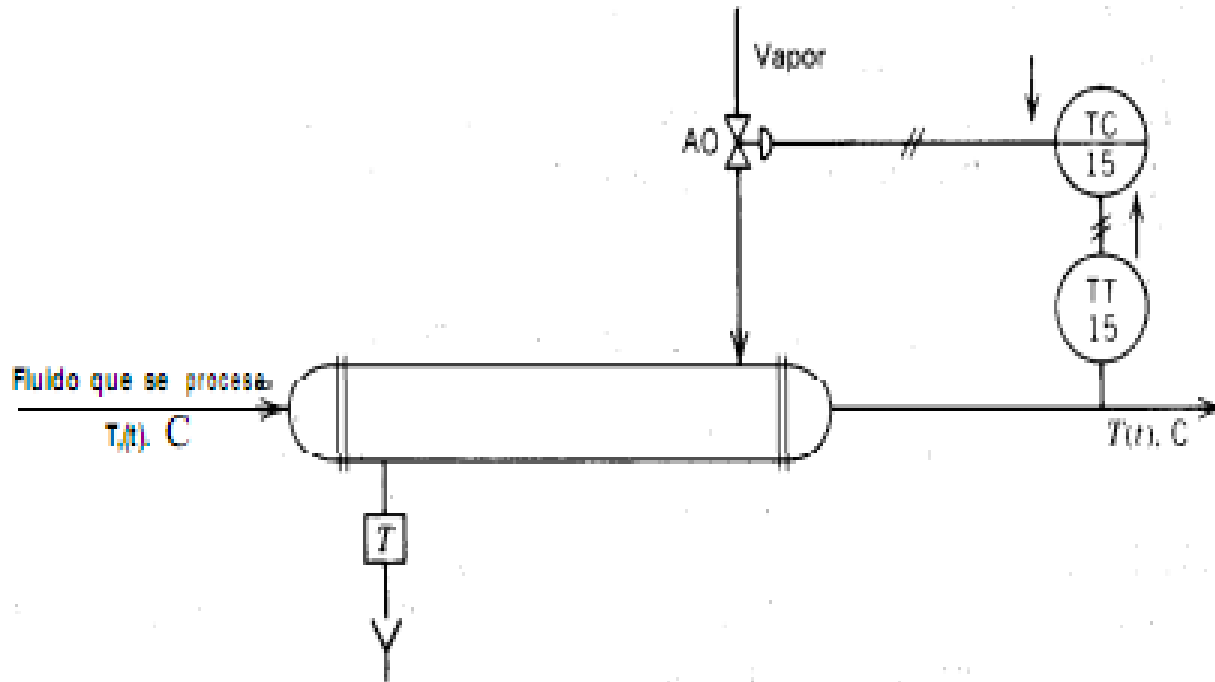
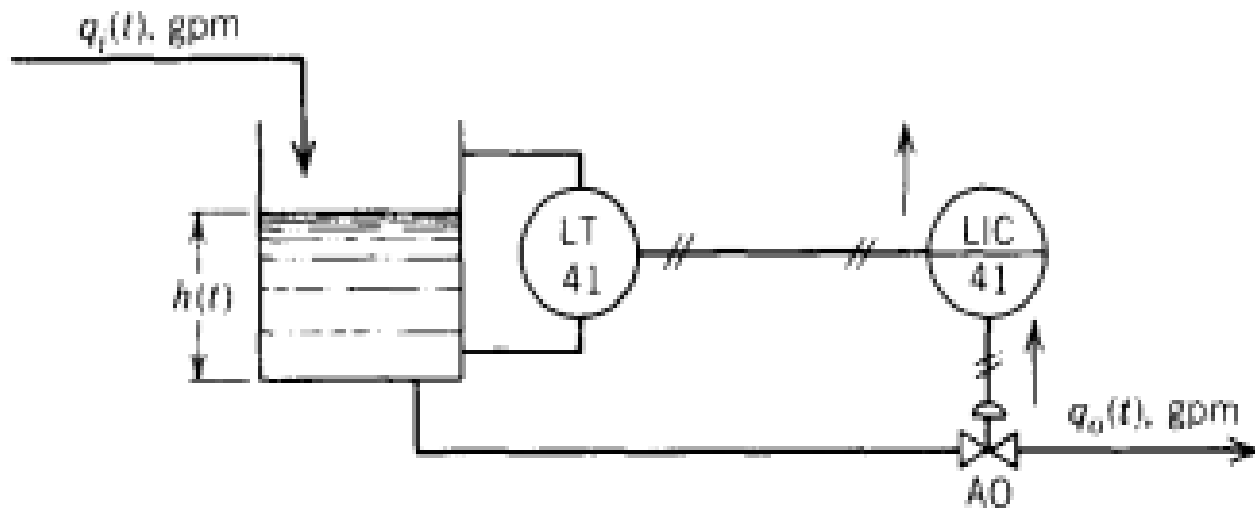


UNIDAD 2

CONTROLADORES

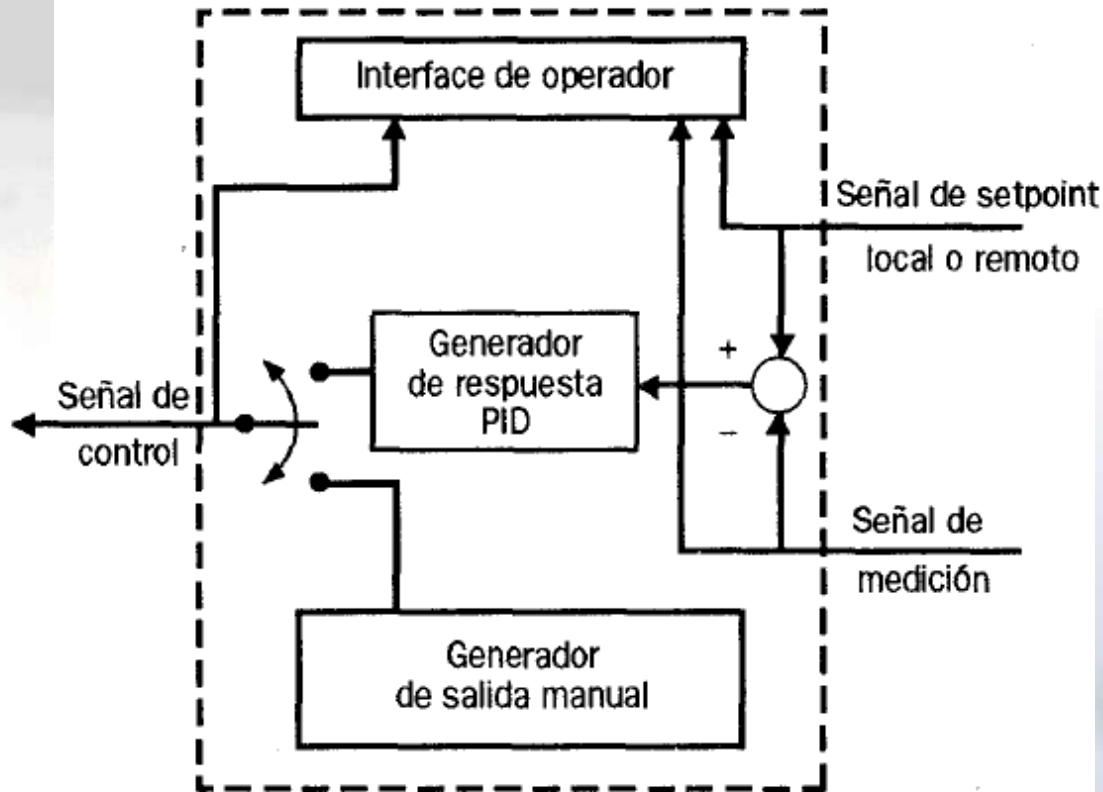


Considérese el circuito de control del intercambiador de calor que se muestra en la figura; si la temperatura del fluido sobrepasa el punto de control, el controlador debe cerrar la válvula de vapor. Puesto que la válvula es de aire para abrir (AA), se debe reducir la señal de salida del controlador (presión de aire o corriente) (ver la flechas en la figura). Para tomar esta decisión el controlador debe estar en acción inversa.



Considerando el circuito de control de nivel que se muestra en la figura, si el nivel del líquido rebasa el punto de fijación, el controlador debe abrir la válvula para que el nivel regrese al punto de control. Puesto que la válvula es de aire para abrir (AA), el controlador debe incrementar su señal de salida (ver las flechas en la figura) y, para tomar esta decisión, el controlador se debe colocar en acción directa.

Controlador PID



$$m(t) = \frac{100}{P} \cdot \left(e(t) + \frac{1}{I} \int e(t) dt + D \cdot \frac{de(t)}{dt} \right) \Rightarrow M(s) = \frac{100}{P} \cdot \left(1 + \frac{1}{I \cdot s} + D \cdot s \right) \cdot E(s)$$

Controladores Digitales

Controladores digitales universales con salida PID

Por su alto grado de confiabilidad, versatilidad y costo razonable son las herramientas, ideales para aplicaciones simples o de alta performance. Esta línea tiene las características apropiadas para control de temperatura y otras variables en los más diversos procesos industriales.

- Entrada universal, permite la configuración para control de temperatura con todo tipo de sensores y señales de tensión y corriente, desde el teclado frontal.
- Password para protección de configuración o modificación de parámetros.
- Display con doble indicación, permite una fácil y rápida interpretación sobre el proceso.
- Fácil programación y manipulación aún por operadores con poca experiencia.
- Autosintonía de todos los parámetros PID.
- Detección de cualquier falla del sensor.
- Menú de programación sencillo que facilita una rápida configuración y protección de acceso al teclado.
- Salidas de control con relé, rele de estado sólo o 4-20 mA.
- Dos relés de alarma adicionales
- Rampa de calentamiento configurable
- Formatos normalizados para adaptarse a todas las necesidades
- Garantía **2 años**

La mejor garantía, soporte técnico y servicio posventa.

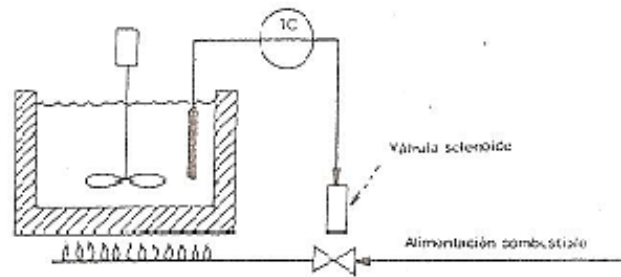
Especificaciones:

[Pedido de información y cotización](#)

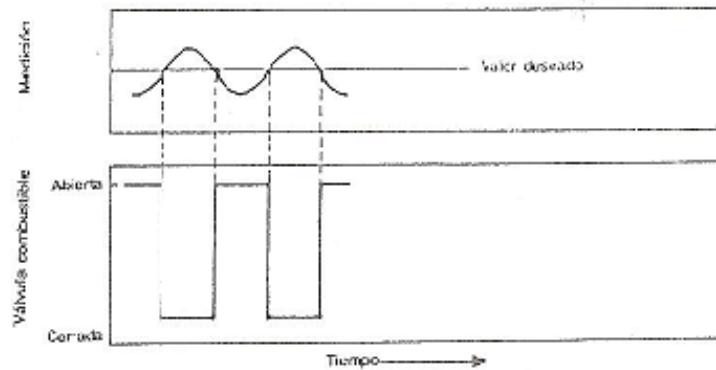
Modelos	HICH102 - HICH402 - HICH502 - HICH702 - HICH902
Control	PID (con auto sintonía) ; ON-OFF
Entrada	Universal (configurable) Termocuplas J, K, R, S, B, E, N, T RTD – Termorresistencias Pt100, Cu50 Señales lineares: 0/4-20 mA, 0/1-5Vcc
Salida (definir)	1 - Relé 2 - SSR – Lógica para relé de estado sólido 3 - mA/V (0/4 – 20 mA, 0/1-5Vcc)
Alarmas (definir)	1 - Una salida de alarma (relé) 2 - Dos salidas de alarma (relé)
Alimentación (definir)	1 - 100 a 240 CA 2 - 24 a 48 VCA/VCC
Dimensiones	HICH102 (48x48 mm) HICH402 (48x96 mm) HICH502 (96x48 mm) HICH702 (72x72 mm) HICH902 (96x 96 mm)
Características adicionales	Operación manual o automática Auto/Manual Porcentaje de auto sintonía Porcentaje de salida de potencia
Características opcionales	1 - Interfase RS485 (protocolo Modbus RTU) 2 - Función de rampa 3 - Selección Pt100 /Pt1000 4 - Fuente de alimentación 24 Vcc para transmisores



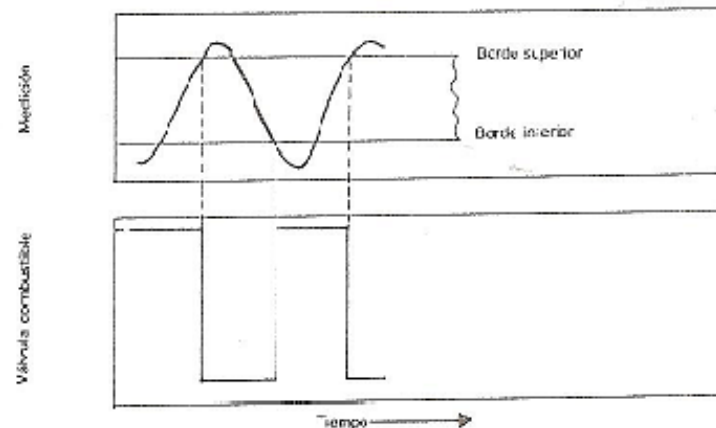
Control ON OFF



a. Proceso



b. Control de dos posiciones



c. Control con acción de intervalo

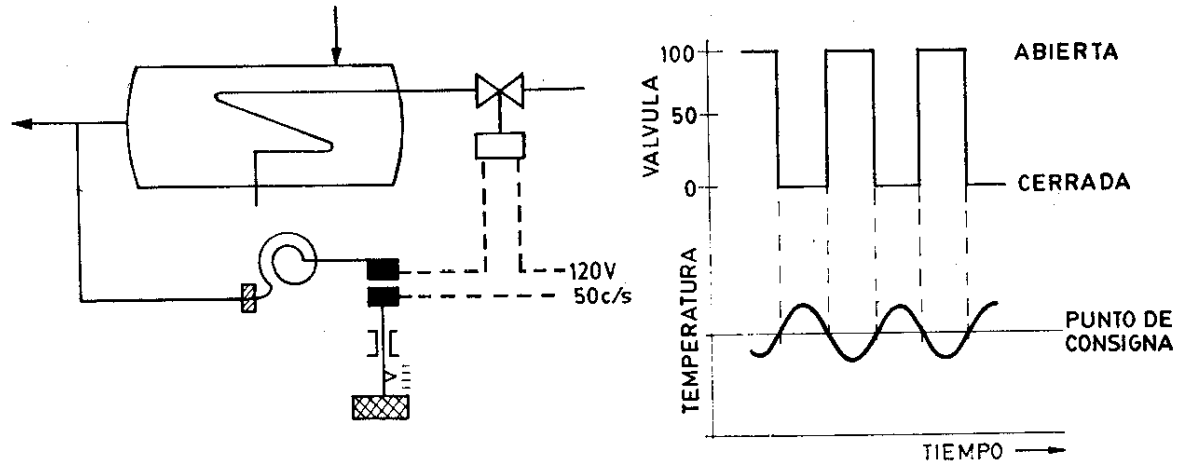


Fig. 9.7 Control todo-nada.

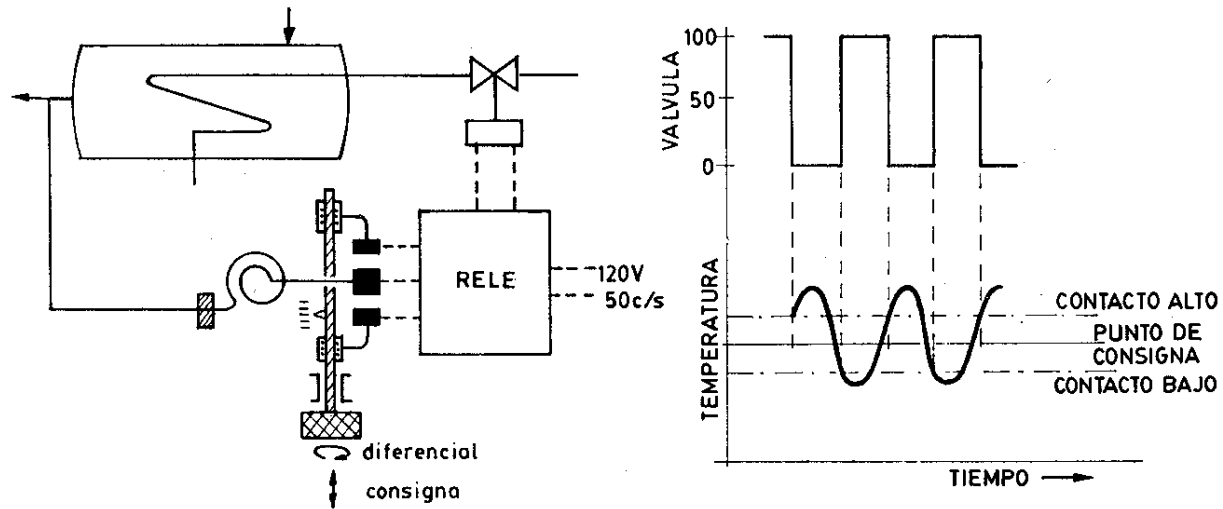
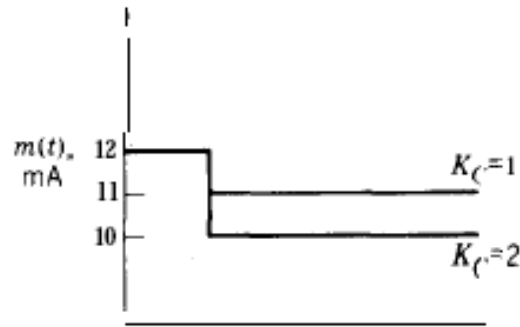
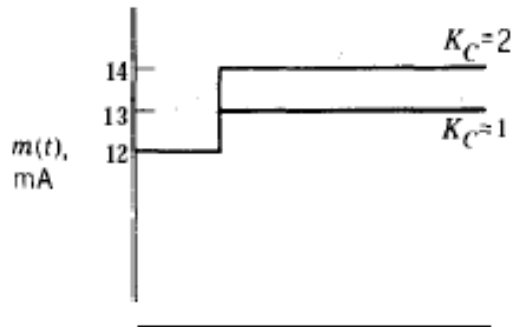
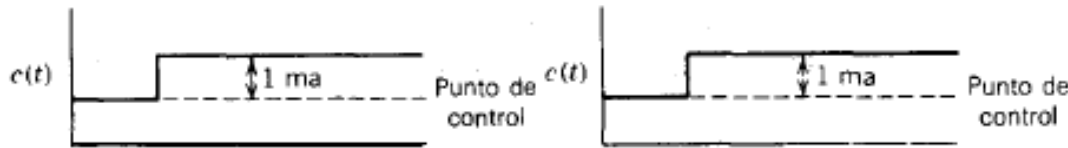
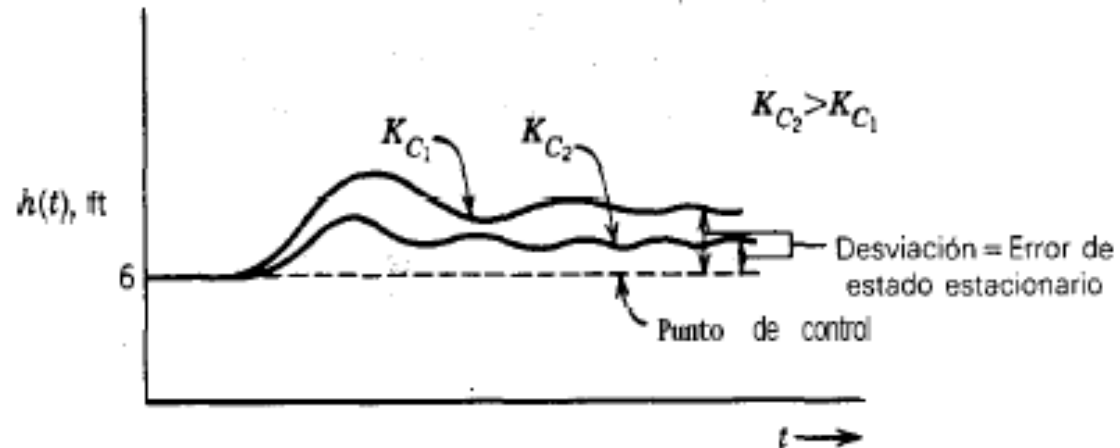
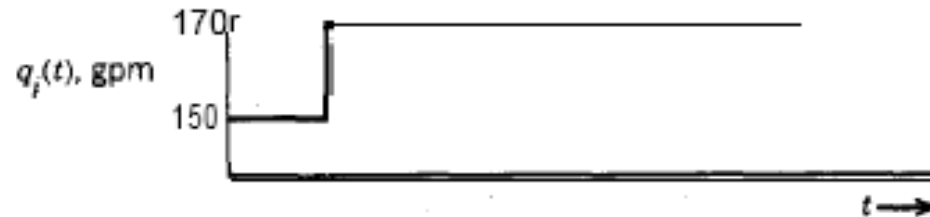


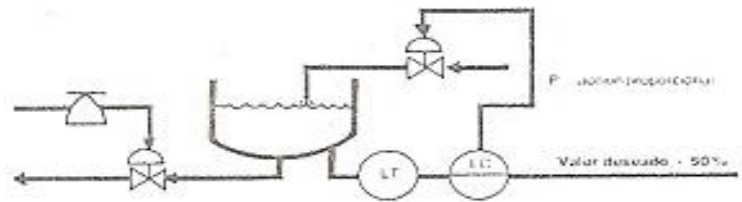
Fig. 9.8 Control todo-nada con banda diferencial o zona muerta.

Controlador P

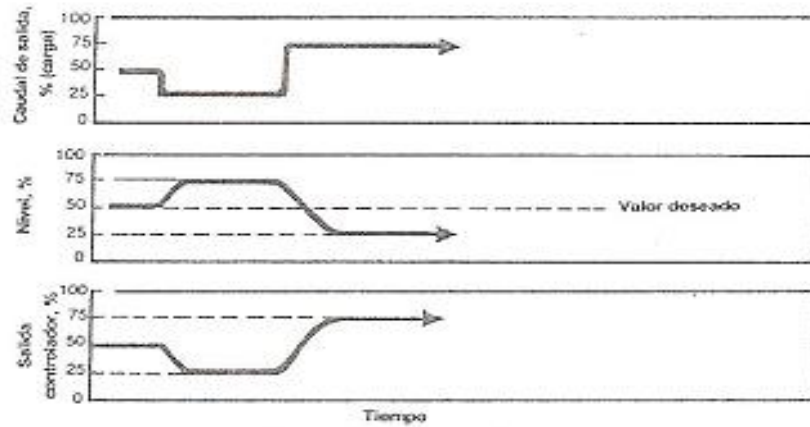


$$m(t) = \bar{m} + K_p e(t)$$

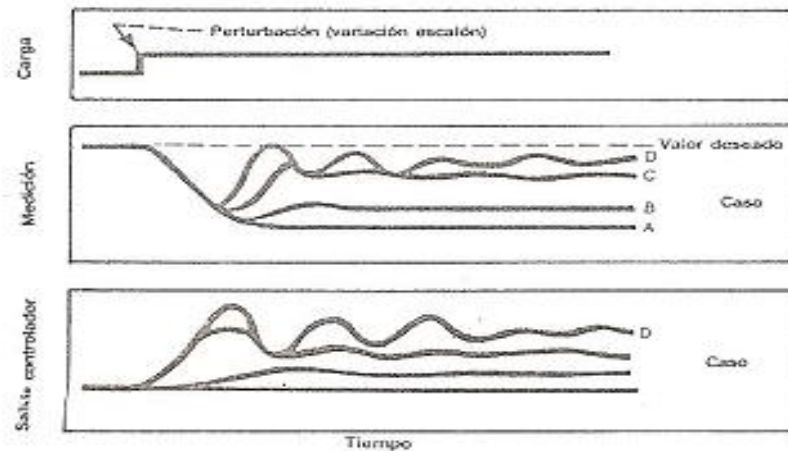




Controlador P



a. El corrimiento varía con la carga



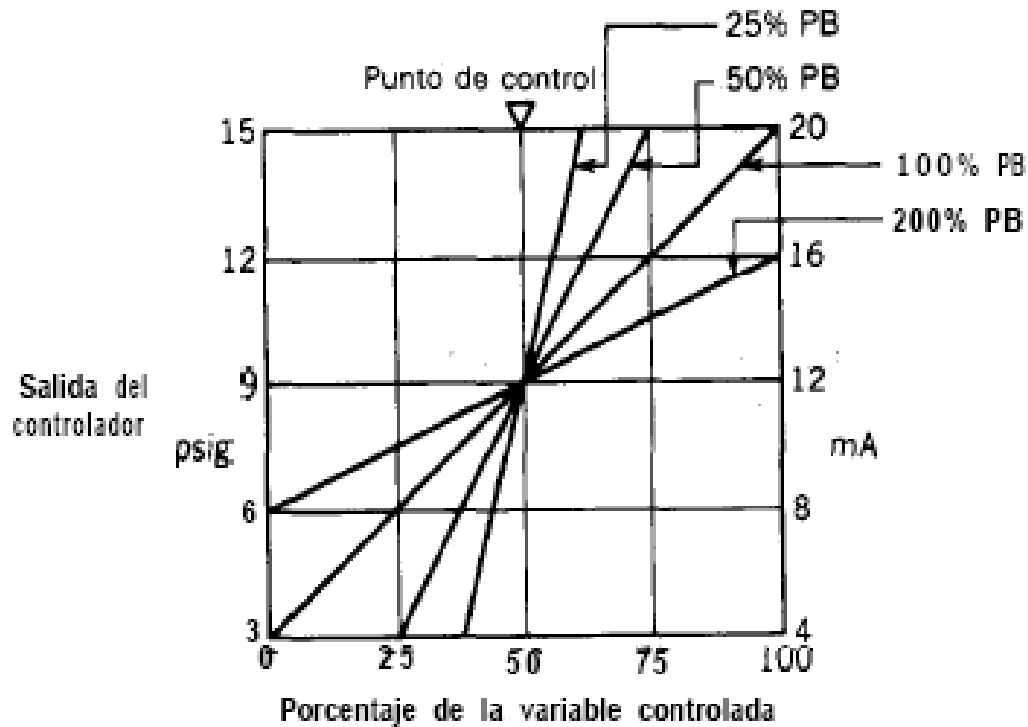
b. Efectos de la reducción de la banda proporcional

Controlador P

$$m(t) = \overline{m(t)} + \frac{100}{PB} e(t)$$

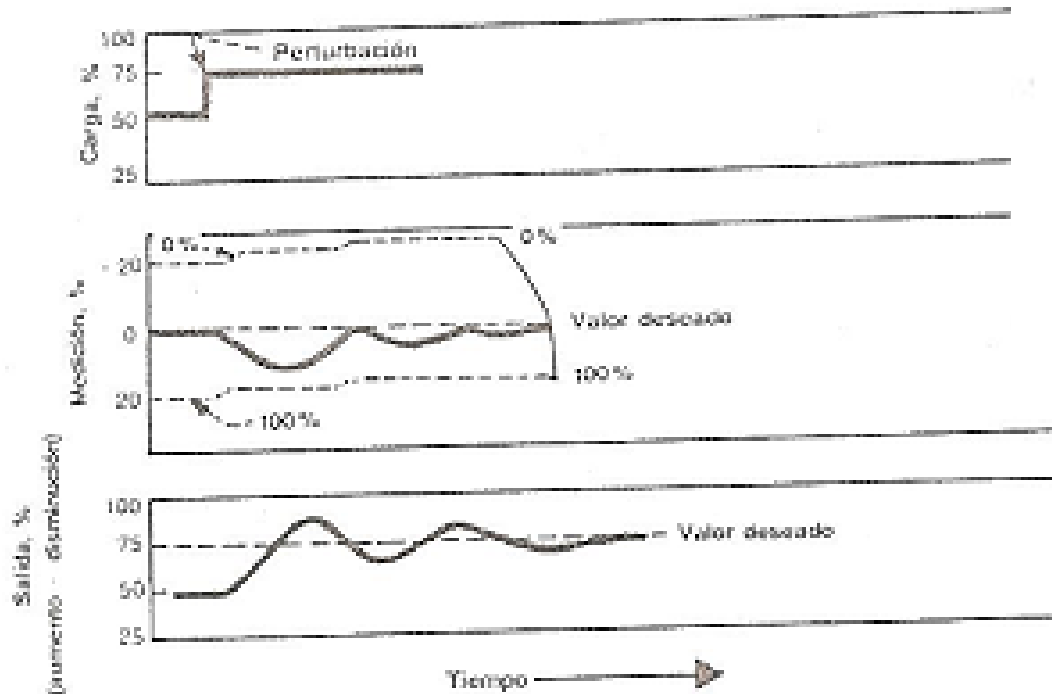
$$\left\{ \begin{array}{l} PB=100 \\ m(t) = \overline{m(t)} + 1 * e(t) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} PB=50 \\ m(t) = \overline{m(t)} + 2 * e(t) \end{array} \right.$$

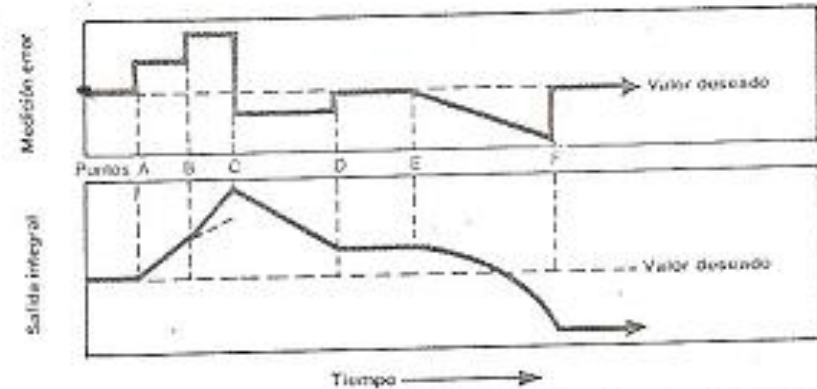


Controlador PI

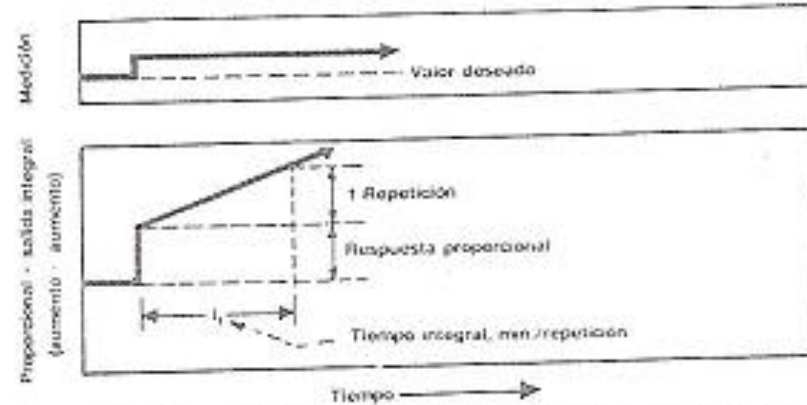
$$m(t) = \bar{m} + K_c e(t) + \frac{K_c}{T_I} \int e(t) dt$$



c. La acción integral desplaza la polarización para balancear la carga



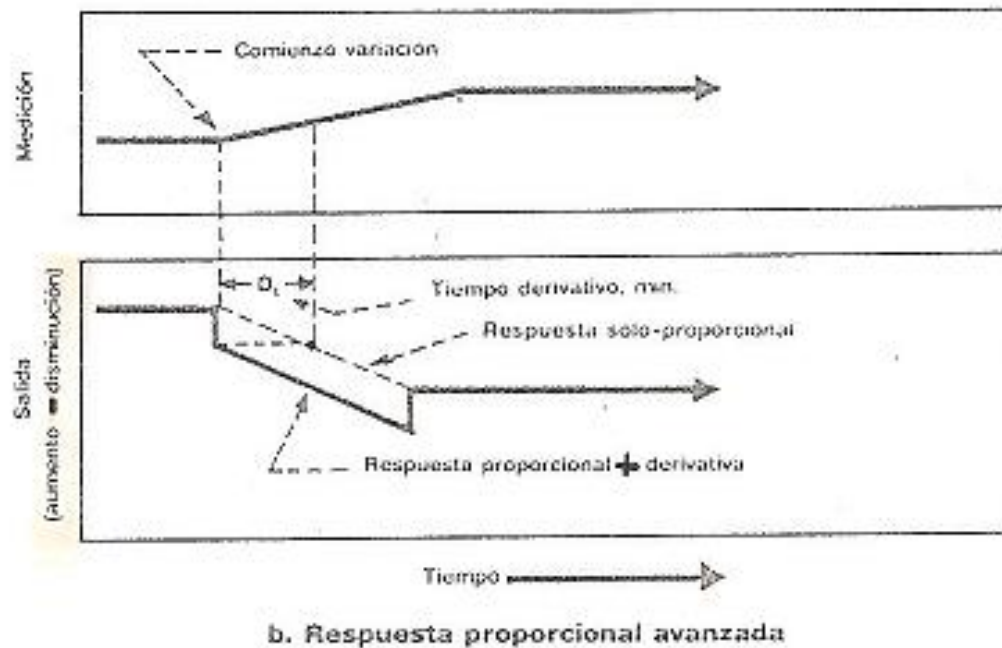
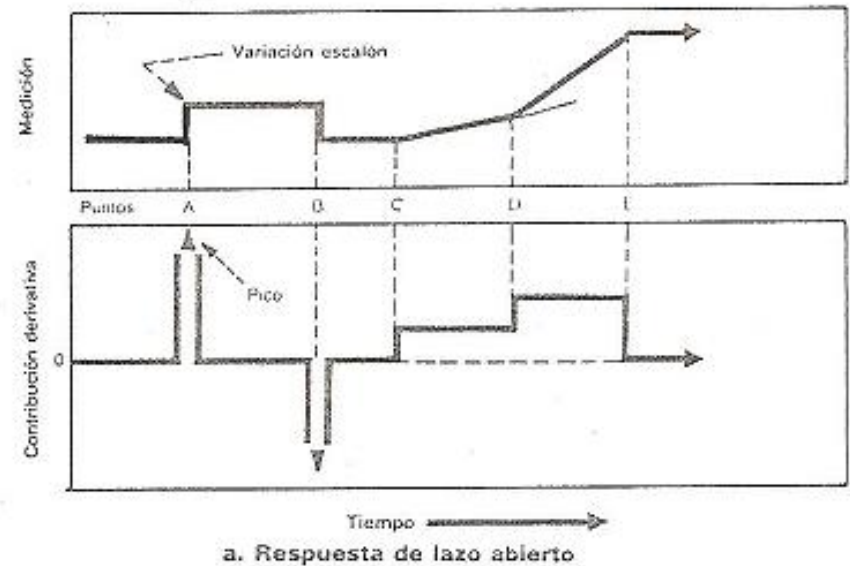
a. La acción integral responde al signo, magnitud y duración del error



b. El tiempo integral determina la velocidad de respuesta

Controlador PD

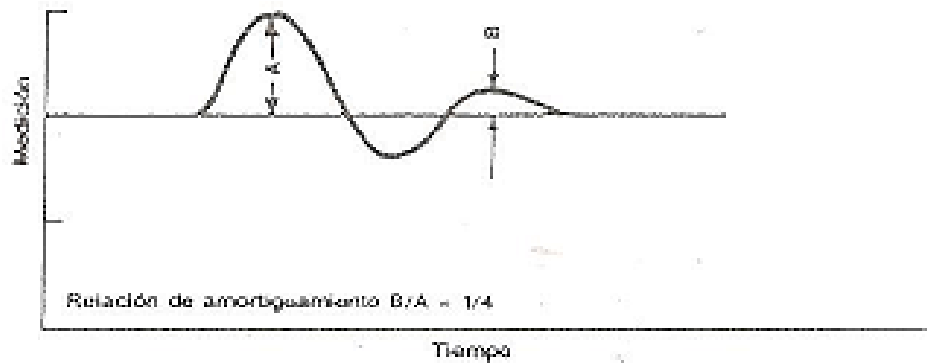
$$m(t) = \frac{100}{P} \cdot \left(e(t) + D \cdot \frac{de(t)}{dt} \right)$$



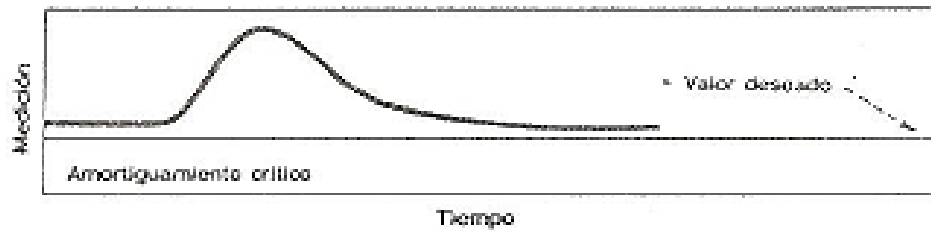
Controlador PID

$$m(t) = \bar{m} + K_c e(t) + \frac{K_c}{\tau_I} \int e(t) dt + K_c \tau_D \frac{de(t)}{dt}$$

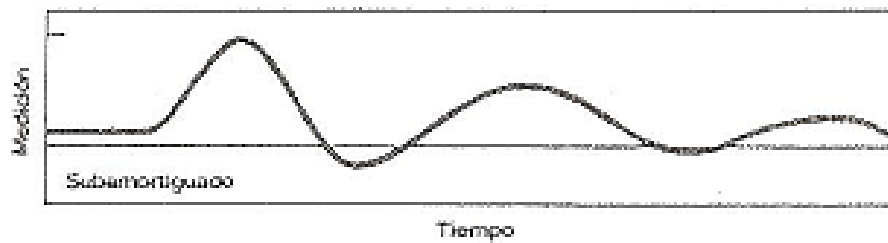
$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{\tau_I s} + \tau_D s \right)$$



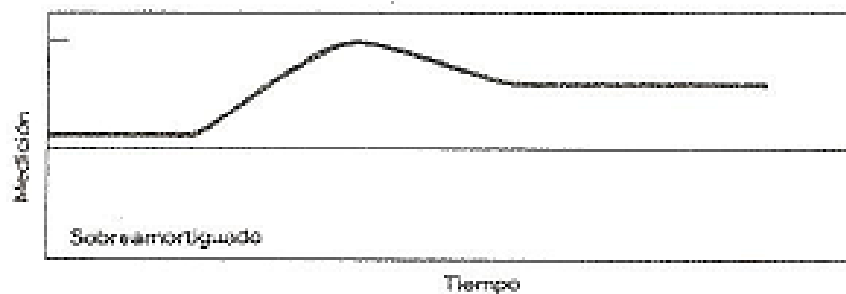
a. Amortiguamiento de un cuarto de amplitud



→ $>P < Kc$

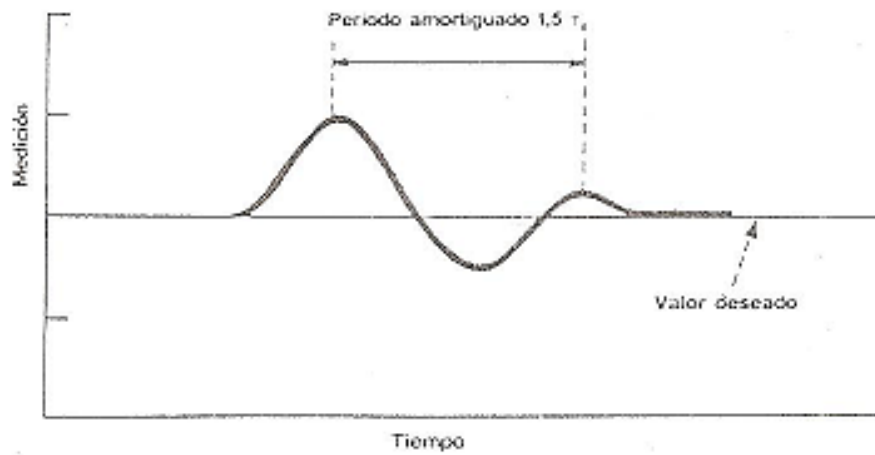


→ $<P > Kc$

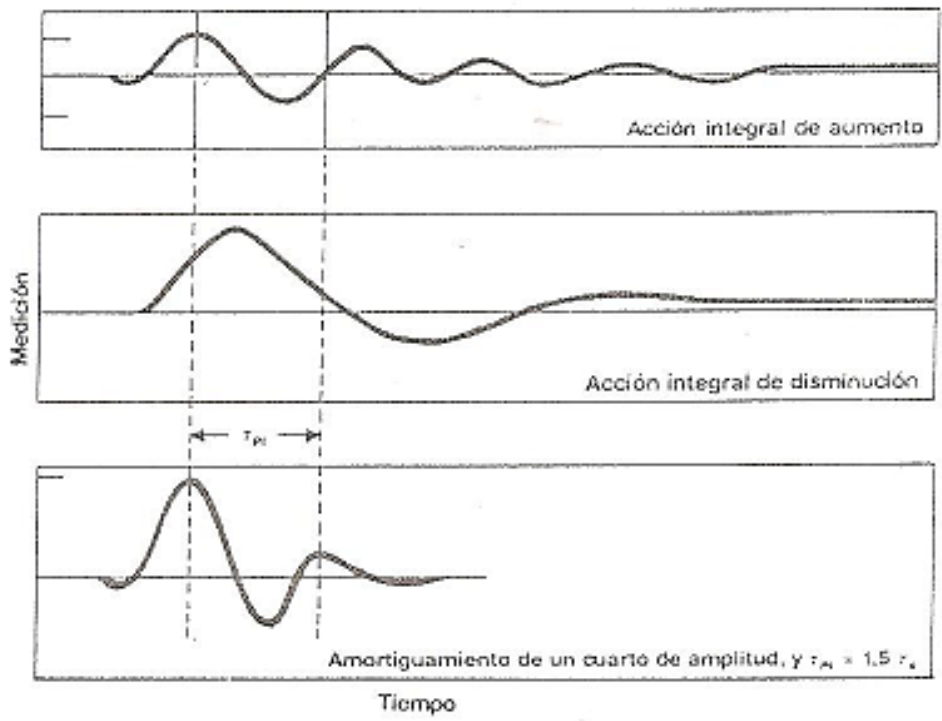


→ $>>P <<Kc$

b. Efectos de la banda proporcional



b. Amortiguamiento de un cuarto de amplitud



→ $>K_i < I$

→ $<K_i > I$

c. Respuestas

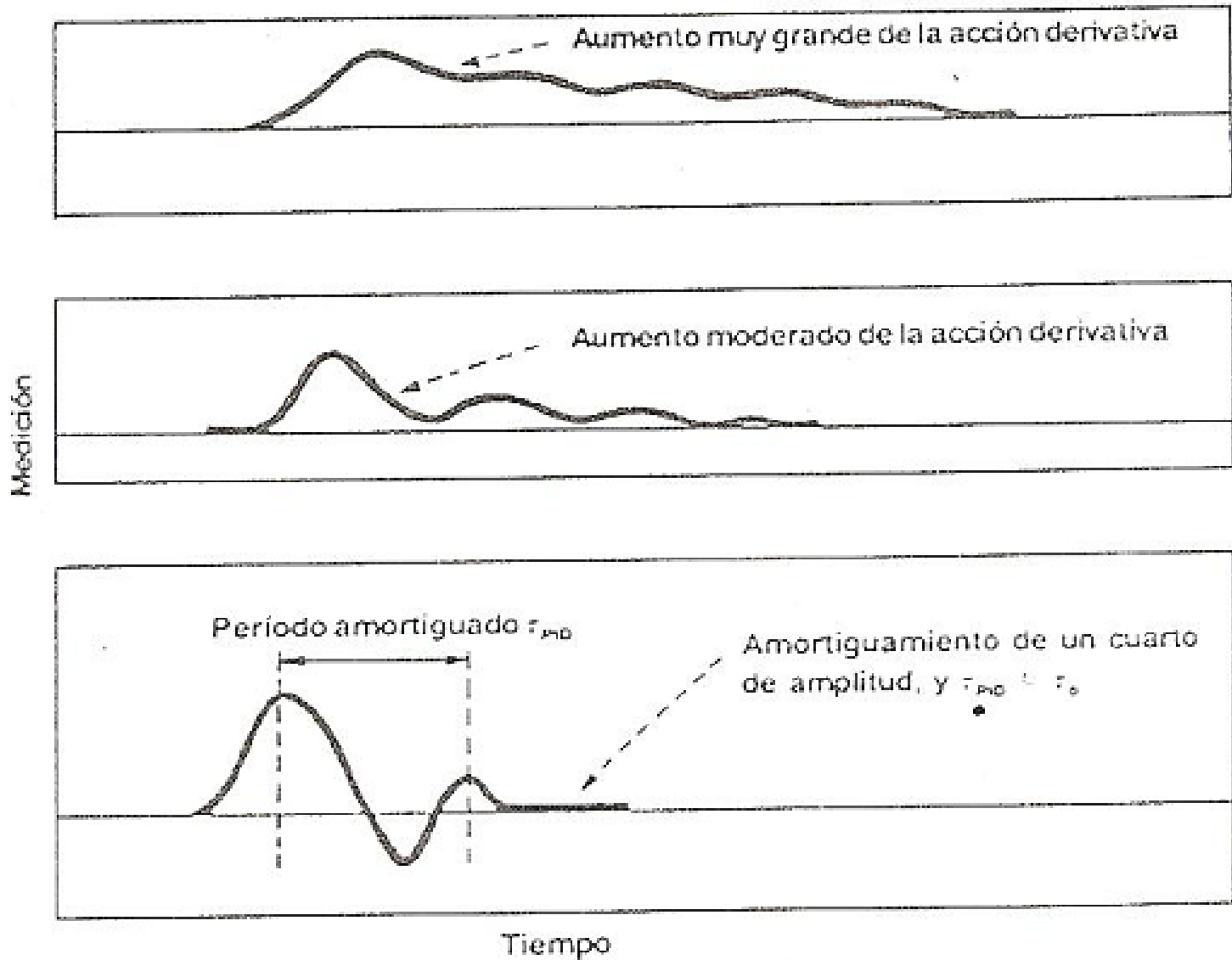


Ilustración gráfica donde $P = 2 L$

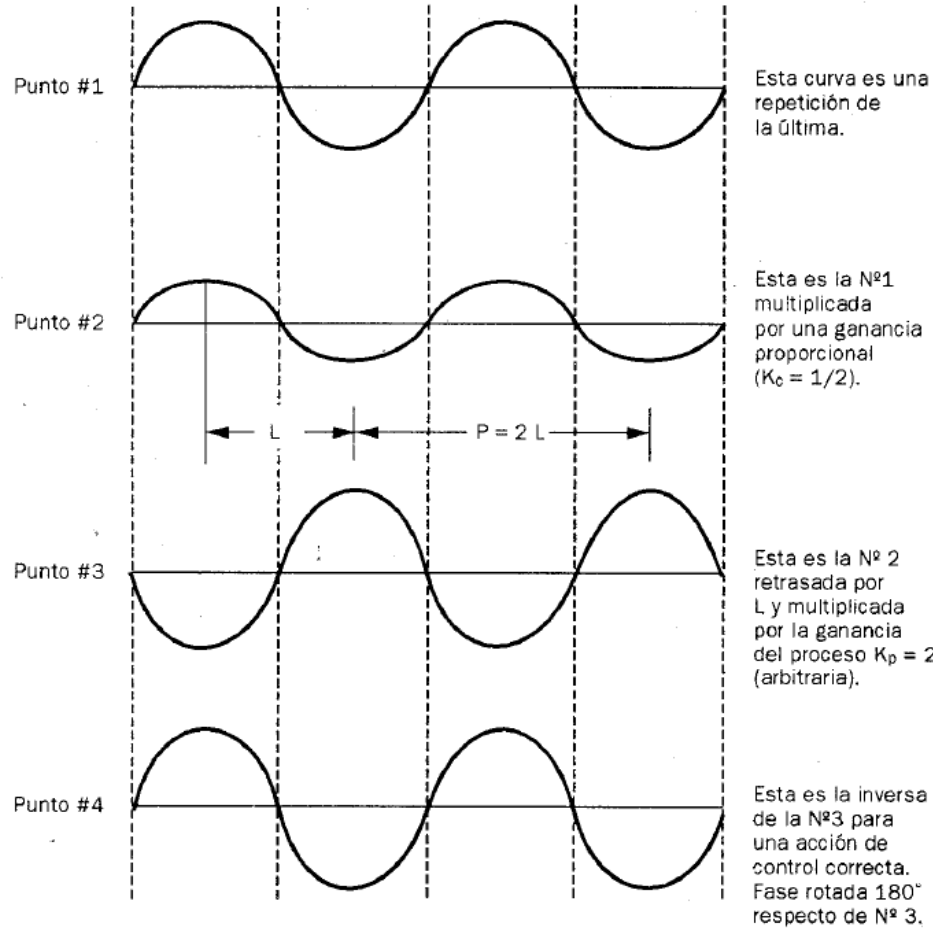
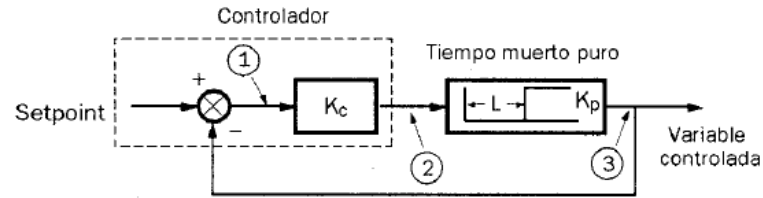
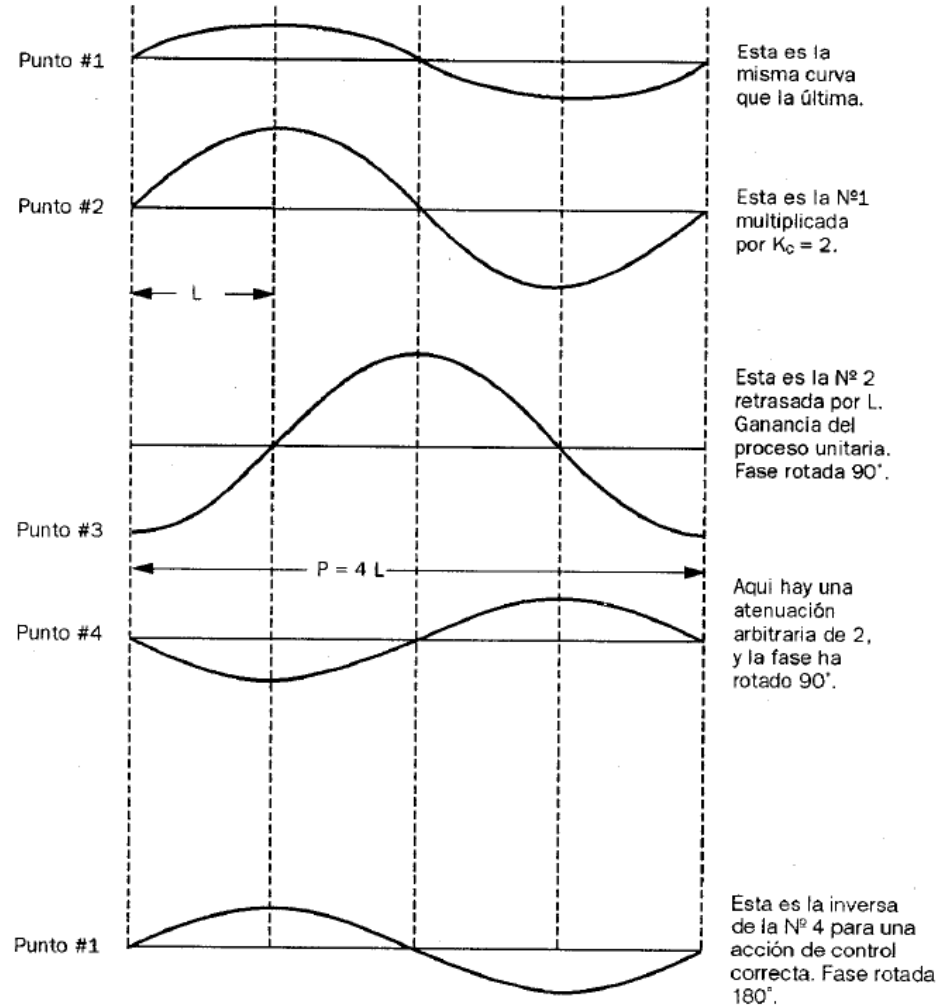
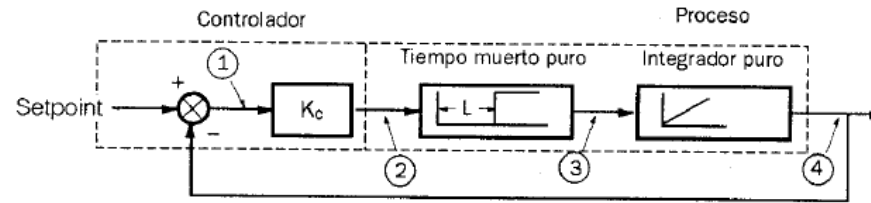
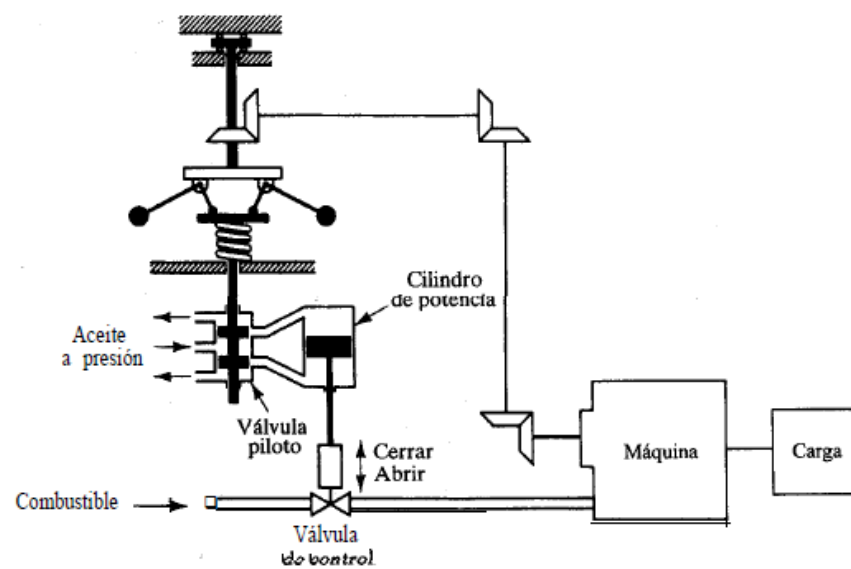


Ilustración gráfica donde $P = 4 L$



Cómo se desarrolló el Control PID

-Siglo XVIII: Dispositivos mecánicos (reguladores centrífugos) empleados para controlar molinos de vientos y maquinas de vapor.

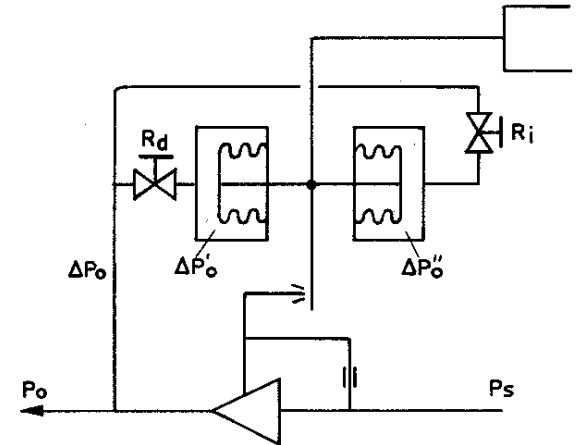


-1900: Aparición de instrumentación neumática (3-15 psi)

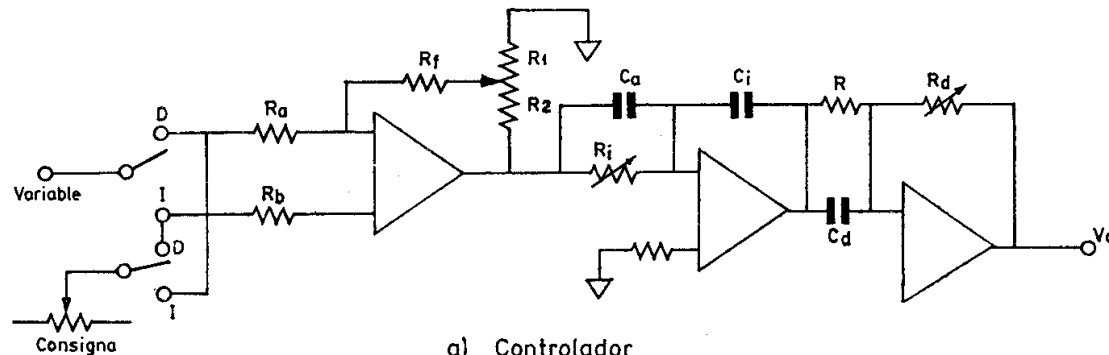
-1930: acción integral neumática

-1940: acción derivativa neumática

-1950: Controladores PID electrónicos basados en amplificadores operacionales. (4-20 mA, 0-10 V)



-1947: transistor



Cómo se desarrolló el Control PID

-1970: microprocesador → primeros PLC

-1995: Norma fieldbus: transmisión digital.

La señal digital consiste en una serie de impulsos en forma de bits. Cada bit corresponde a un 0 o 1. Por ej. En la señal electrónica de 4-20 mA :

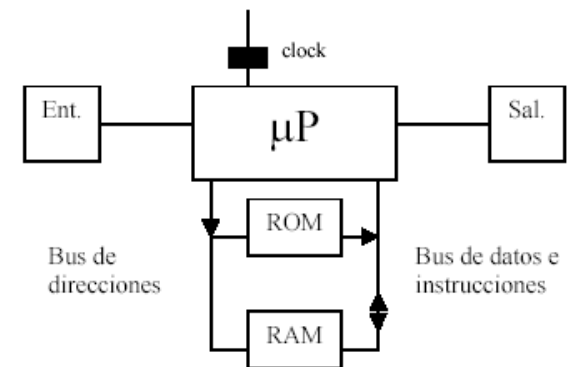
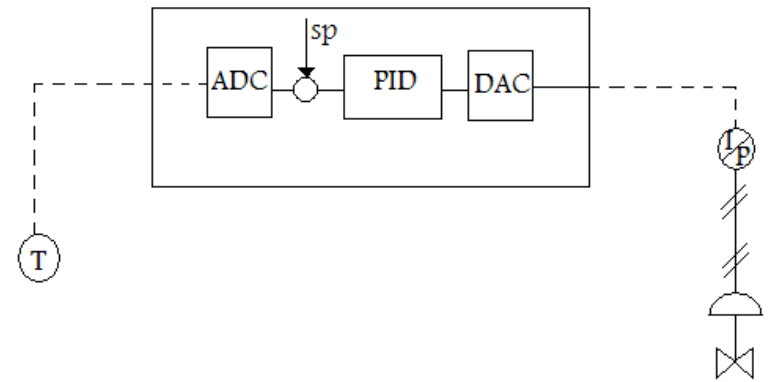
4 mA= 00000000; 12 mA= 01111111 y 20 mA= 11111111

(0-255= 2^8)

$$m_n = K_c \cdot \left[T_d \cdot \frac{(e_n - e_{n-1})}{\Delta t} + e_n + \frac{1}{T_i} \cdot \sum_{k=0}^n e_k \cdot \Delta t \right]$$

Actualidad: - PID simple lazo, multilazos, implementados en PLC

- Control Avanzado y Optimización



$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + \tau_D s \right)$$

Las reglas de sintonía de Ziegler y Nichols se basan en cómo están hechos los controladores **analógicos**. La sintonía consiste en ajustar los parámetros de la siguiente función de transferencia de un controlador de 3 modos:

$$K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) (T_d s + 1)$$

donde:

K_c = Ganancia proporcional.

T_i = Tiempo de reset.

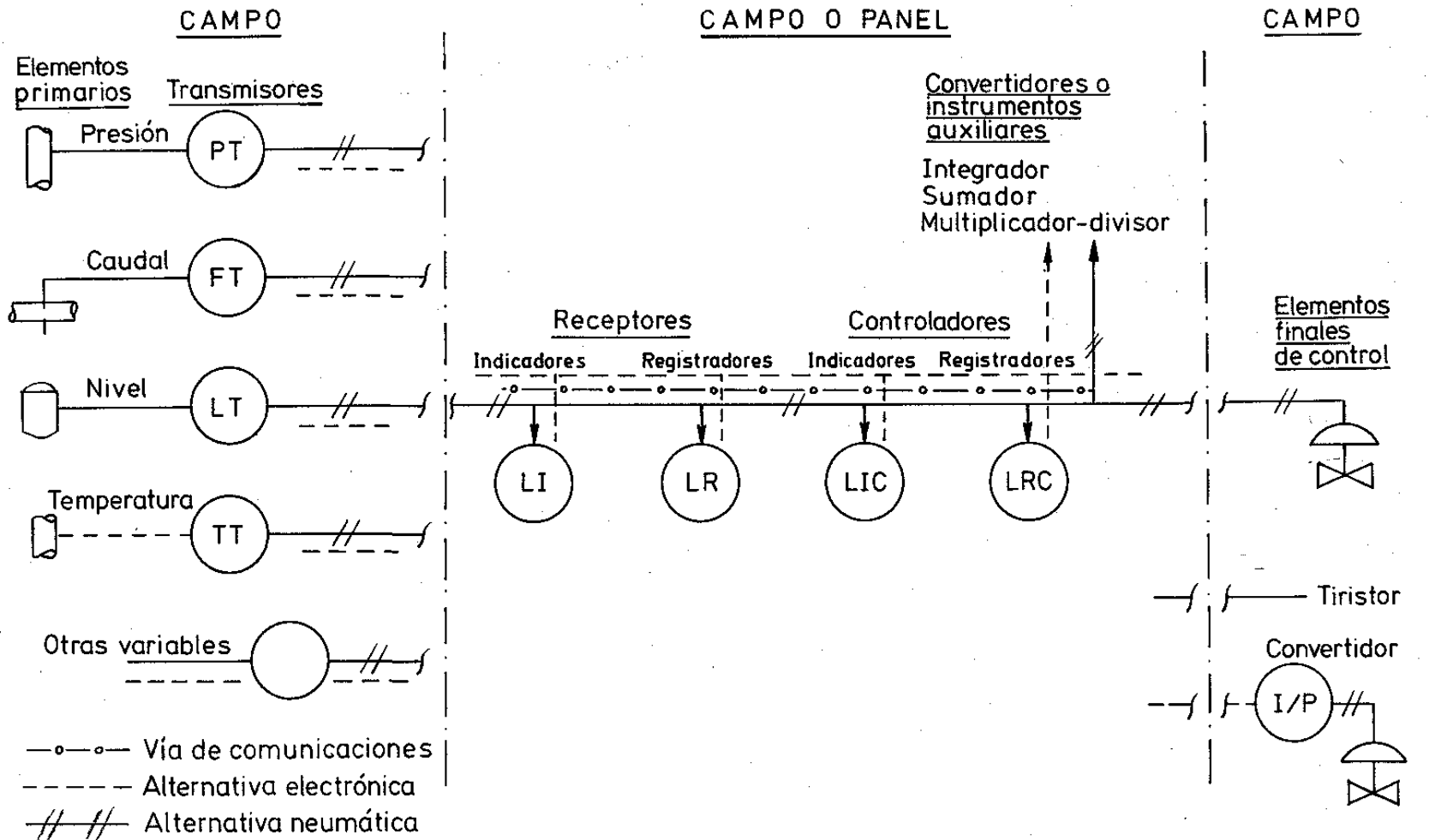
T_d = Tiempo derivativo.

s = d/dt .

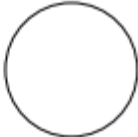
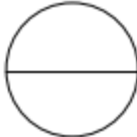
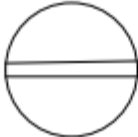
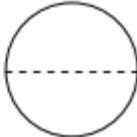
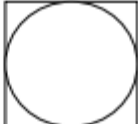
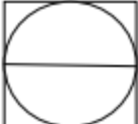
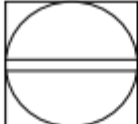


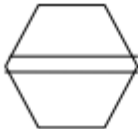


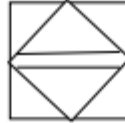
Ziegler - Nichols	Ziegler-Nichols	IAE	Dahlin
$K_c = \frac{1,2}{K} \left(\frac{\tau}{\tau_d} \right)$	$K_c = \frac{K_{cm}}{1,7}$	$K_c = \frac{a_1}{K} \left(\frac{\tau_d}{\tau} \right)^{b_1}$ $a_1 = 1,435$ $b_1 = -0,921$	$K_c = \frac{\tau}{K(\tau_d + \tau_c)}$ $\tau_c = \frac{1}{5} \tau_d$
$R = 2\tau_d$	$R = \frac{\tau_u}{2}$	$R = \frac{\tau}{a_2} \left(\frac{\tau_d}{\tau} \right)^{b_2}$ $a_2 = 0,878$ $b_2 = 0,749$	$R = \tau$
$D = \frac{\tau_d}{2}$	$D = \frac{\tau_u}{8}$	$D = a_3 \tau \left(\frac{\tau_d}{\tau} \right)^{b_3}$ $a_3 = 0,482$ $b_3 = 1,137$	$D = \frac{\tau_d}{2}$

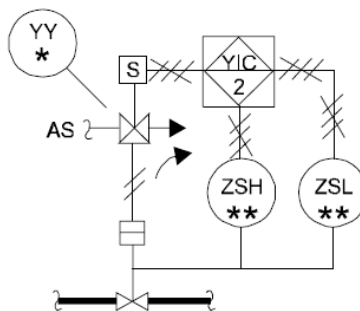
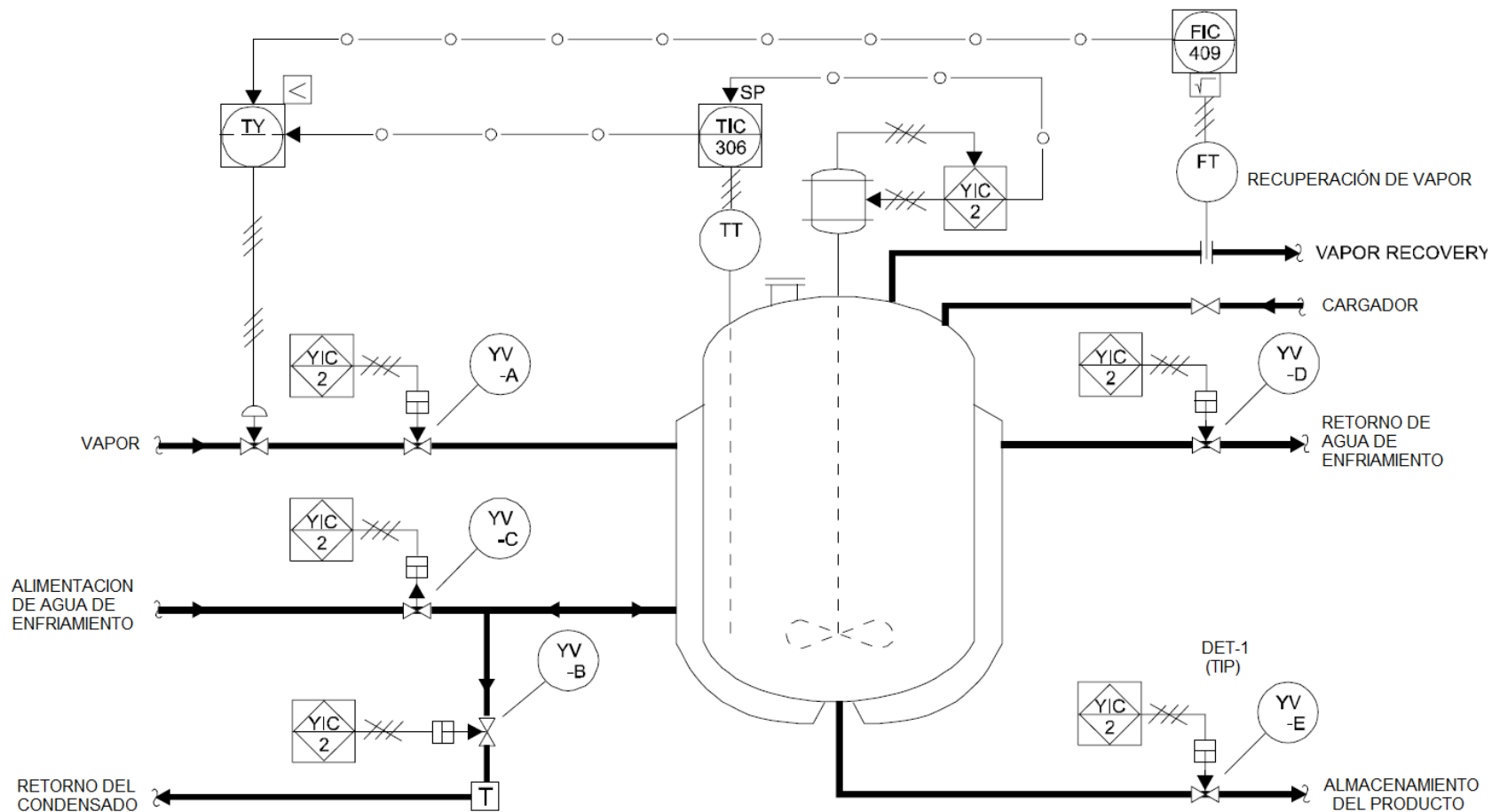
Norma ISA S5.1

Letras de identificación					
	Primera Letra		Letras Sucesivas		
	Variable medida	Modificador	Función de lectura	Función de salida	Modificador
A	Análisis		Alarma		
B	Quemador, combustión		Selección del usuario	usuario	usuario
C	Selección del usuario			Controlador	
D	Selección del usuario	Diferencial			
E	Tensión		Sensor (elemento		
F	Rata de flujo	Relación	primario)		
G	Selección del usuario		Dispositivo de vidrio,		
H	Manual		mirilla		Alto
I	Corriente (eléctrica)		Indicación		
J	Potencia	Muestreo			
K	Tiempo	Rata de tiempo		Estación de control	
L	Nivel		Luz		Bajo
M	Humedad	Momentáneo			Medio, intermedio
N	Selección del usuario		Selección del usuario	Selección del	
O	Selección del usuario		Orificio, restricción	usuario	
P	Presión, vacío		Punto de prueba		
Q	Cantidad	Integrador, total.			
R	Radiación		Registrador		
S	Velocidad, frecuencia	Safety		Interruptor	
T	Temperatura			Transmisor	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Vibración, análisis			Válvula, damper	
W	Peso, fuerza		Vaina o pozo térmico		
X	Sin clasificar	Eje X	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y	Evento o estado	Eje Y		Relé, convertidor	
Z	Posición, dimensión	Eje Z		Elemento final.	



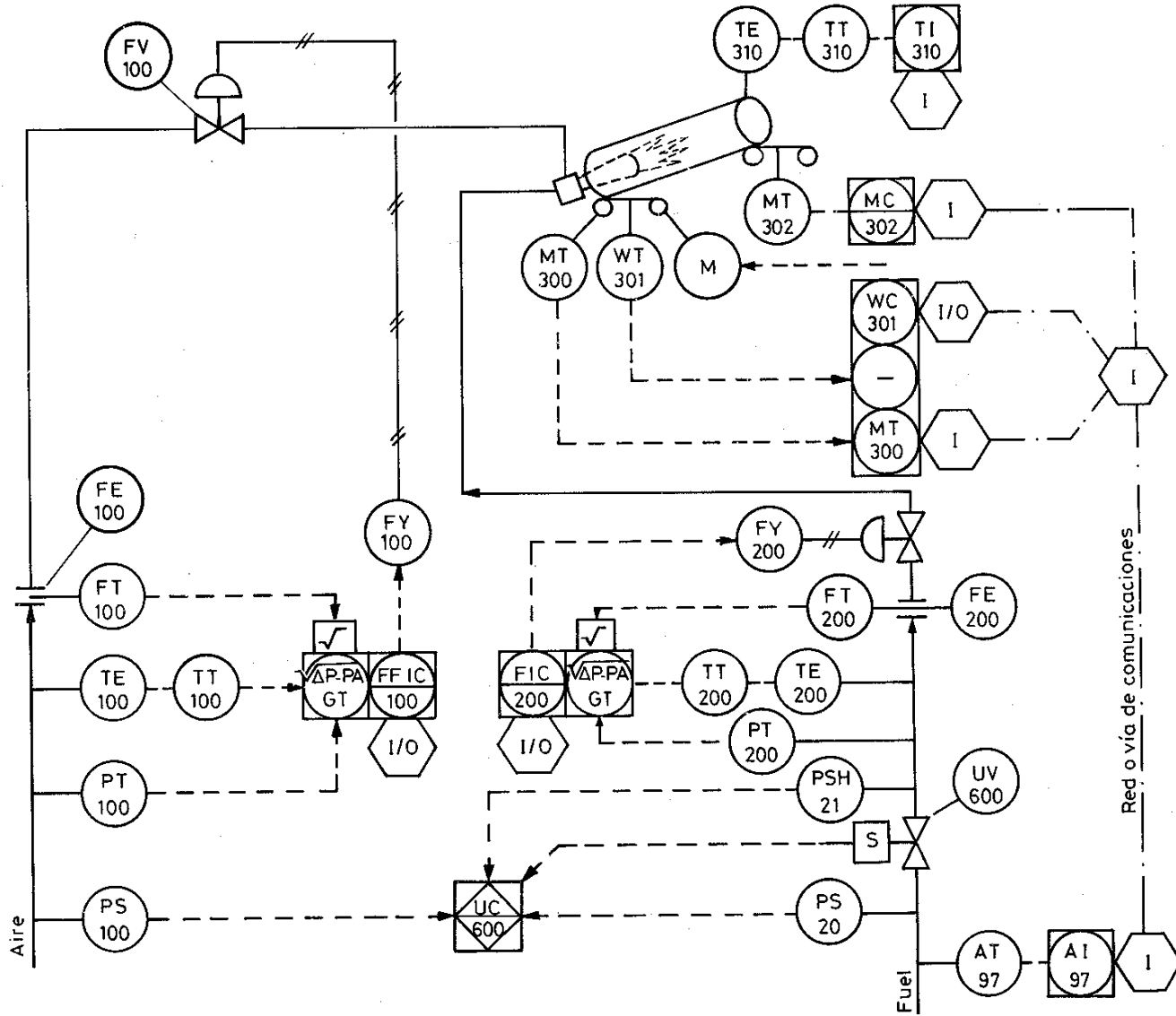
TRC		2 A	
Primera letra	Letras sucesivas	Número del bucle	Sufijo (no se usa normalmente)
Identificación funcional		Identificación del bucle	

	Montaje en campo	Localización panel principal	Localización panel auxiliar	Localización detrás del panel
INSTRUMENTOS DISCRETOS				
INSTRUMENTO CONTROL DISTRIBUIDOS				
FUNCION COMPUTADOR				
FUNCION PLC				



NOTAS:
 * MISMO SUFJO COMO VALVULA
 ** LOS LAZOS ESTAN NÚMERADOS DEL 901 A 905 CORRESPONDEN A LAS VALVULAS CON SUFIJOS DE LA A HASTA LA E

Ejemplo de control de combustión:





Controlador Honeywell



Válvula industrial de control



Sensor Fotoeléctrico...

