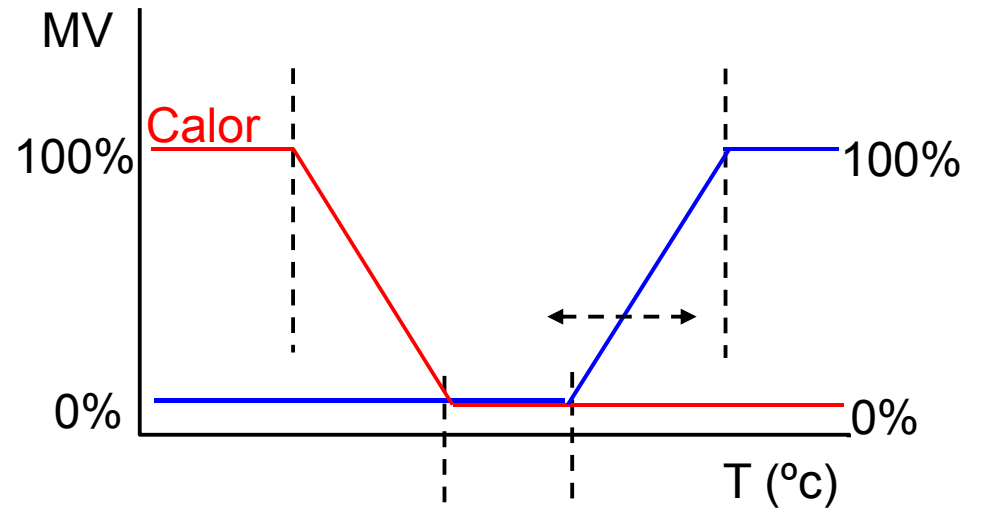
- Control preciso  
Calor y frío actúan a la vez



**Banda solapada  
(Overlap band)**

## ● Banda muerta

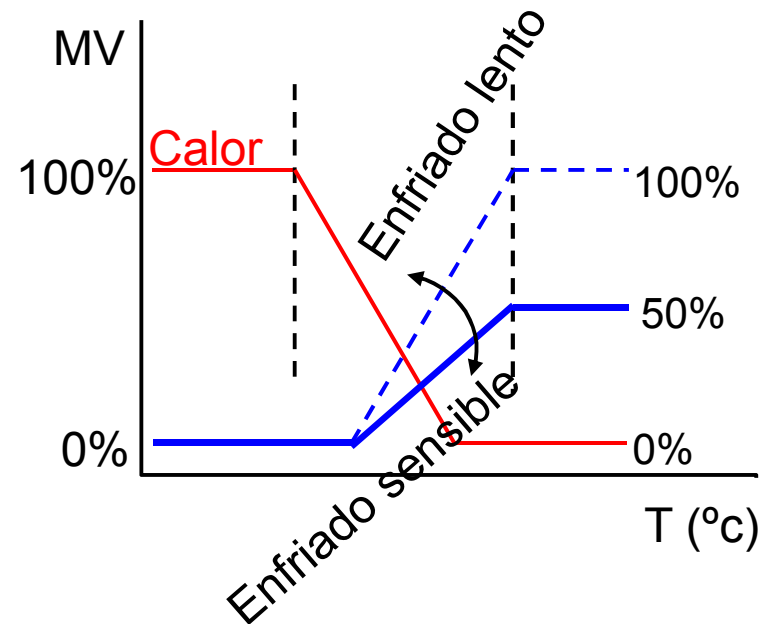
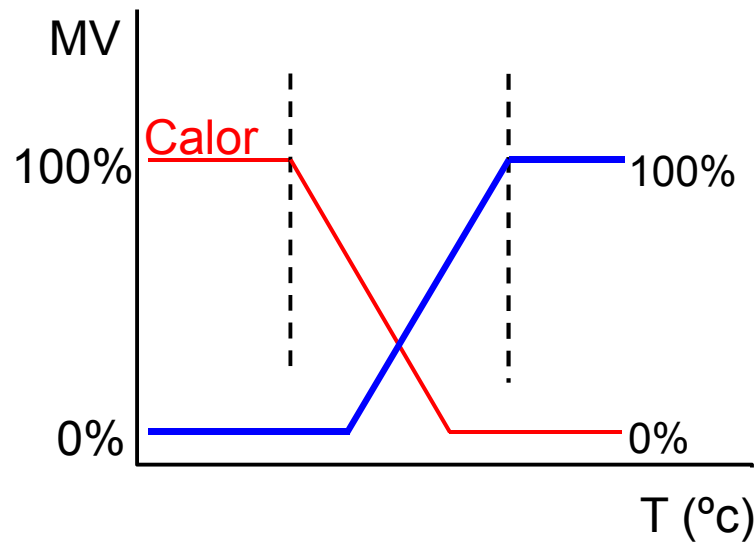
- Ahorro de energía  
Calor y frío no actúan a la vez



**Banda muerta  
(Dead band)**

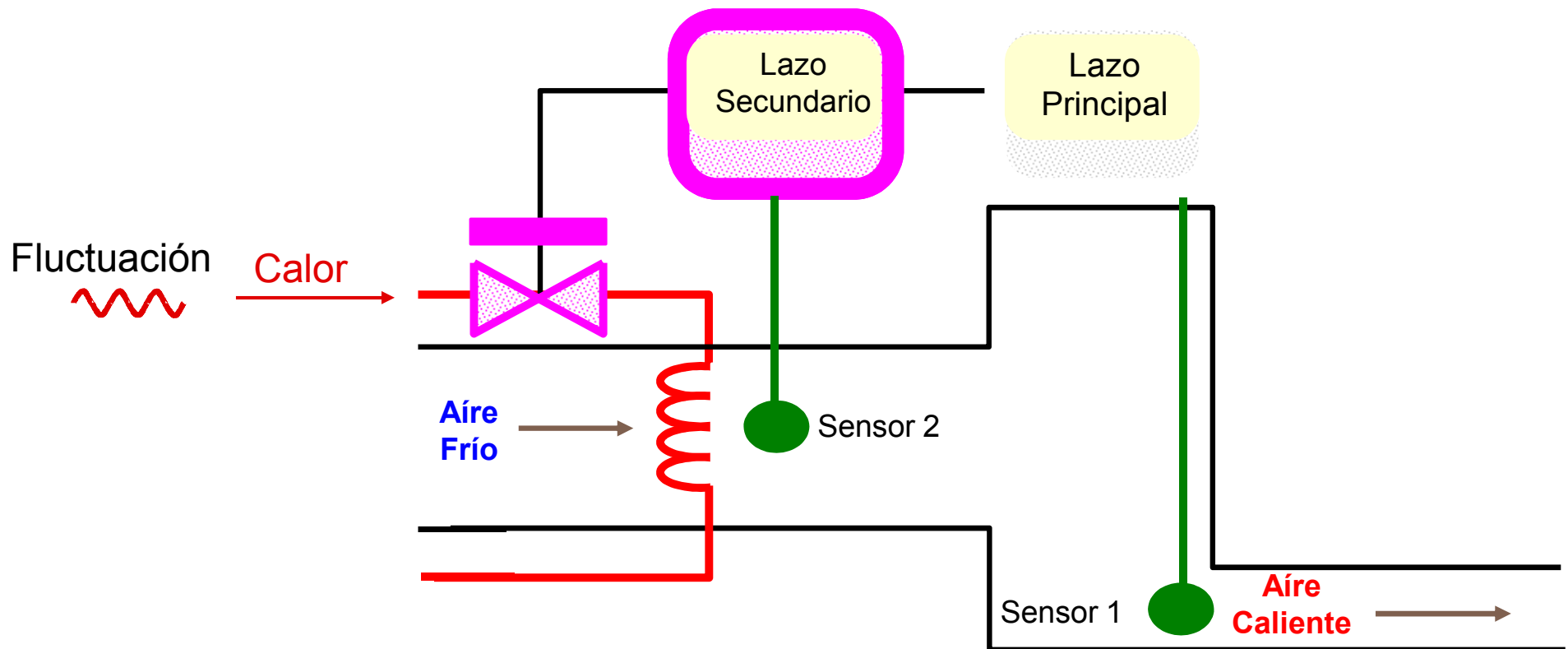
# Coeficiente de frío

- Aún teniendo el mismo MV, el comportamiento de frío puede diferir del comportamiento de calor.

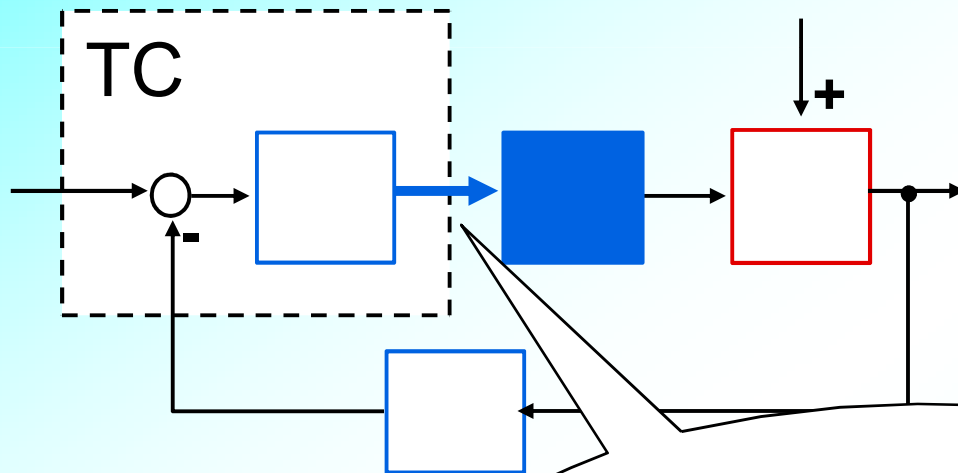


# Control Cascada

- En este sistema la salida del primer controlador proporciona el SP del segundo controlador.



# Salida

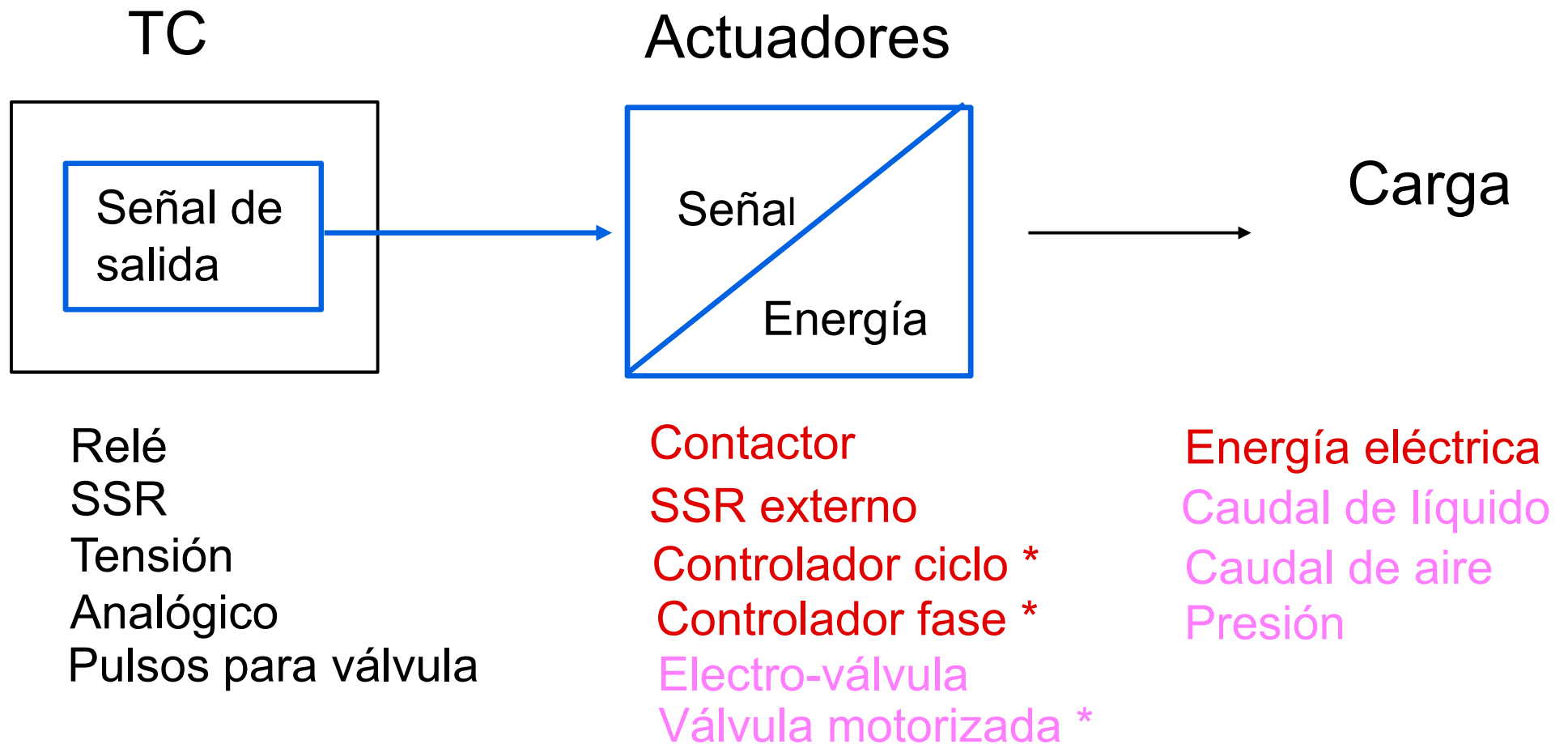


es el interface de salida.

Tipo de salida	Pág. ...40
Elemento de calor	...42
Salida analógica	...45
Válvula motorizada	...46

# Salida de TC y actuadores

---



# Salida de TC (1)

---

## ● Relés

- ▣ Control directo de carga eléctrica o contactor. (máx. 5A : E53-R).
- ▣ Para un sistema con baja frecuencia de operación.

## ● Relé de estado sólido

- ▣ Control directo de carga eléctrica o contactor. (máx. 1A)
- ▣ Para un sistema con alta frecuencia de operación.

## ● Tensión

- ▣ Control de relé de estado sólido externo



# Salida de TC (2)

---

## ● Corriente (Analógica)

- ▣ Control de fase de carga eléctrica, electro-válvula. etc.
- ▣ Para un sistema con probabilidad de perturbación.

## ● Tensión (Analógica)

- ▣ Pata variador de velocidad, electro-válvula, etc.

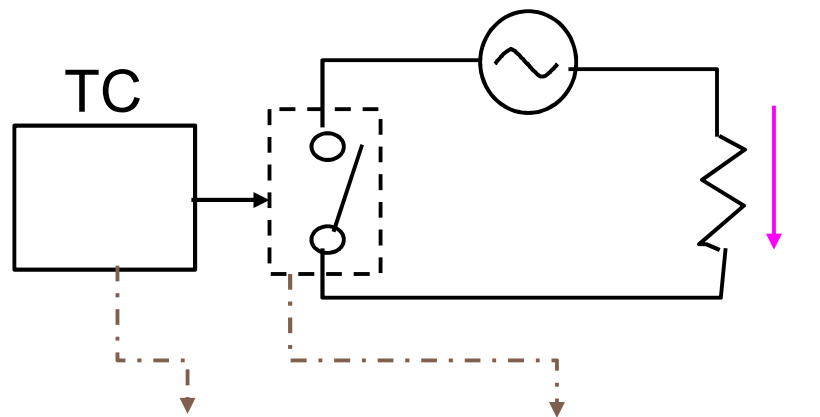
## ● Pulsos para válvula motorizada.

- ▣ Para válvula motorizada.

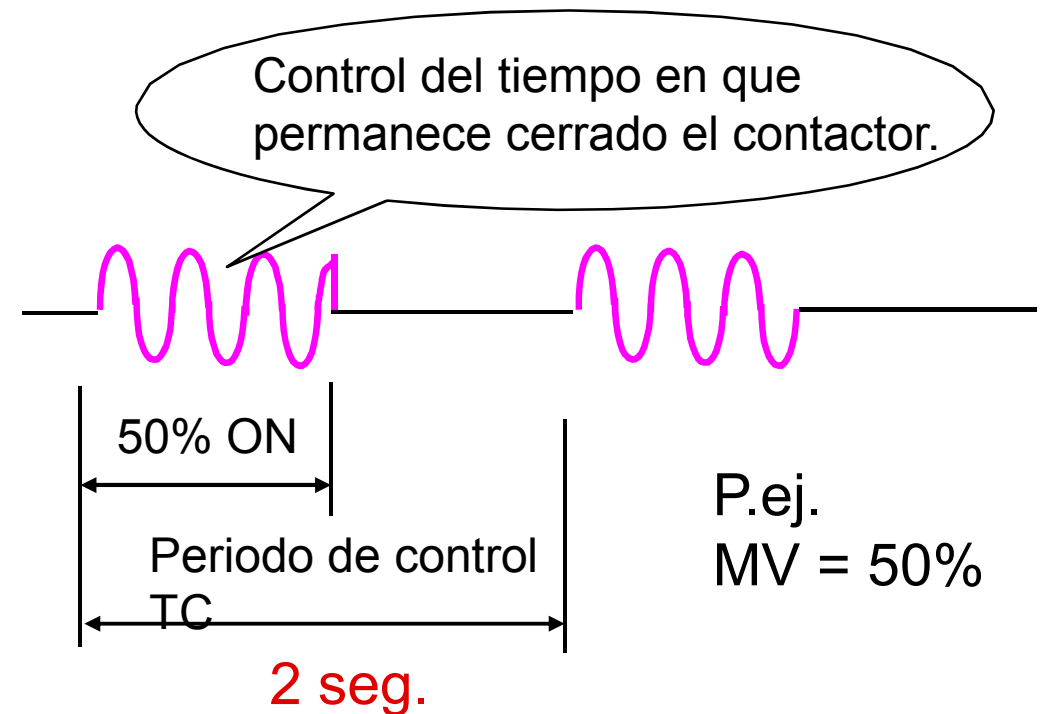
# Control de elemento de calor (1)

## ● Control de contacto

- Sencillo y económico



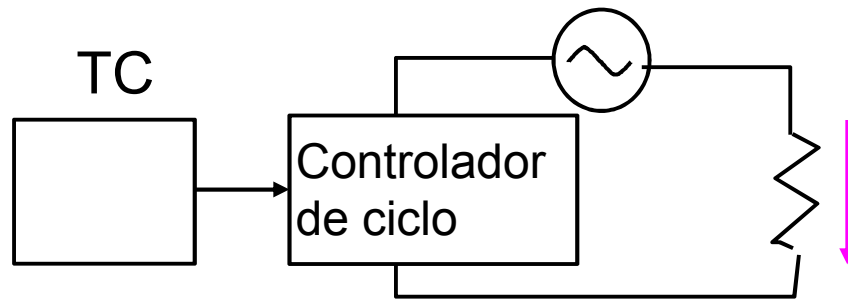
Señal de salida	Actuador
Relé directo	-
SSR directo	-
Tensión	SSR externo



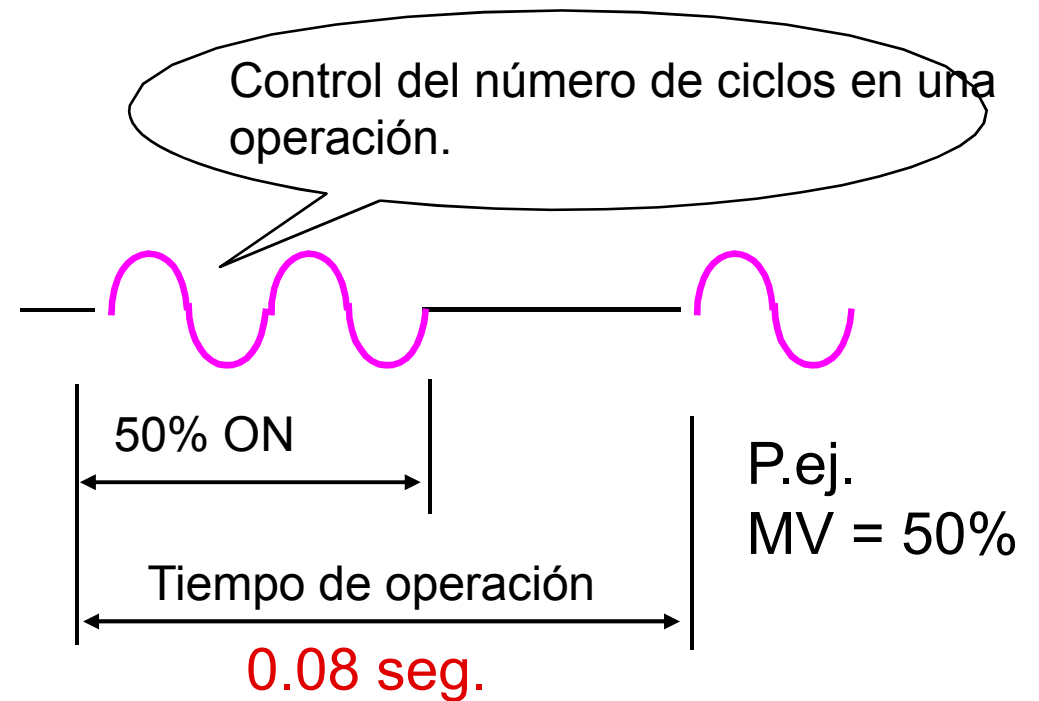
# Control de elemento de calor (2)

## ● Control de ciclo

- Rápido y sin ruido



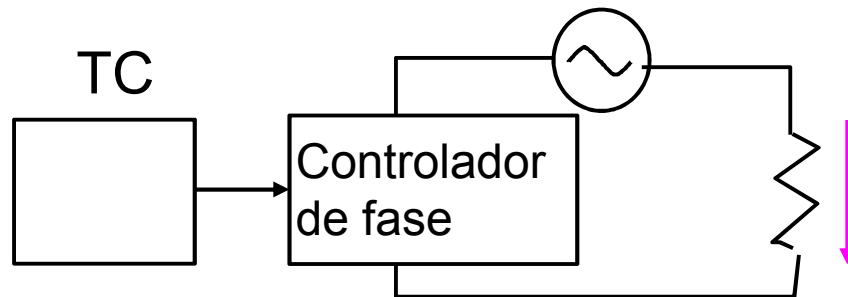
Señal de salida	Actuador
Salida analógica (4-20 mA)	Controlador de ciclo <b>G3PA</b>



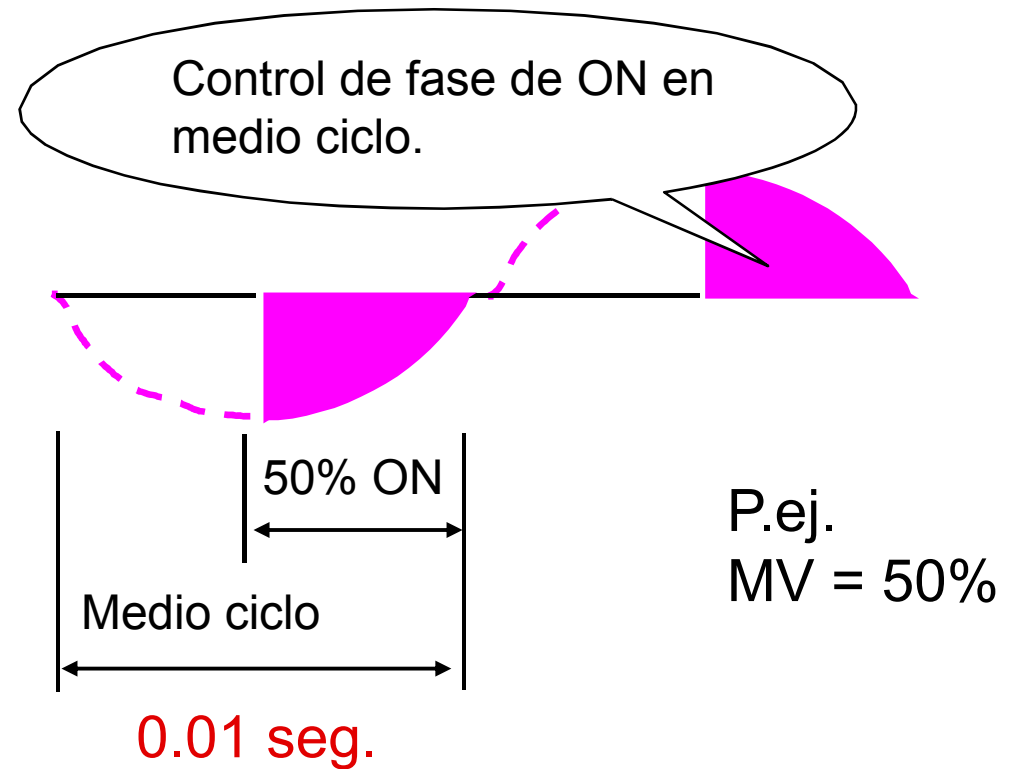
# Control de elemento de calor (3)

## ● Control de fase

- Alta precisión



Señal de salida	Actuador
Salida analógica (4-20 mA)	Controlador de fase <b>G3PX</b>



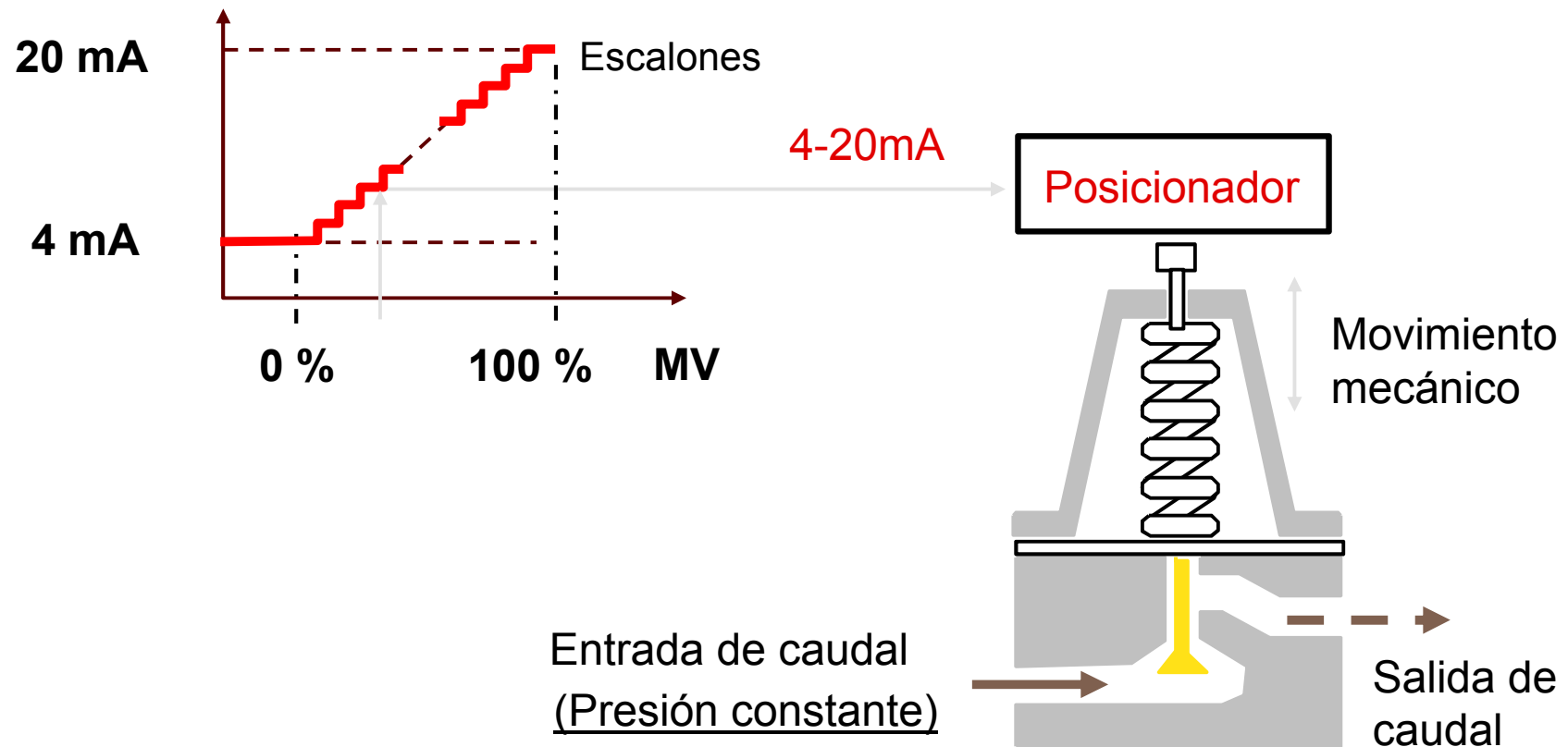
P.ej.  
MV = 50%

Productos  
OMRON

# Control de caudal

## ● Electro-válvula

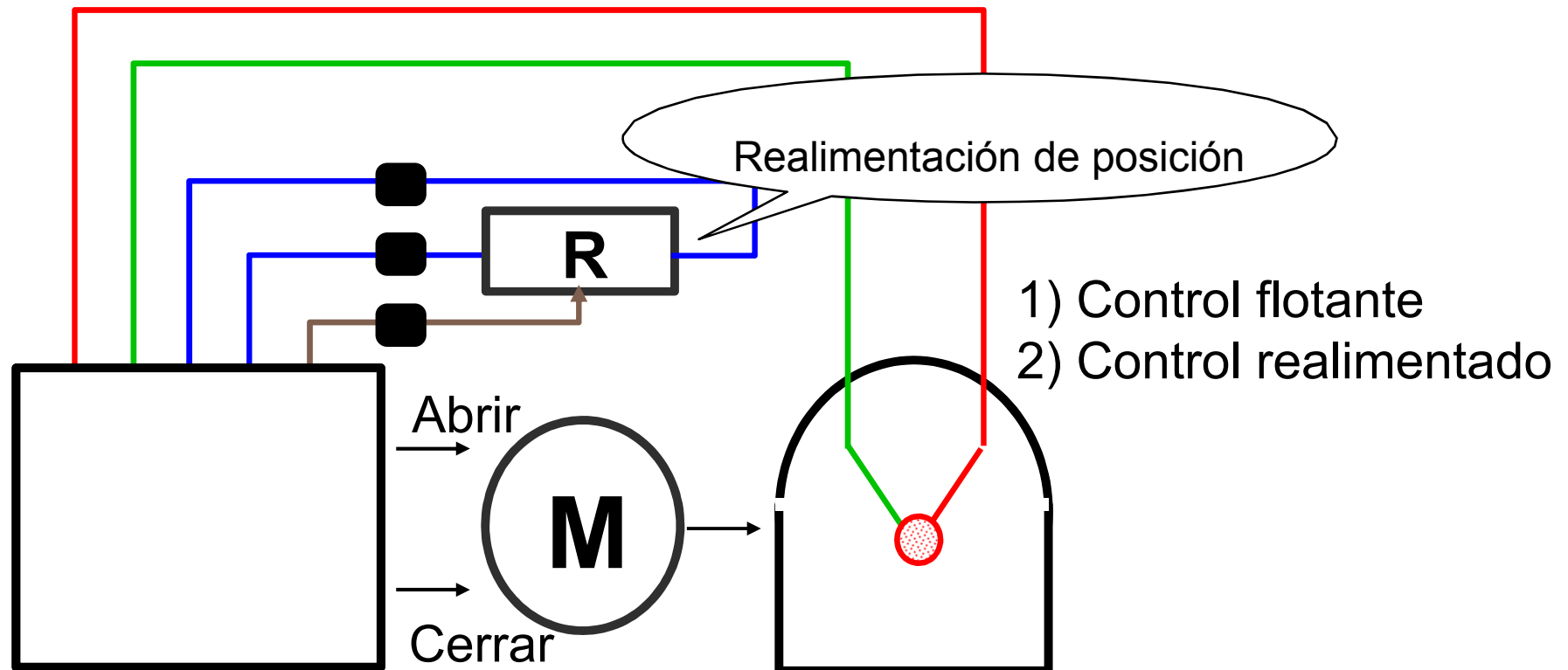
- Se utiliza para controlar el caudal de aire o líquido.



# Válvula motorizada

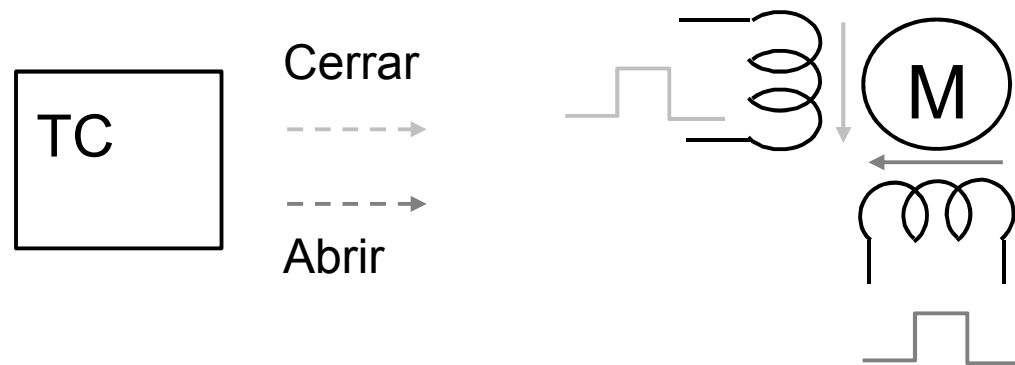
- Es un sistema Servo ON /OFF

- ▣ Controla la apertura (posición) de la válvula mediante pulsos de apertura / cierre.

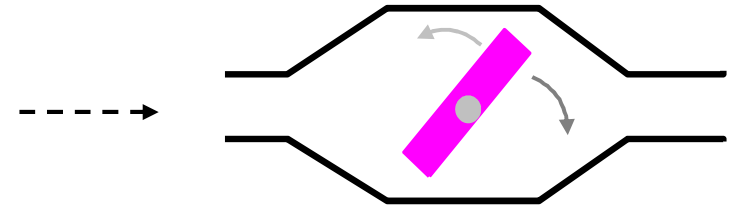


# Control flotante

El TC manda al motor los pulsos  
Abrir o Cerrar.



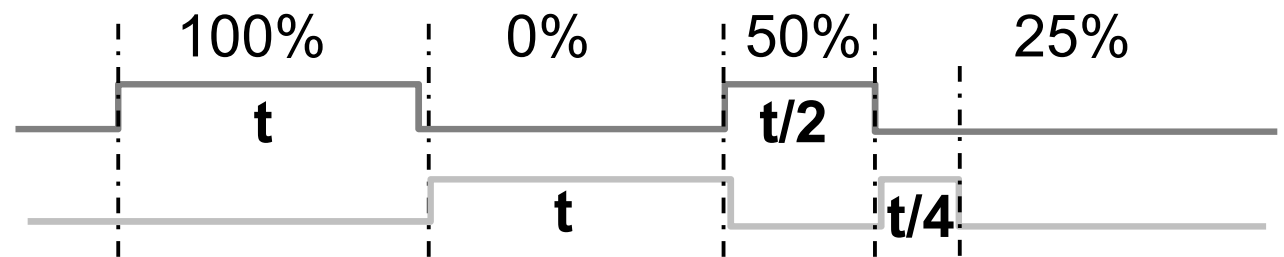
El rotor de la válvula gira de  
acuerdo con el par del motor.



Total apertura

Pulso Abrir

Pulso Cerrar

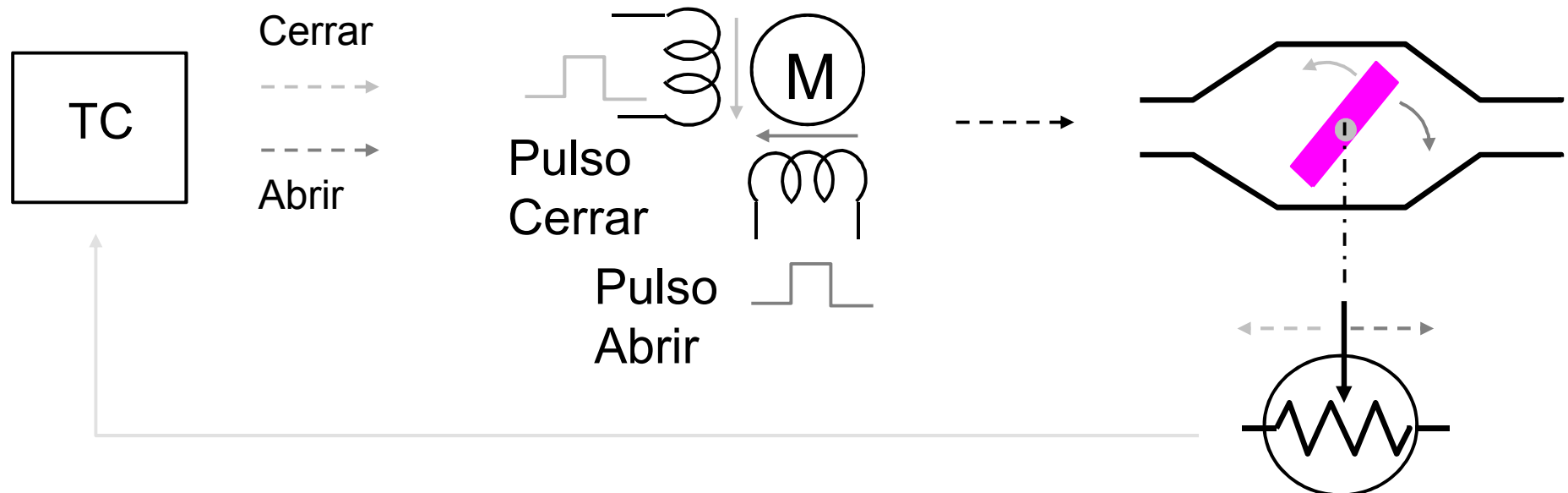


**t : Tiempo total de recorrido (Travel Time)**

# Control realimentado

El TC manda al motor los pulsos Abrir o Cerrar.

El rotor de la válvula gira de acuerdo con el tiempo de los pulsos.



**Realimentación para el reajuste de la apertura**

El eje del rotor transfiere su posición al potenciómetro.

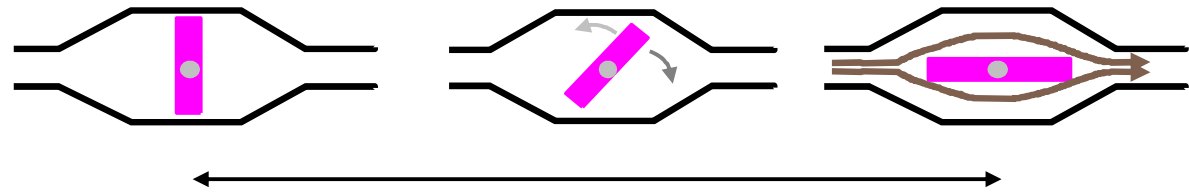


# Calibración de la Válvula

---

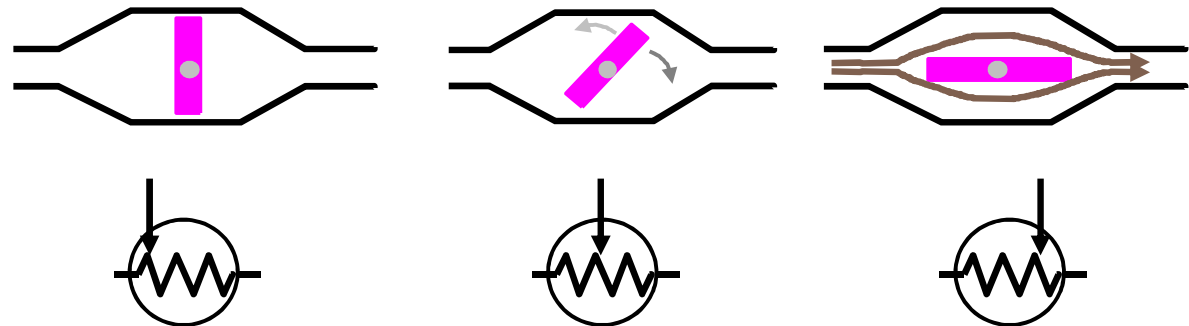
## ● Control flotante

- ▣ Medir el tiempo total de recorrido

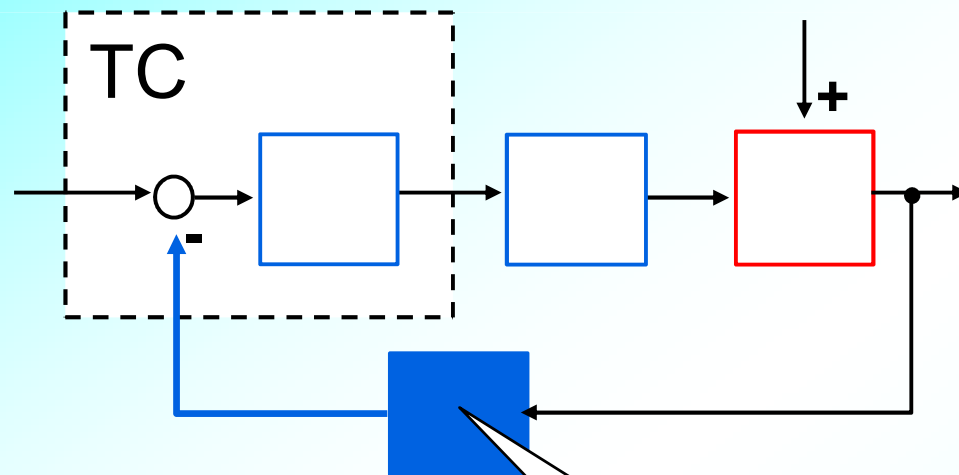


## ● Control realimentado

- ▣ Medir los valores límite del potenciómetro



# Sonda



es el interface de entrada

	Pág.
Termopar	...52
Termorresistencias	...53
Entrada universal	...56

# Sondas de temperatura

---

## ● Termopar

- ▣ Baja temperatura : J, K, E, T
- ▣ Alta temperatura : R, S, B, W, PL-II, N

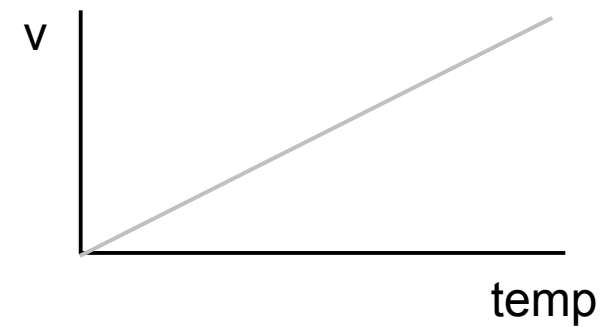
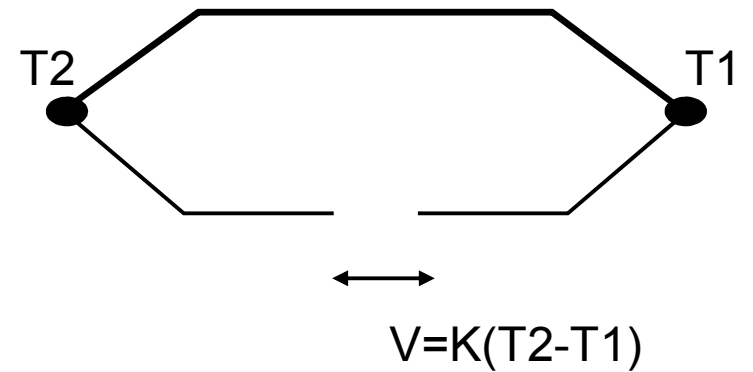
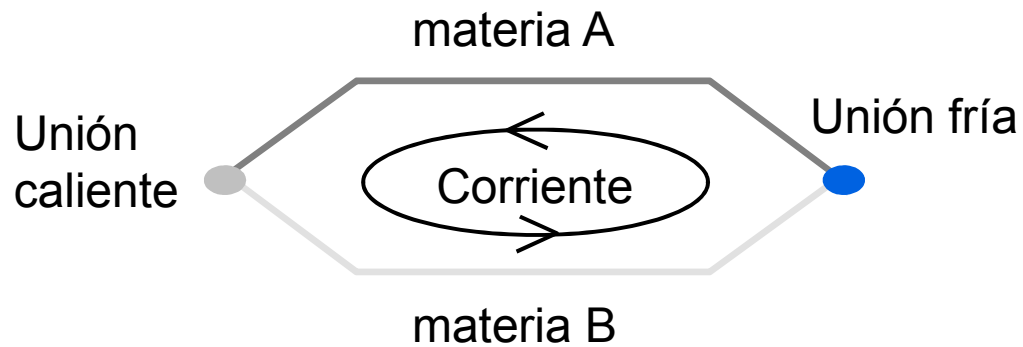
## ● Termorresistencia

- ▣ Pt100

	Termopar	Termorresistencia
Pro	<b>Amplio rango de medida</b> Estructura sencilla Económico	<b>Alta precisión</b> Estable Más linear que termopar
Contra	<b>Cable de compensación necesario</b>	<b>Costoso</b> Velocidad no alta <b>Impedancia flotante</b>

# Termopar

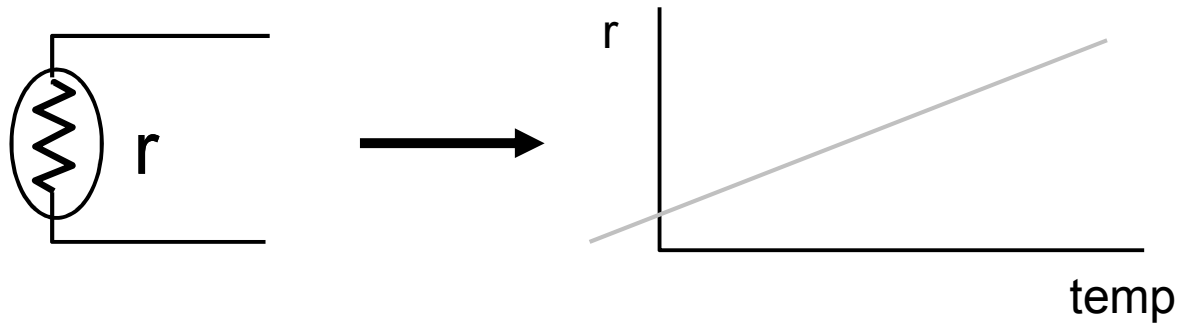
## ● Efecto Seebeck



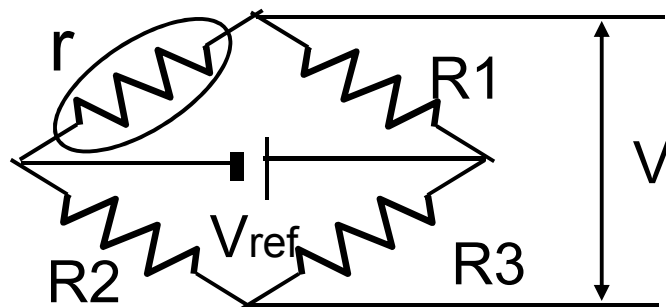
# Termorresistencia

---

- Variación de resistencia por temperatura



- Puente Wheatstone

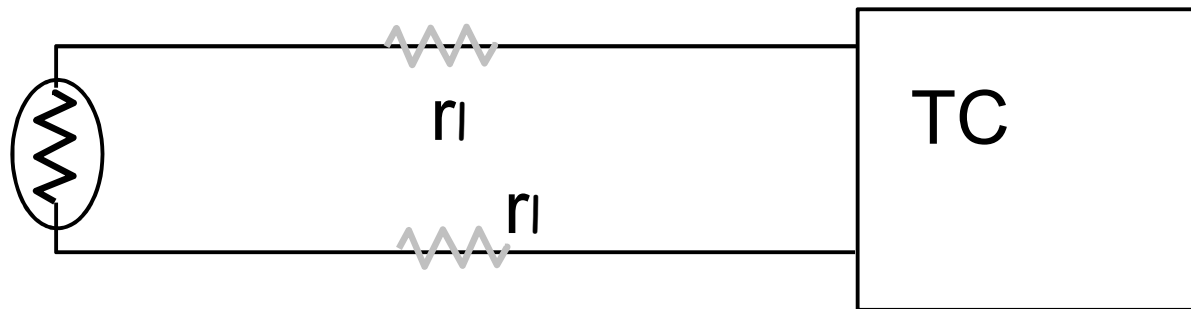


Cuando ,  $V=0$  ;  
 $r = R1 \times R2 / R3$

# Termorresistencia (Problema y su medida)

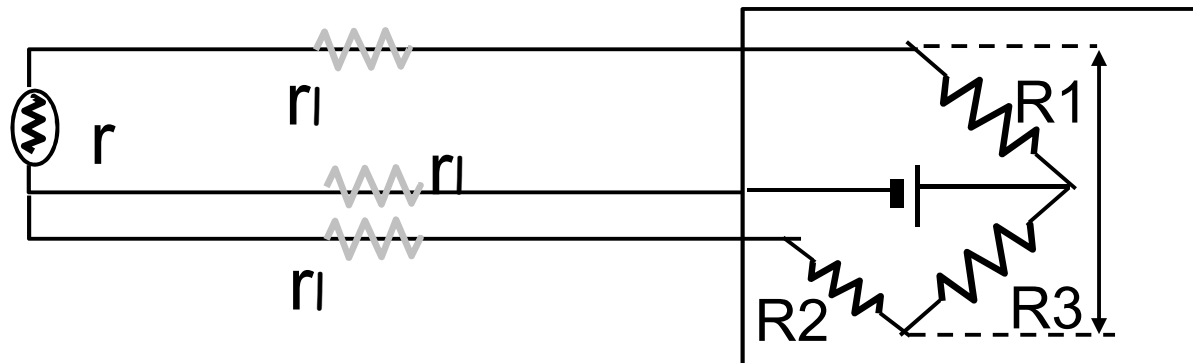
## ● Resistencia flotante

- ▮ Cuando se alarga el cable aparece la llamada resistencia flotante.



## ● Termorresistencia de tres hilos

- ▮ Para eliminar la resistencia flotante.



Cuando,  $V=0$ ;

$$R3 \times (r + r_l) = R1 \times (R2 + r_l)$$

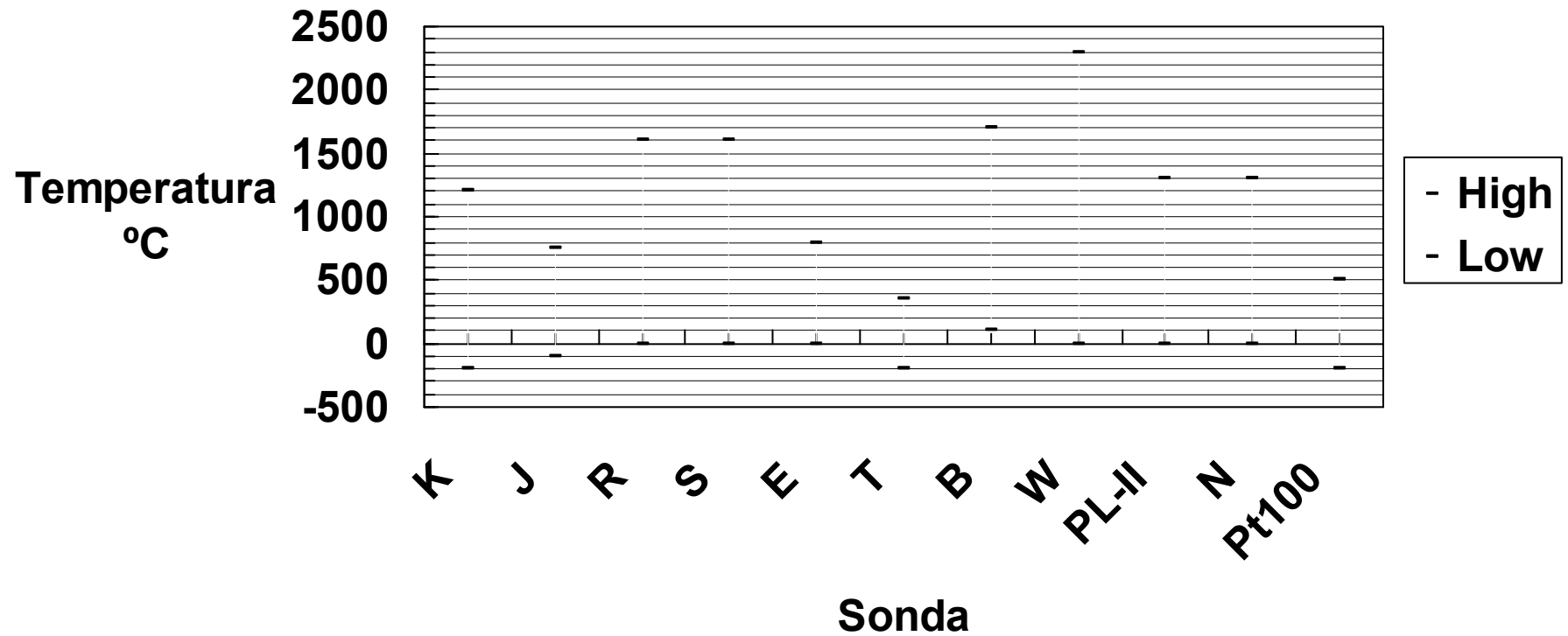
$$r = R1 \times R2 / R3 + (R1 - R3) r_l / R3$$

Si  $R1 = R3$ ;

$$r = R1 \times R2 / R3$$

# Rango de medida

---



# Sonda universal

---

## ● Para valores de proceso generales

- ▣ Presión
- ▣ Humedad
- ▣ **Temperatura**
- ▣ Nivel líquido, etc

## ● Señal de salida

- ▣ Corriente (4-20mA, 0-20mA, etc.)
- ▣ Tensión (1-5V, 0-10V, etc.)
- ▣ Sensor infrarrojo compatible con termopar (mV)

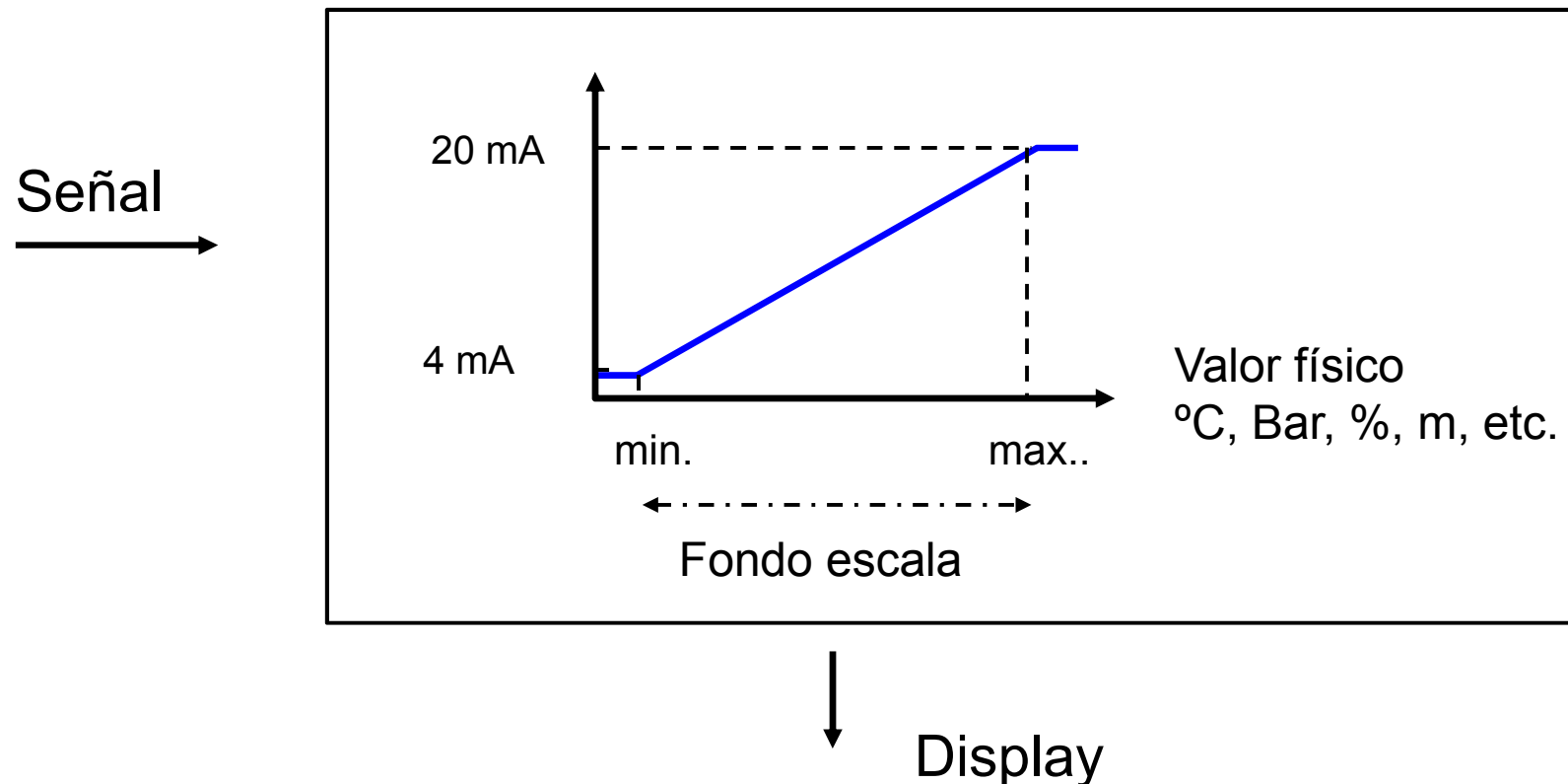


Producto OMRON :  
ES1A



# Escala

- Es necesario convertir / escalar la señal analógica normalizada al valor físico de la variable correspondiente.



# Precisión de entrada

---

## ● Precisión

- ▣ Error entre la temperatura real y el valor de display
- ▣ 1: Valoración de error en relación al fondo de escala (E5C2, E5\_S, etc.)
- ▣ 2: Valoración de error en relación al valor de indicación (E5\_X, J, K, etc)

## ● Periodo de muestreo

- ▣ Viene limitado por las prestaciones del microprocesador del TC.
- ▣ Rápido --> Control rápido, influencia de ruido
- ▣ Lento --> Medida estable, control lento

# Funciones de alarma

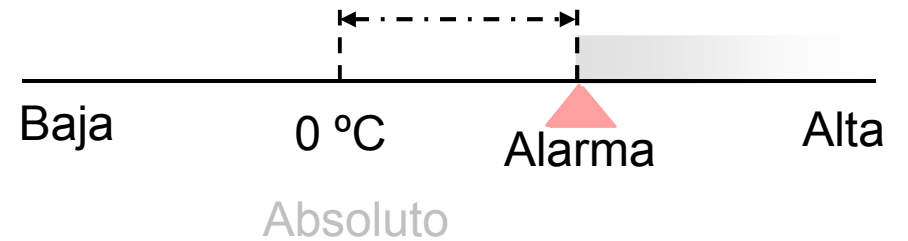
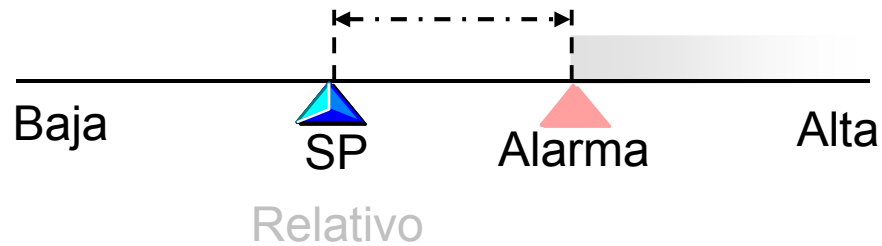
para la seguridad del  
sistema



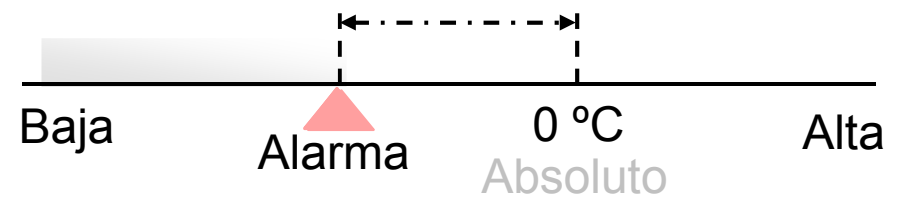
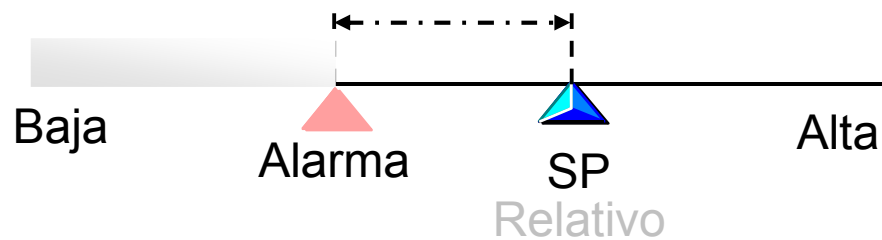
# Tipos de alarma (1/2)

---

## ● Límite superior



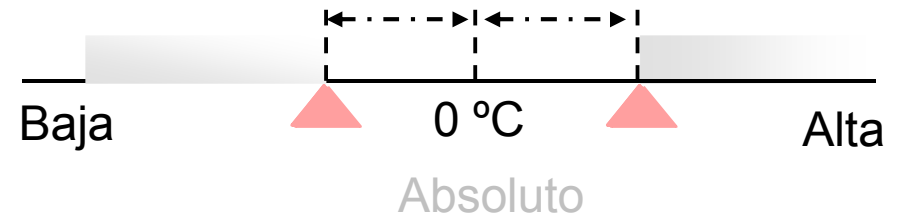
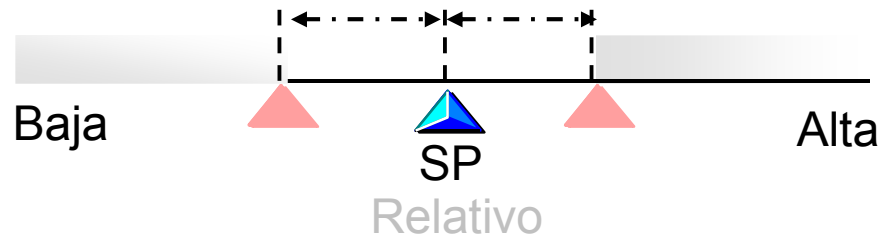
## ● Límite inferior



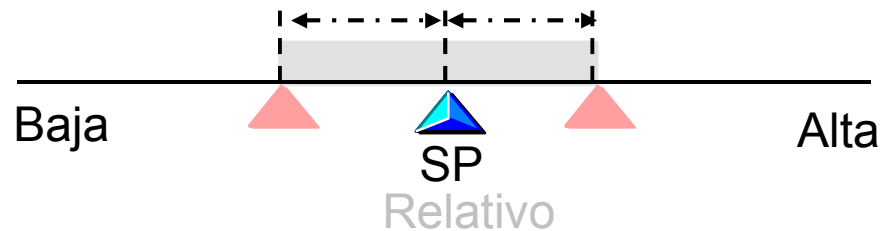
# Tipos de alarma (2/2)

---

- Límite superior e inferior

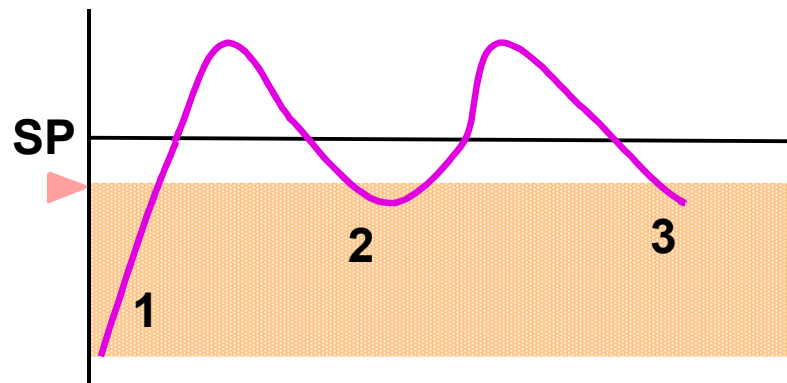


- Rango

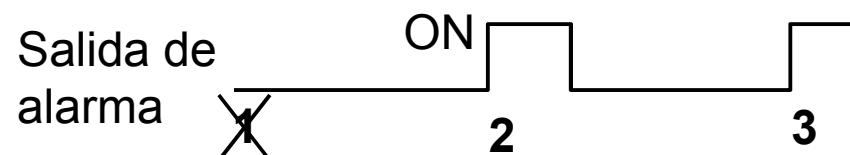


# Standby

- La alarma es activada cuando se cumple la condición de activación por segunda vez.
  - Es una medida para evitar falsas alarma en los arranques, puesto que al comienzo del proceso, la temperatura de la sonda suele estar a la temperatura ambiente.

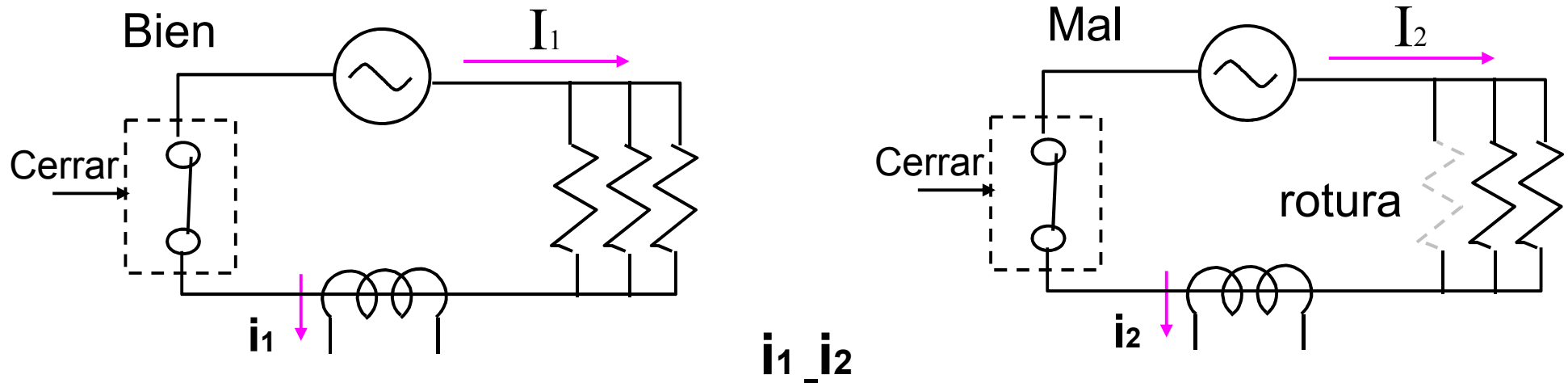


- Límite superior con standby
- Límite inferior con Standby
- Límite superior e inferior con Standby.
- Límite superior absoluto con Standby
- Límite inferior absoluto con Standby



# Heater Burnout Alarm

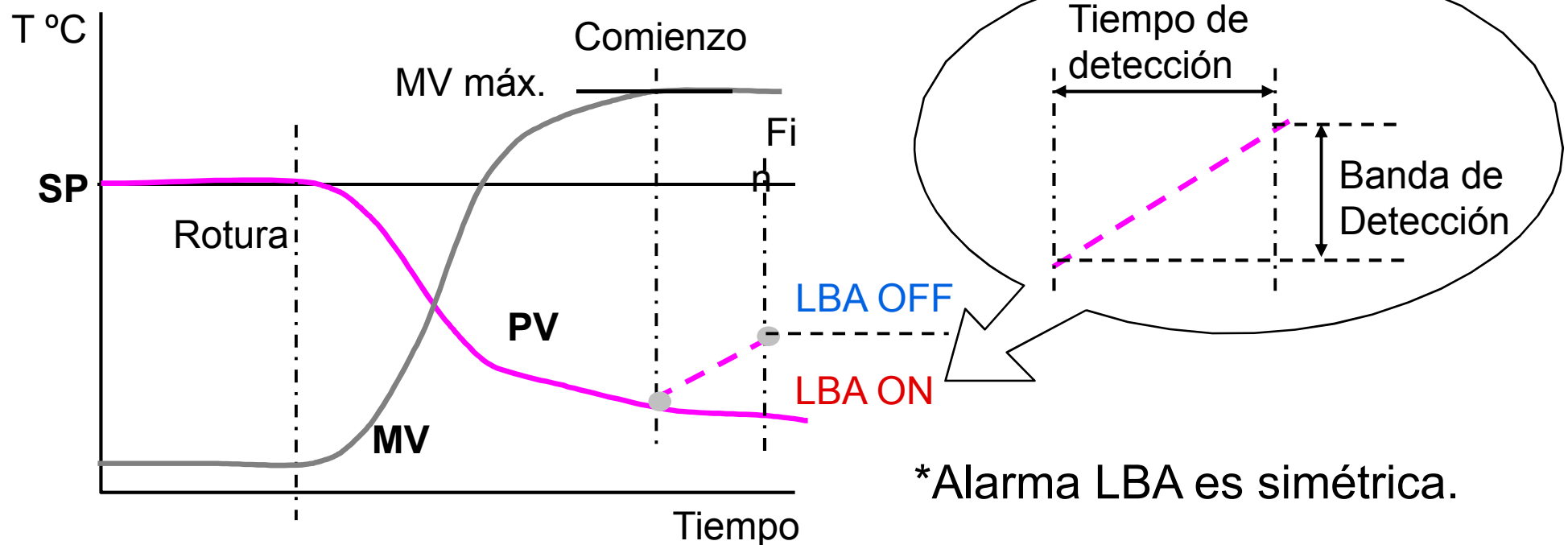
- Detecta la rotura del lazo de control midiendo la corriente del circuito de carga.
  - ▣ Rápido, exacto.
  - ▣ Transformador de corriente necesario. Sólo para cargas eléctricas.



La alarma HBA detecta la disminución de la corriente  $i$ .

# Loop Break Alarm

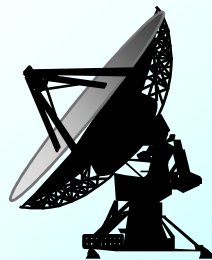
- Detecta la rotura del lazo de control observando el comportamiento de PV frente a MV.
  - ▣ De propósito general, el transformador de corriente no es necesario.
  - ▣ Tiempo de detección largo, menos preciso que la alarma HBA.





# Comunicación

Integra los controladores OMRON  
con equipos principales.



# Comunicación serie

---

## ●RS232C

- ▣ Comunicación **1 :1** con equipo principal (PC,PLC, etc.)
- ▣ Distancia máxima :15m

## ●RS422

- ▣ Comunicación **1 : n** (máx. 32 controladores + equipo principal)
- ▣ Distancia máxima : **500 m.**

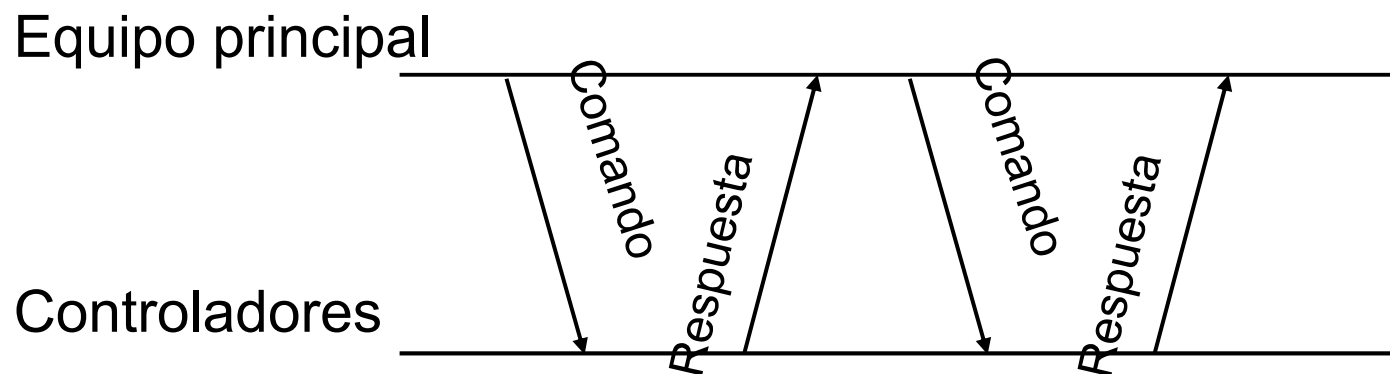
## ●RS485

- ▣ Comunicación **1 : n** (máx. 31 controladores + equipo principal)
- ▣ Distancia máxima : **500 m**
- ▣ **2 hilos**

# Protocolo serie

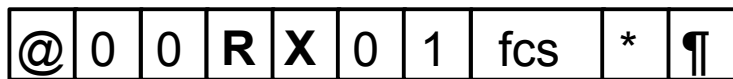
---

- ▣ Sincronización : método asíncrono.
- ▣ Longitud de palabra : ASCII **7** / 8 bits
- ▣ Bit de Stop: **2** bits.
- ▣ Detección de error : Paridad **Par** / Impar  
FCS (Frame Check Sequence)



# Formato X

## Comando lectura



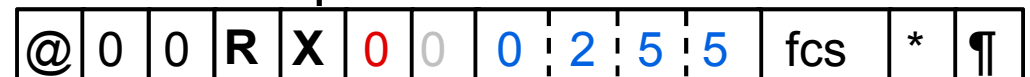
Nº de unidad

Código de cabecera:  
Elegir un **R\_** de la **lista de comandos.**

lazo

Código FCS

## Respuesta lectura



Dato leído (4 díg.)

Código de respuesta:  
00 = OK

## Comando escritura



Código de cabecera.  
Elegir un **W\_** de la **lista de comandos.**

Dato a escribir  
(4 díg.)

## ● Respuesta escritura

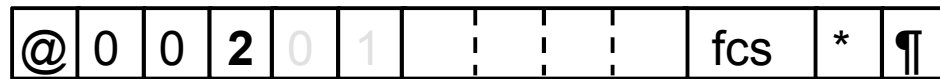


Código de respuesta:  
00 = OK

# Formato K

---

## ●Comando



- Dato a escribir (4 dígitos) \*En caso de lectura, rellenar con "0"
- Código de dato. Elegir un dato del **mapa de datos**.
- Tipo de comando: 1 = lectura, 2 = escritura, 3 = especial .

## ●Respuesta

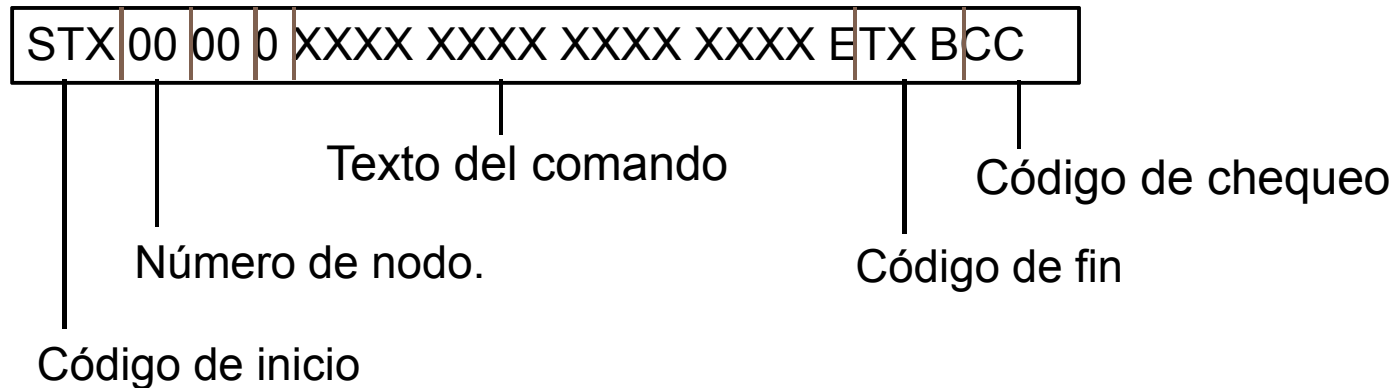


- Dato leído / escrito (4 díg.)
- Código de respuesta : 00 = OK

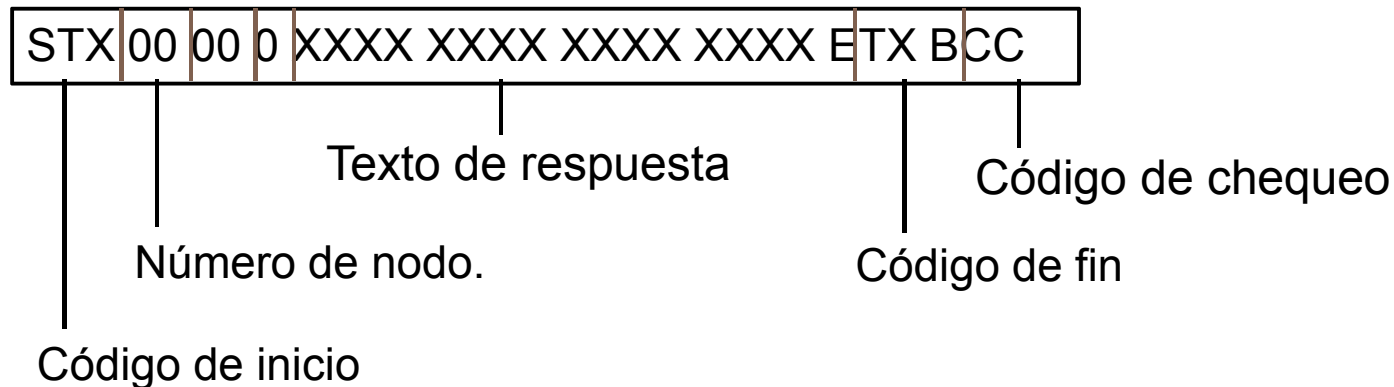
# Formato Compoway-F

---

## ● Comando



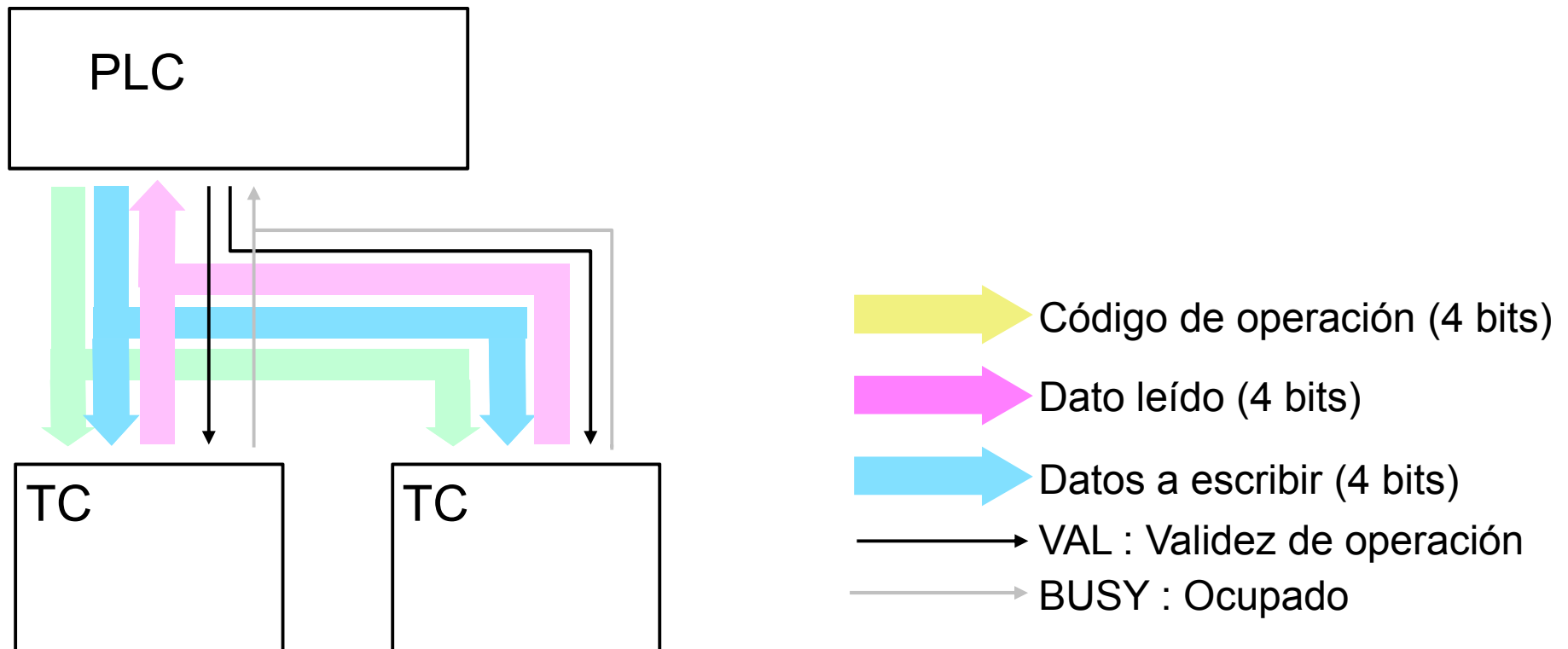
## ● Respuesta



# BCD

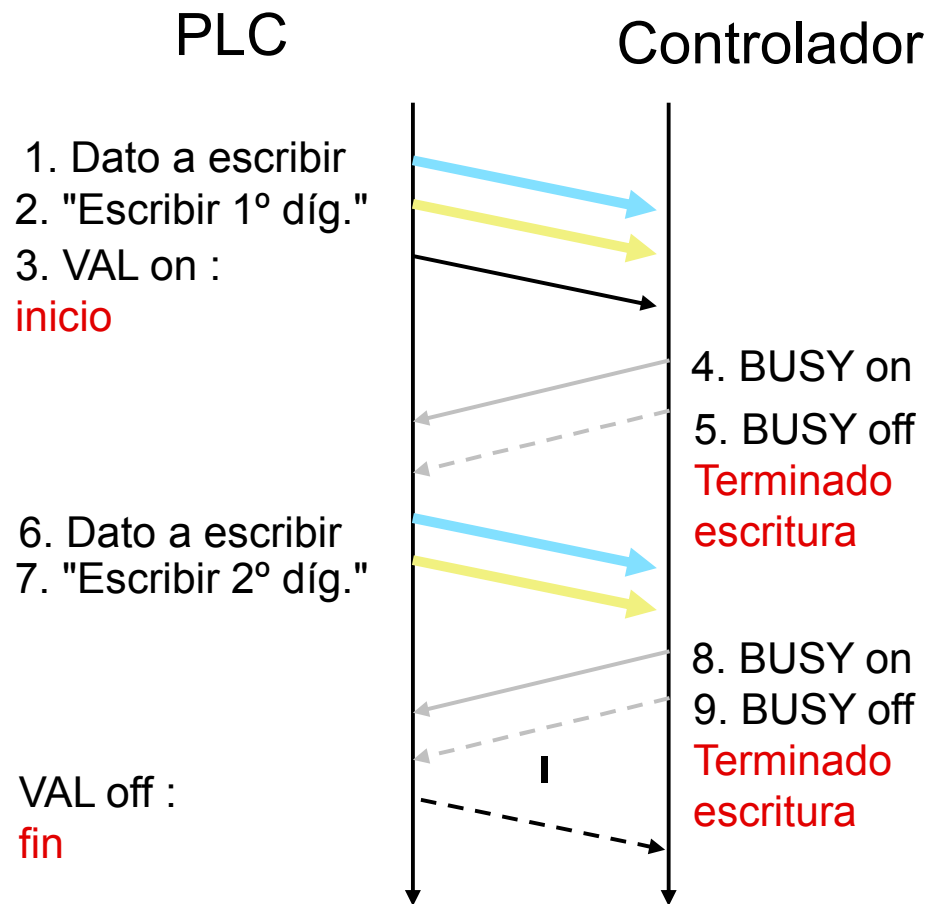
## ● Comunicación paralelo BCD

- E/S de PLC
- Distancia máxima : 2 a 3m

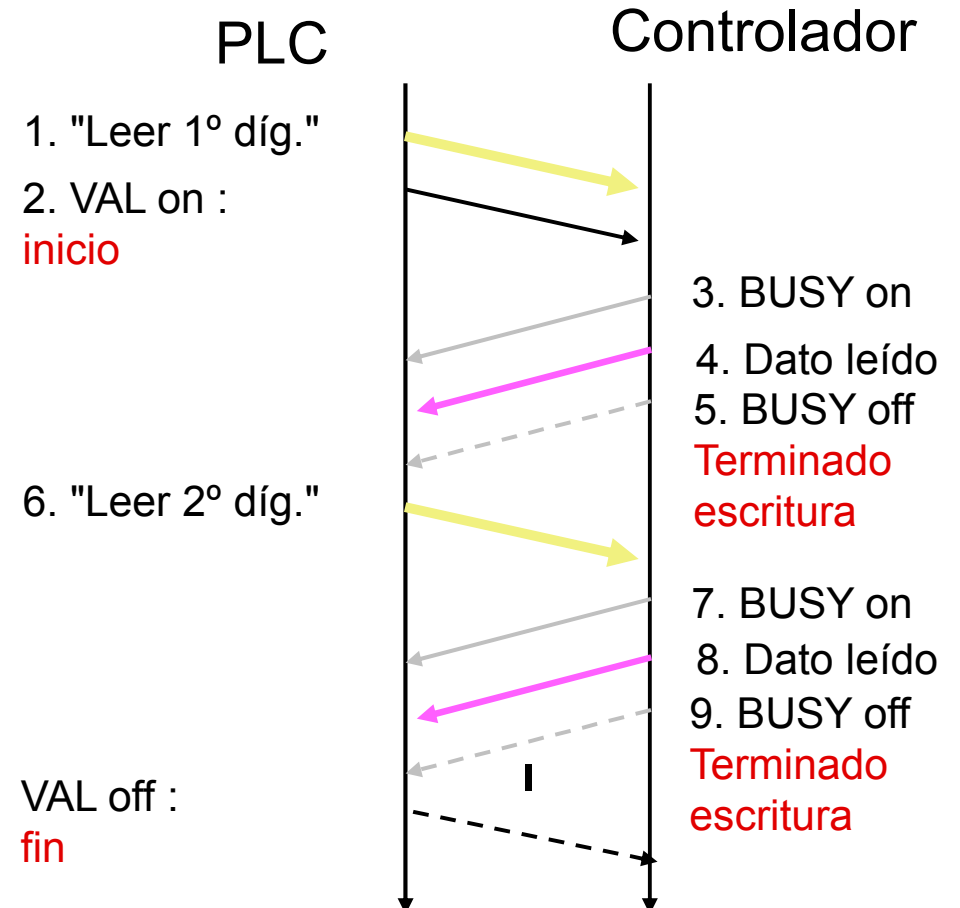


# Protocolo BCD

## ● Escritura de datos



## ● Lectura de datos





# Retransmisión

## ●Retransmisión

- Analógica (4-20mA)
- Independiente de la salida de control
- Registradores
- Impedancia de salida :  $600\Omega$

