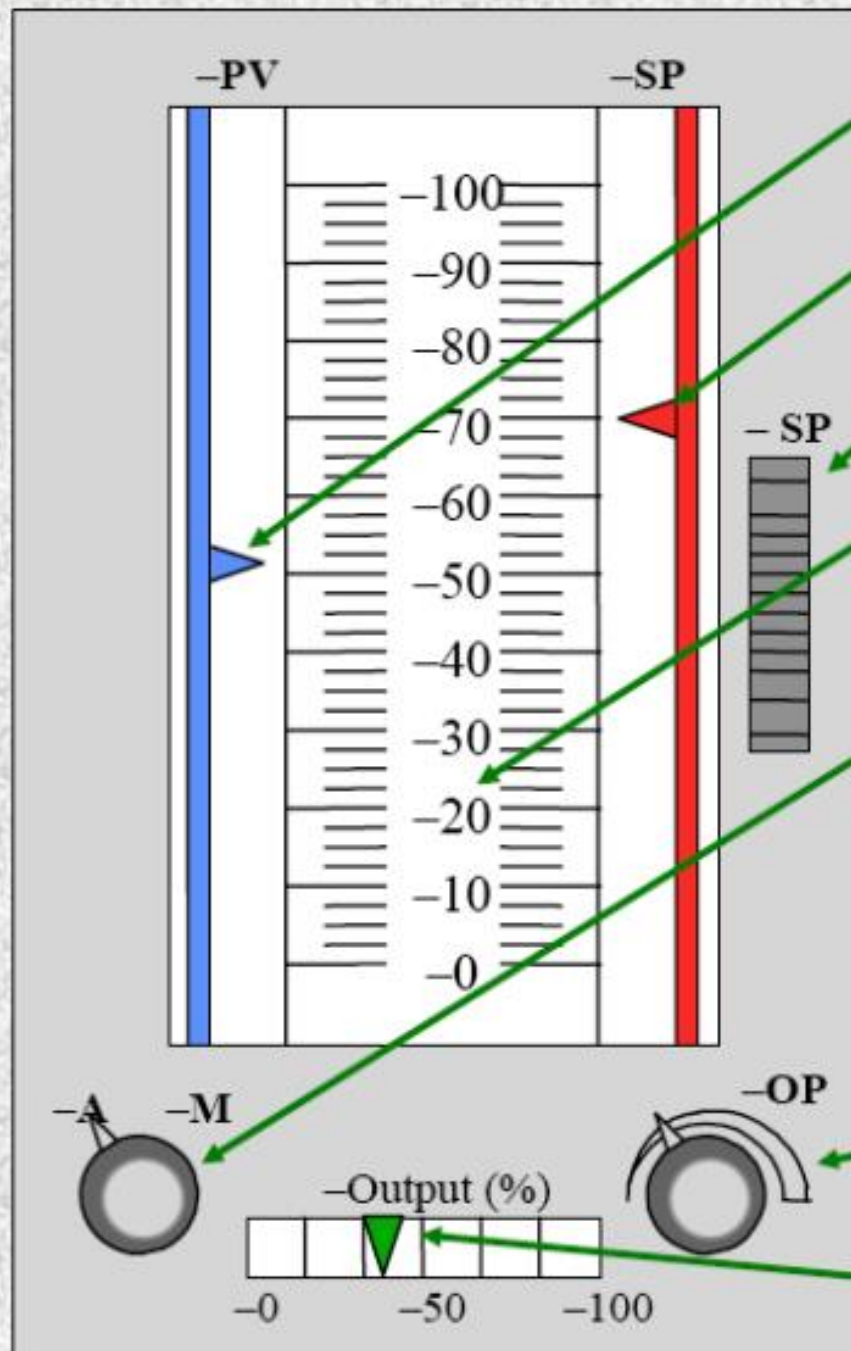


Fundamentos Parte V

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

Relaciones funcionales



Indicador valor de la variable controlada

Indicador del valor del Set Point

Modificador del Set Point

Escala porcentual para Set point y variable controlada

Conmutador AUTOMÁTICO/MANUAL
 – AUTOMÁTICO: el controlador decide el valor de la variable manipulada
 – MANUAL: el valor de la variable manipulada se fija de forma manual

Modificador de la variable manipulada

Indicador de la variable manipulada

Controlador de temperatura



Controlador PID

○ Controlador PID: $A_c = A_b + K_p \left(e + \frac{1}{\tau_i} \int e dt + \tau_d \frac{de}{dt} \right)$ $e(-) \rightarrow A_c(-)$

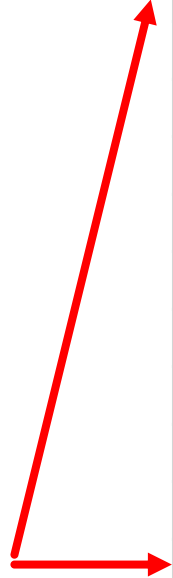
○ Tipo de acción ($K_p > 0$):

○ Directa: $e = y - y_s$ $y_s(+)$ \rightarrow $e(-)$

○ Inversa: $e = y_s - y$

Controlador proporcional

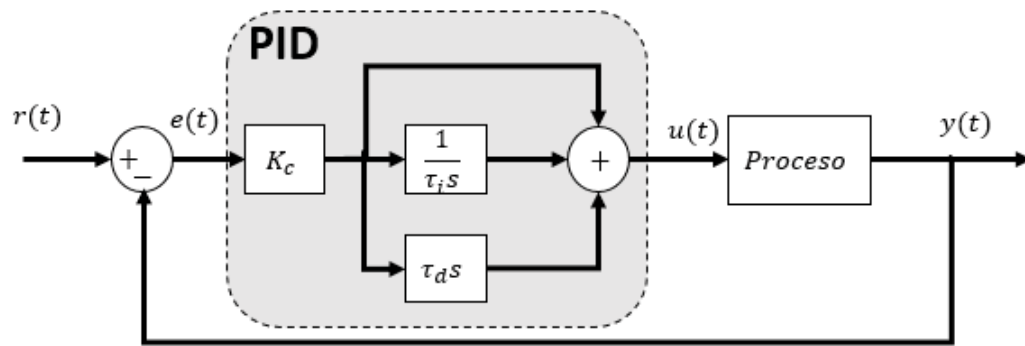
Saturación



A _c	%	mA	psi
0.00	0%	4.00	3.00
0.10	10%	5.60	4.20
0.20	20%	7.20	5.40
0.30	30%	8.80	6.60
0.40	40%	10.40	7.80
0.50	50%	12.00	9.00
0.60	60%	13.60	10.20
0.70	70%	15.20	11.40
0.80	80%	16.80	12.60
0.90	90%	18.40	13.80
1.00	100%	20.00	15.00

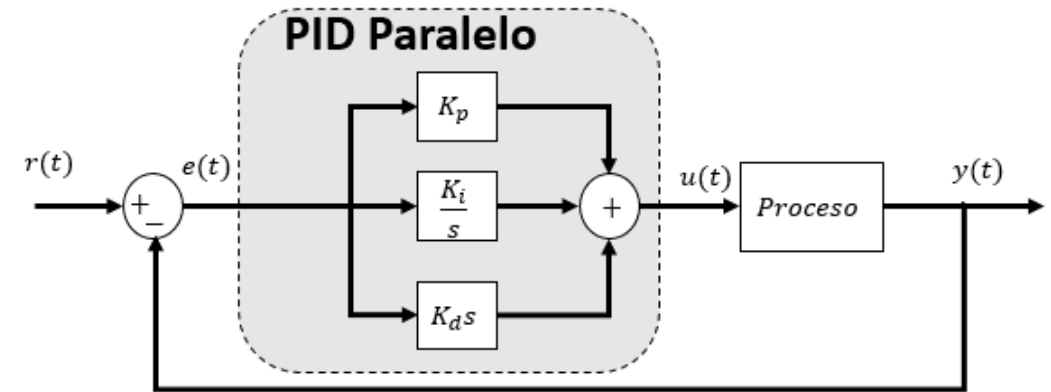
Tipos de controlador PID

En serie

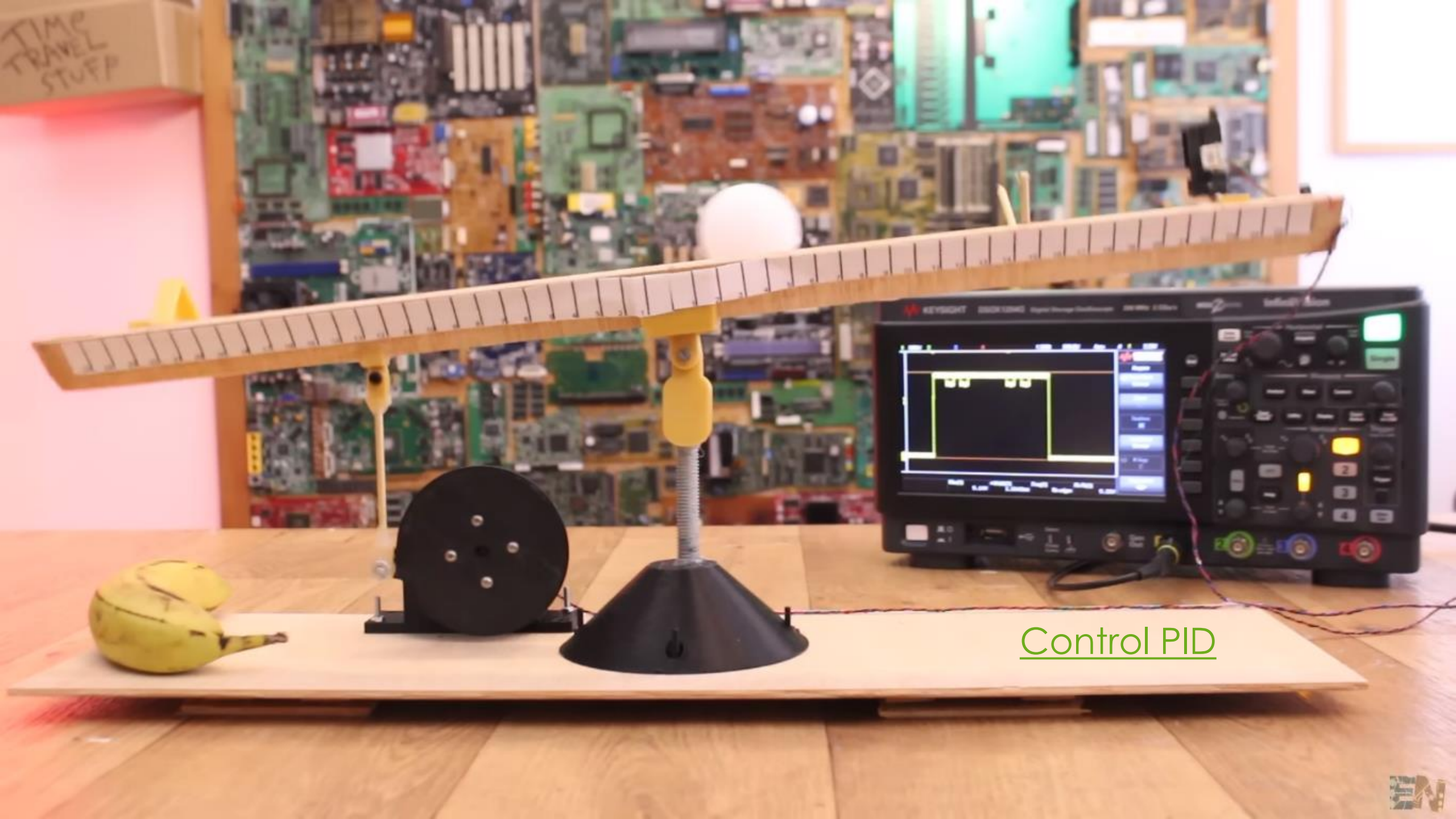


$$Ac = Ab + Kp \left(e + \frac{1}{\tau_i} \int e dt + \tau_d \frac{de}{dt} \right)$$

En paralelo

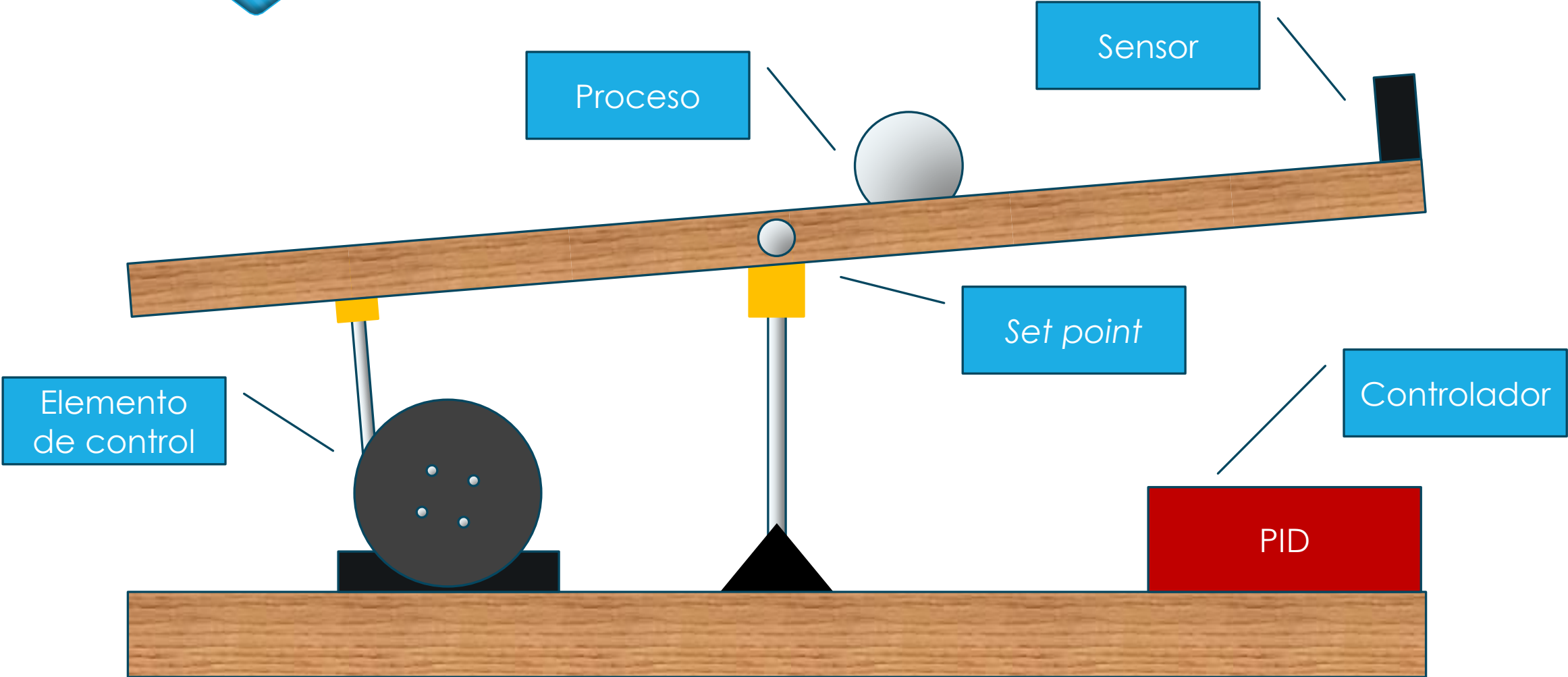


$$Ac = Ab + Kp e + Ki \int e dt + Kd \frac{de}{dt}$$



Control PID

Control *feedback*



Control *feedback*

- Variable controlada: distancia de la pelota al sensor.
- *Set point*: distancia del centro de la barra al sensor.
- Variable manipulada: posición de la barra.

$PID_p = K_p \times error$

$K_p = 20$

$K_i = 0$

$K_d = 0$

No se estabiliza.



$K_p = 0$

$K_i = 0$

$K_d = 3500$

Se estabiliza lejos del *set point*.

$$\text{PID}_{pd} = K_p \times \text{error} + K_d \times (\text{error} - \text{previous_error}) / \text{time}$$



Se estabiliza con un *off set*.



$$\text{PID}_i = \text{PID}_i + K_i * \text{error}$$

$$K_p = 0$$

$$K_i = 1$$

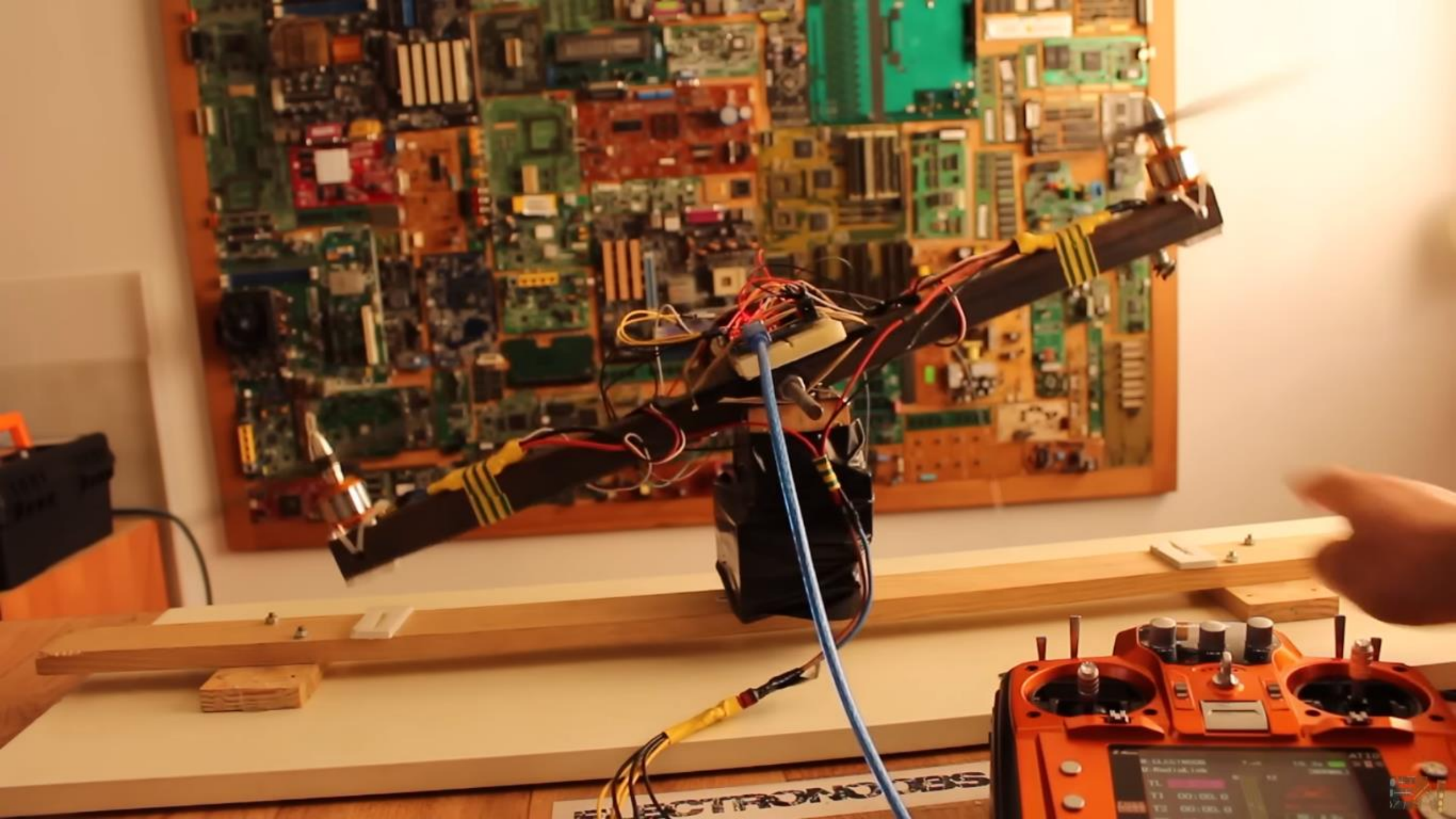
$$K_d = 0$$





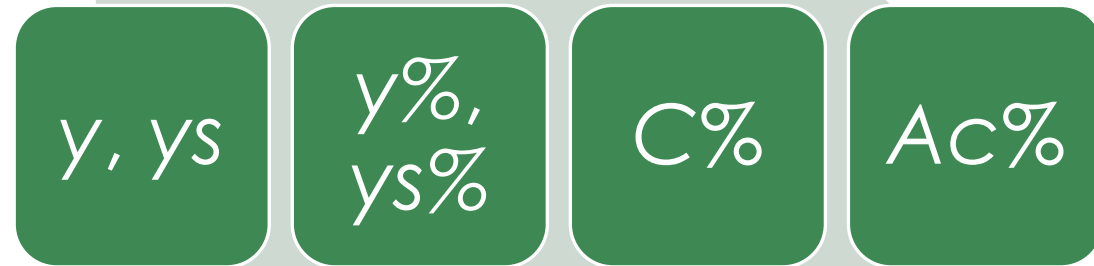
$$PID_i = PID_i + K_i * error$$

Se estabiliza sin un *off set*.



Modelos de controladores

Modelo riguroso



$$y\%, y_S\%, Ac\% \in [0, 100]$$

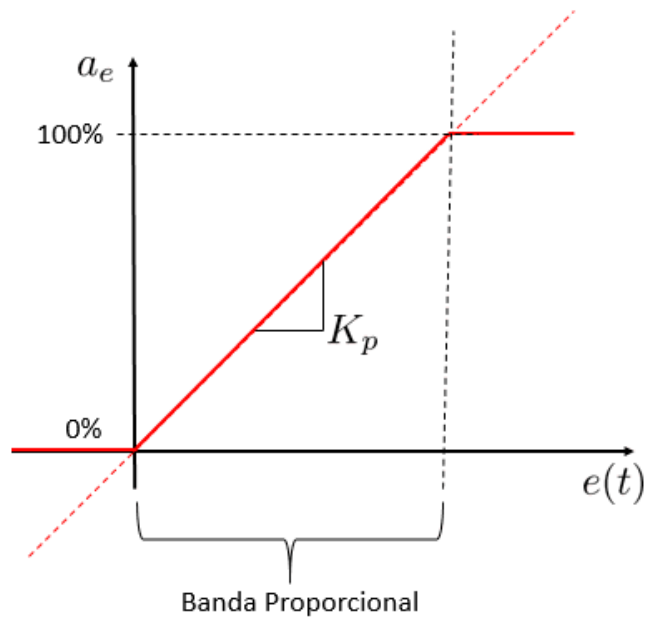
Modelo simplificado



Sin acotamiento

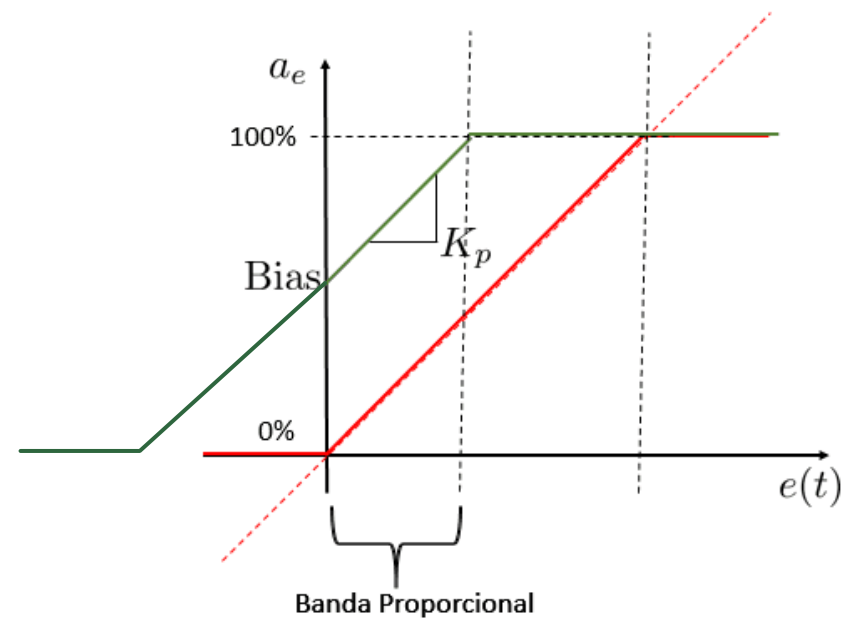
Banda proporcional

Sin bias



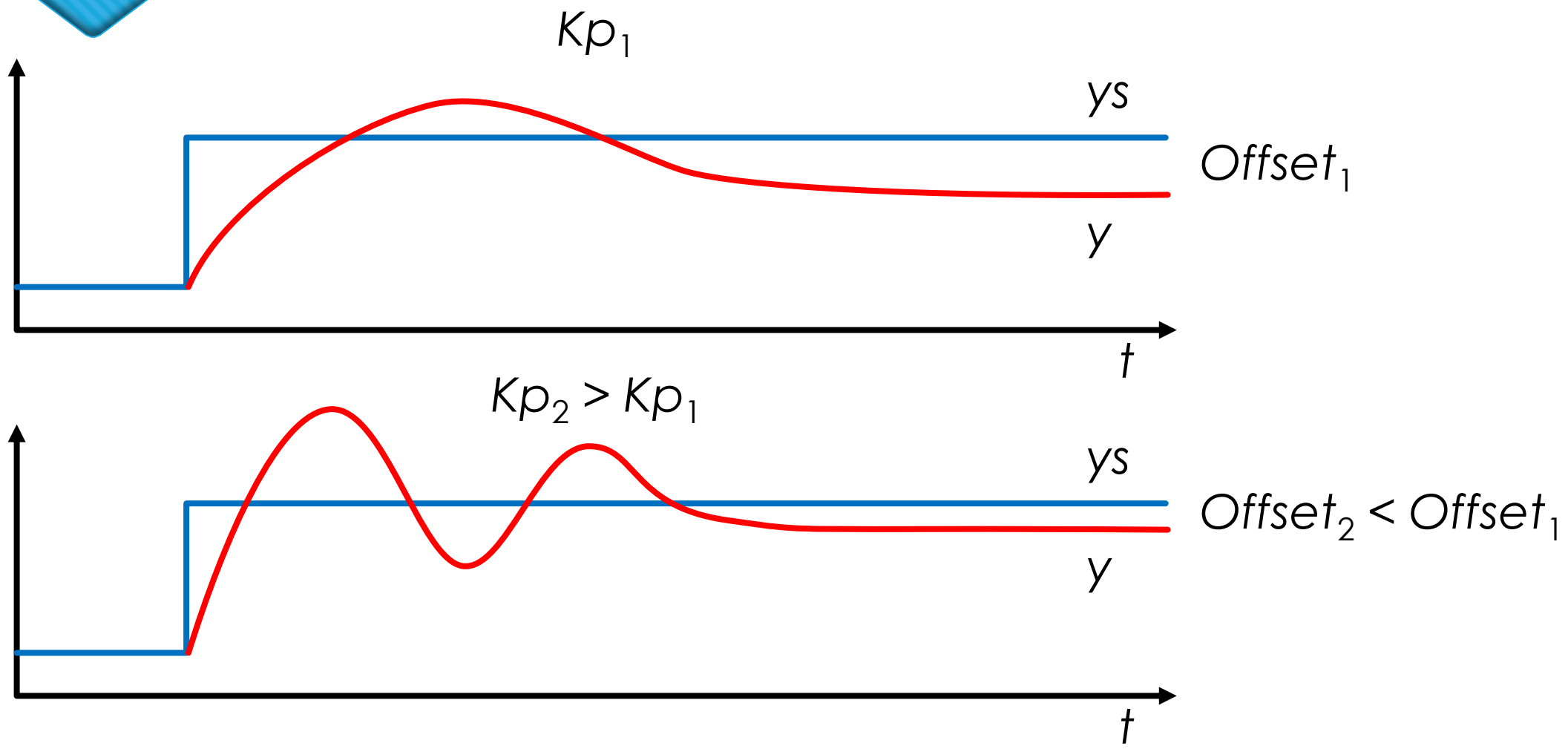
$$A_c = K_p e$$

Con bias



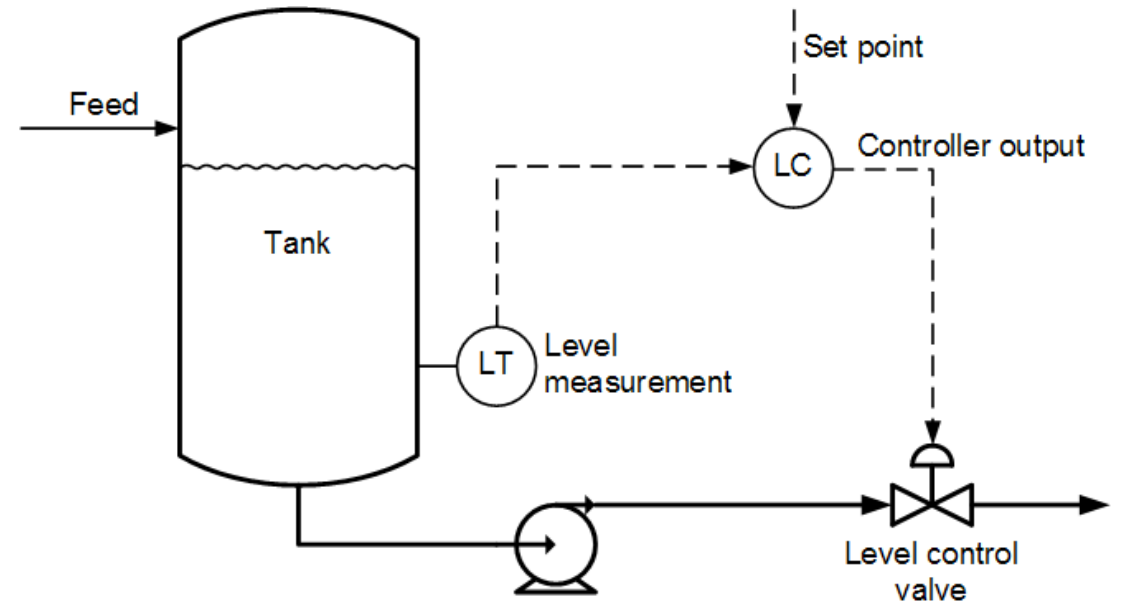
$$A_c = A_b + K_p e$$

El *offset* de la acción proporcional



Reset manual

1. Colocar el controlador en manual.
2. Elegir un punto de operación y_s .
3. Variar A_c manualmente para lograr que $y = y_s$.
4. Hacer $A_b \leftarrow A_c$.



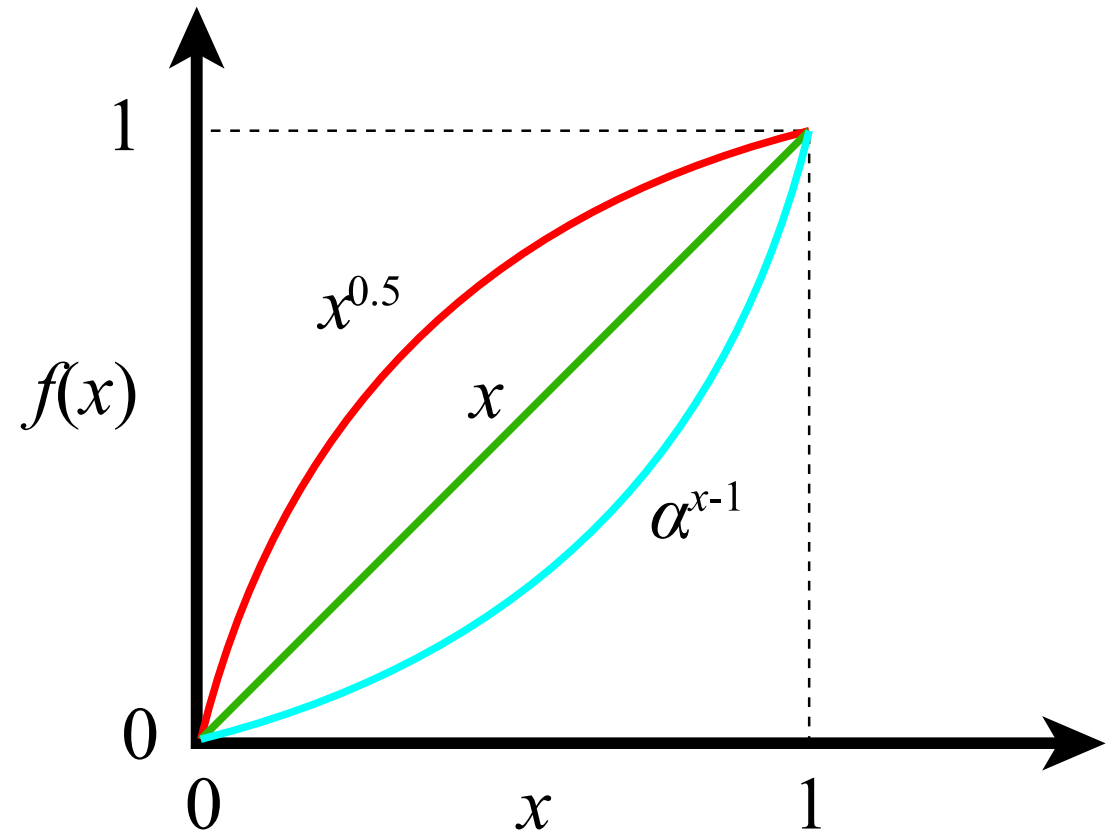
El punto de operación elegido será el único libre de *offset*.

[Simulador de un control PID](#)

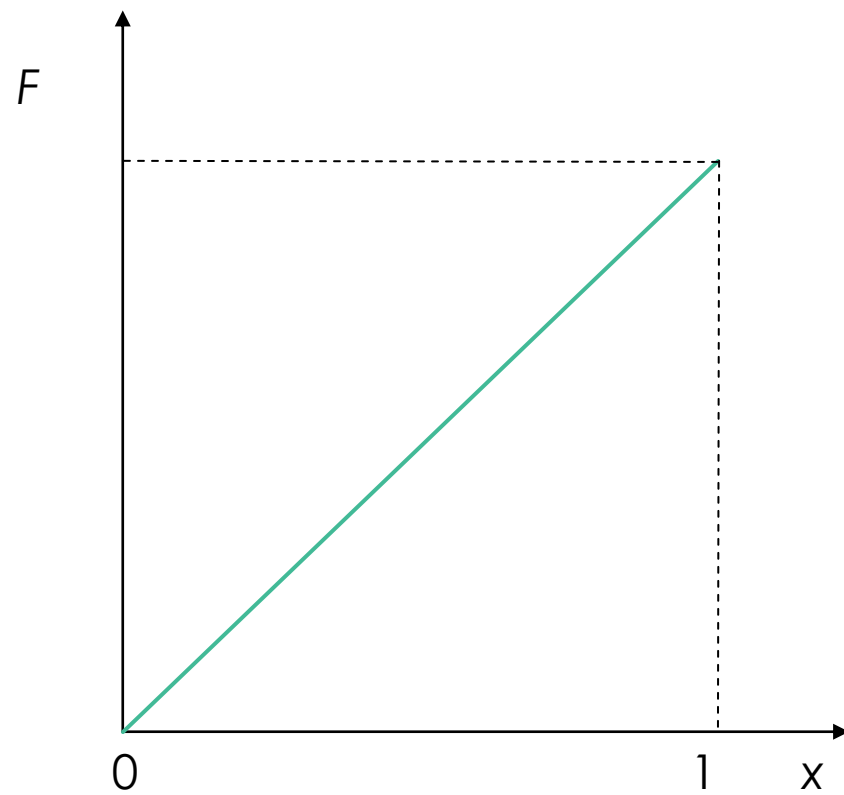
Válvulas de control

- Válvula: $F = C_v f(x) \sqrt{\frac{\Delta P_v}{\rho / \rho_w}}$
- Curva característica:
 - Lineal: $f(x) = x$
 - De apertura rápida: $f(x) = \sqrt{x}$
 - De igual porcentaje: $f(x) = \alpha^{x-1}$

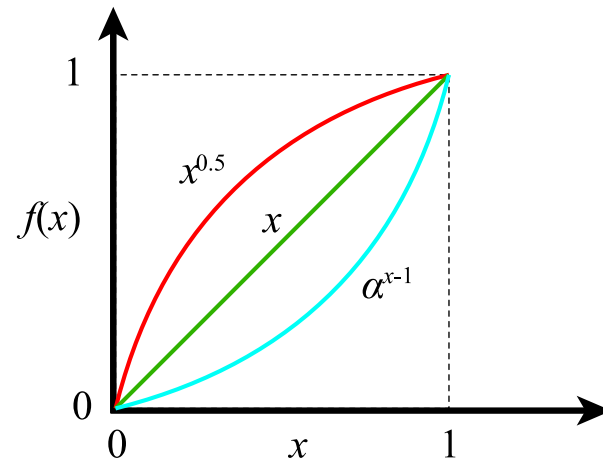
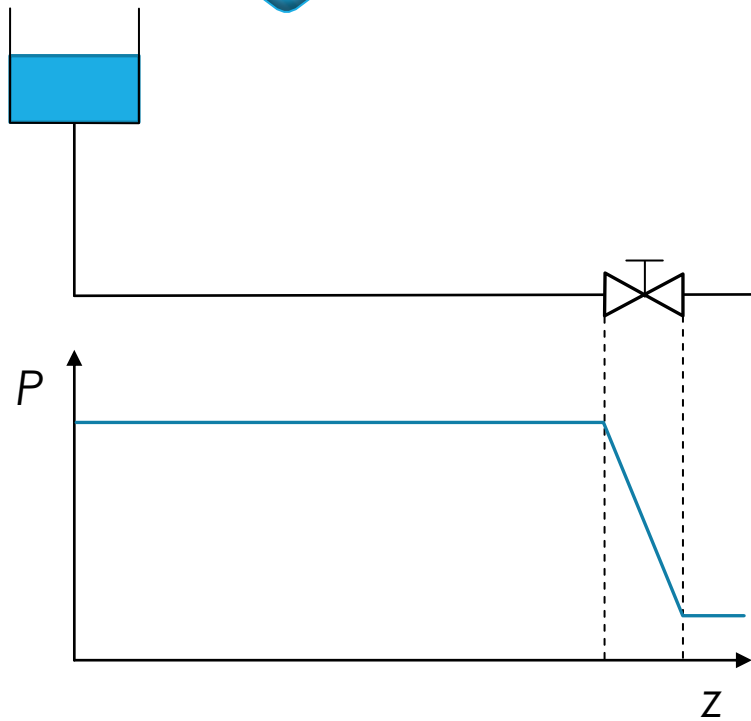
$x(+) \rightarrow F(+)$



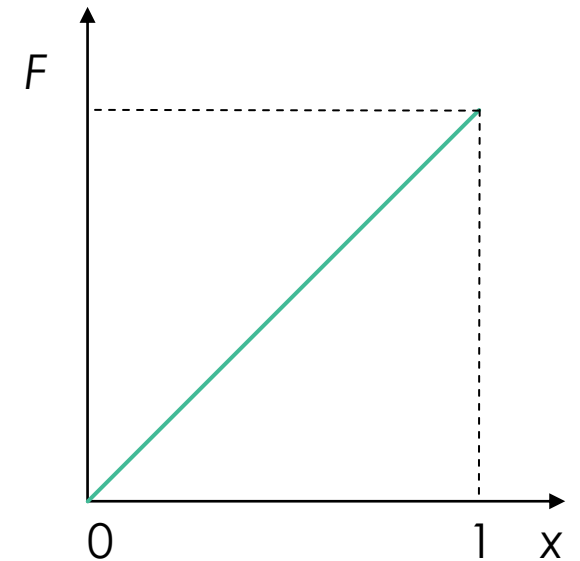
Curva real deseada



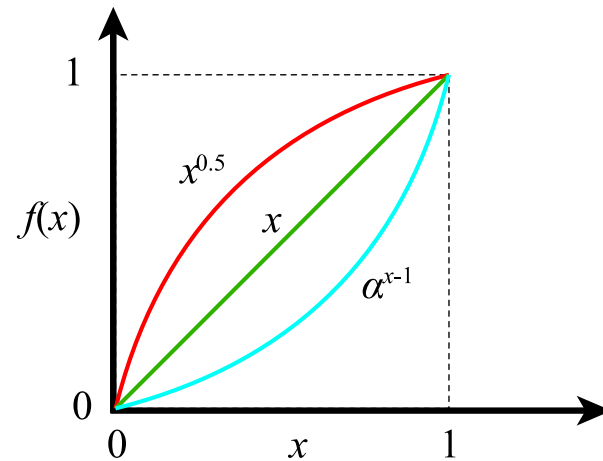
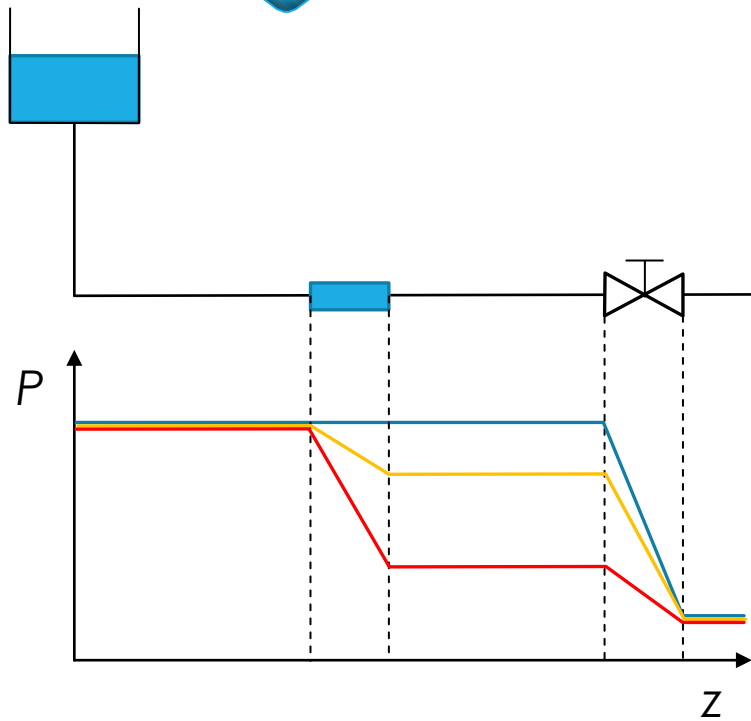
Caída de presión constante



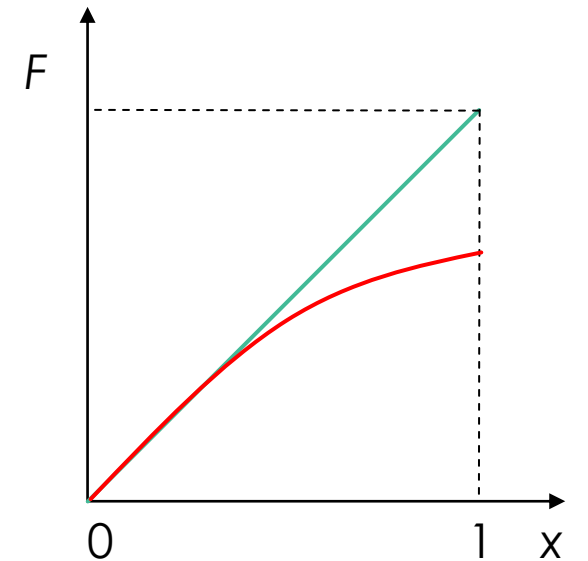
$$F = C_v x \sqrt{\frac{\Delta P_v}{\rho / \rho_w}}$$



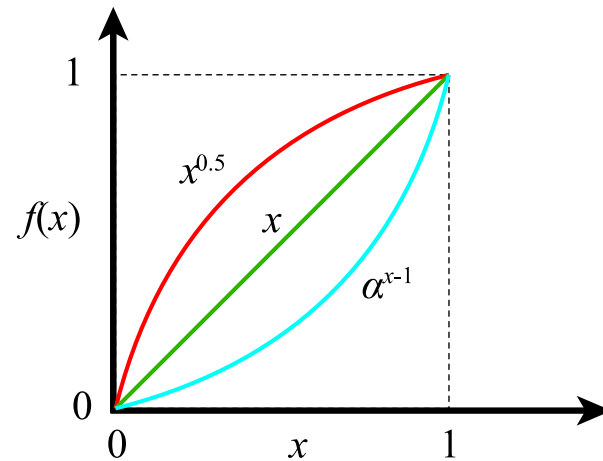
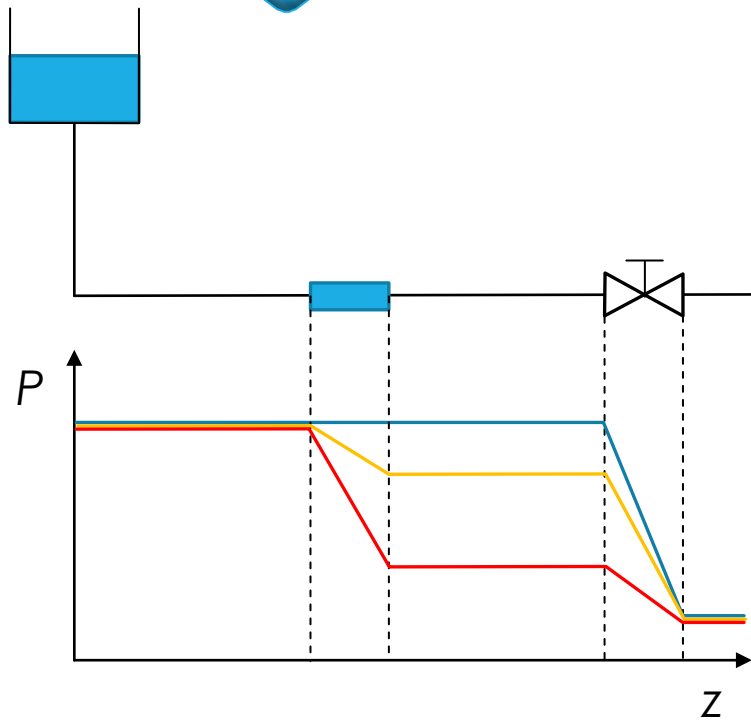
Caída de presión variable



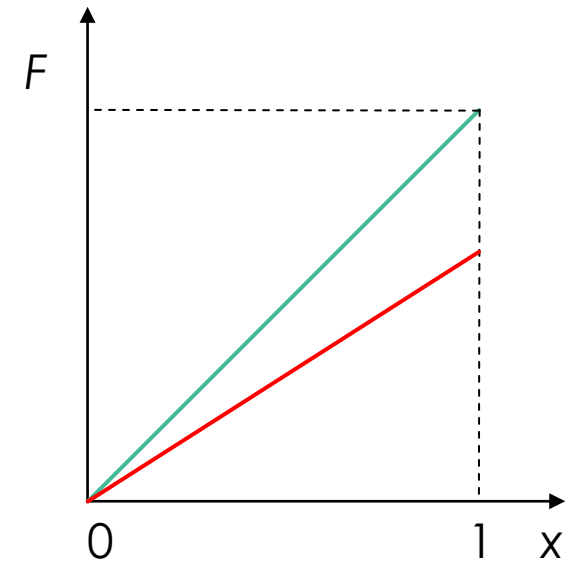
$$F = C_v x \sqrt{\frac{\Delta P_v}{\rho / \rho_w}}$$



Caída de presión variable



$$F = C_v \alpha^{x-1} \sqrt{\frac{\Delta P_v}{\rho / \rho_w}}$$



Modos de fallas de válvulas de control

- Modo de falla de una válvula:
 - Falla cerrada, NC, abre con señal:
 - Falla abierta, NA, cierra con señal:

$$Ac(+) \rightarrow x(+)$$

$$x = \begin{cases} 0 & Ac < 0 \\ 1 & Ac > 1 \\ Ac & \text{en otro caso} \end{cases}$$
$$x = \begin{cases} 1 & Ac < 0 \\ 0 & Ac > 1 \\ 1 - Ac & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Selección de acción en modo servo

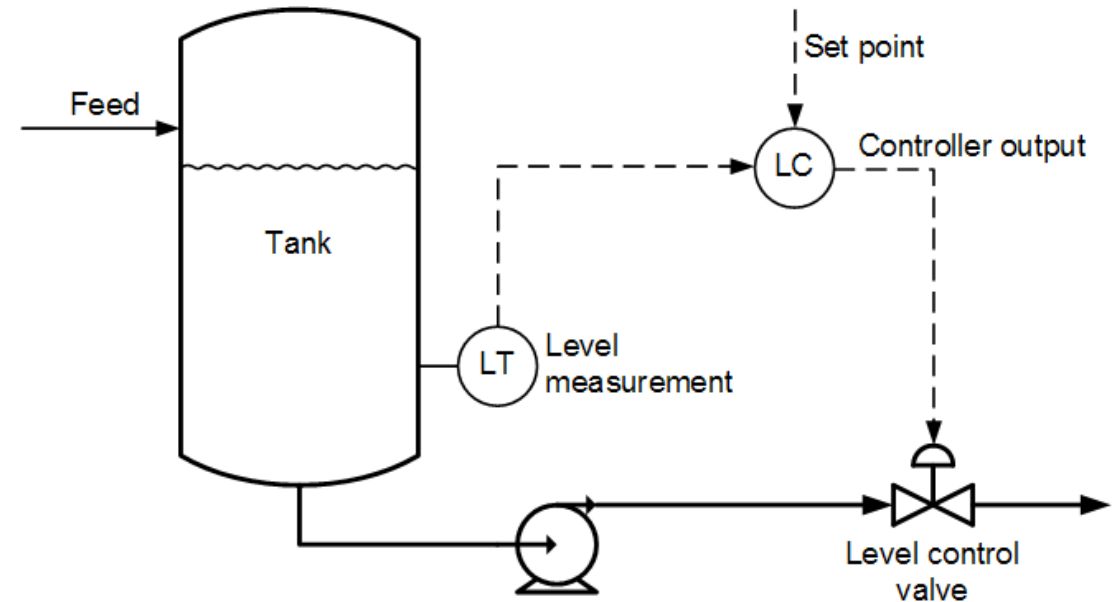
1. Proponer tipo de acción y tipo de válvula.
2. Suponer un aumento del *set point* $y_s(+)$.
3. Propagar cualitativamente ese aumento a través de e , A_c , x e y .
4. Si $y(+)$, aceptar la acción.

Selección de acción en modo regulador

1. Proponer tipo de acción y tipo de válvula.
2. Suponer un aumento $y(+)$.
3. Propagar cualitativamente ese aumento a través de e , A_c , x e y .
4. Si $y(-)$, aceptar la acción.

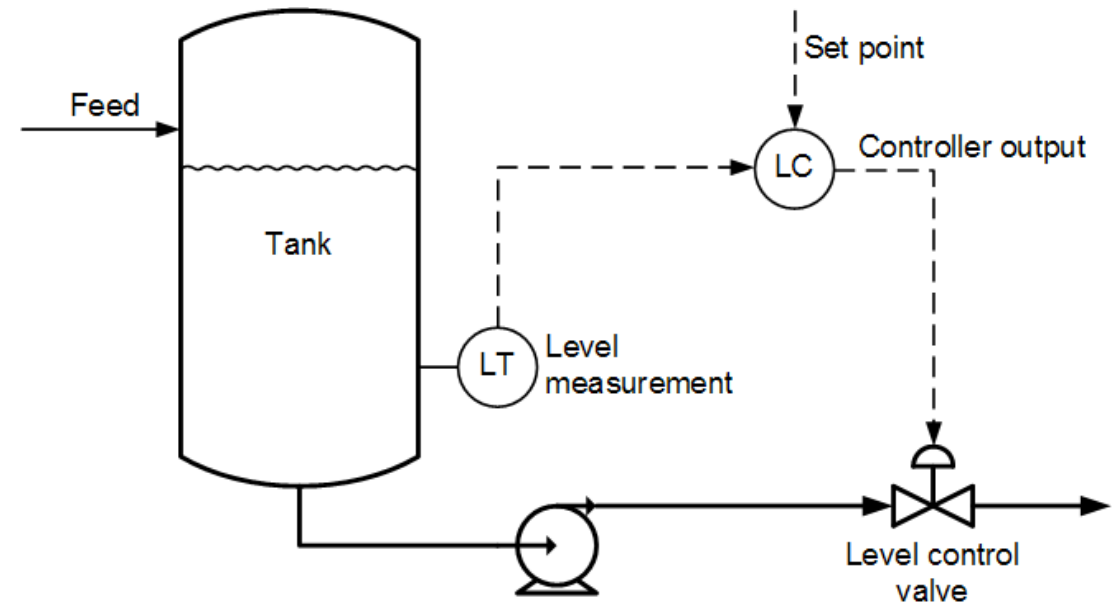
Selección de acción en modo servo

1. Acción directa y válvula NC
2. *Set point* $y_s(+)$
3. $y_s(+)$ \rightarrow $e(-)$ \rightarrow $A_c(-)$ \rightarrow $x(-)$ \rightarrow $y(+)$
4. Si $y(+)$, aceptar la acción.



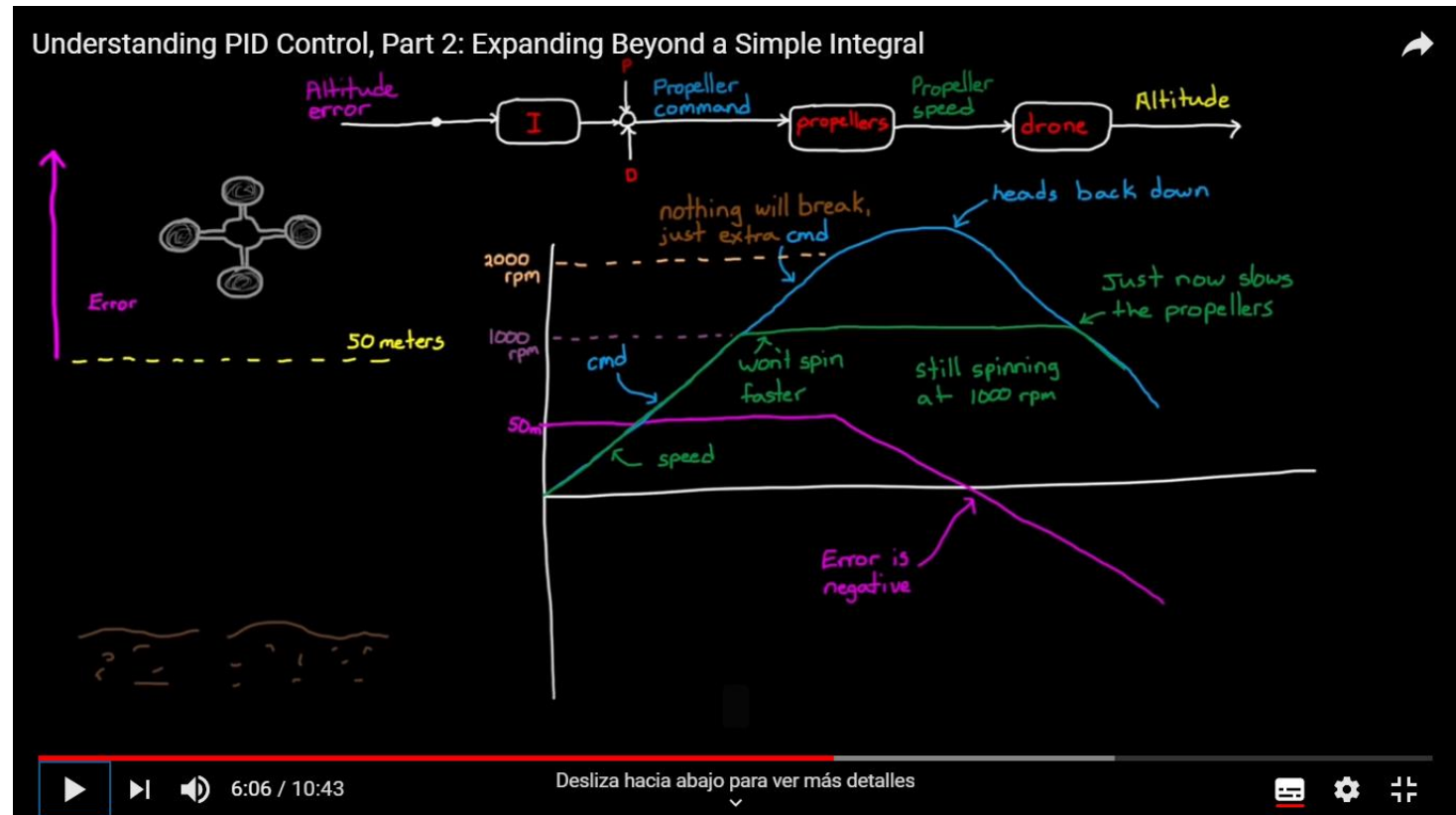
Selección de acción en modo regulador

1. Acción directa y válvula NC
2. $y(+)$
3. $y(+)$ \rightarrow $e(+)$ \rightarrow $A_c(+)$ \rightarrow $x(+)$ \rightarrow $y(-)$
4. Si $y(-)$, aceptar la acción.



Control PID

- Acción de cada efecto
- Windup



Control PID

Auto

Manipulada	Controlada	Control
Vel. del acelerador	Velocidad	P
Vel. del acelerador	Posición	PD
Vel. del acelerador	Posición cambiante	PID

General

$G(s)$	Control
K	PI
K/s	P
K/s^2	PD

Ver video [Simple examples of PID control](#)