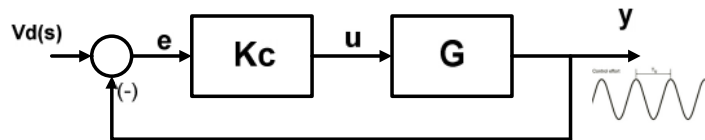


CONTROL DE PROCESOS – FACET – UNT
TEMA 4 – Nota Auxiliar A
MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID

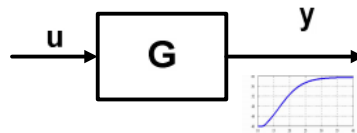
Métodos de sintonización de controladores PID

Sintonizar un controlador PID significa establecer el valor que deben tener los parámetros de Ganancia (Banda Proporcional), Tiempo Integral (Reset) y Tiempo derivativo (Rate), para que el sistema responda en una forma adecuada. La primera etapa de todo procedimiento de sintonización consiste en obtener la información estática y dinámica del lazo. Existen diversos métodos para ajustar los parámetros de controladores PID, pero todos caen dentro de dos tipos:

- **Métodos en Lazo Cerrado:** la información de las características del lazo se obtienen a partir de un test realizado en lazo cerrado, usualmente con un consolador con acción proporcional pura.



- **Métodos en Lazo Abierto:** la características estáticas y dinámicas de la planta (Elemento Final de Control + Proceso + Transmisor) se obtienen de un ensayo en lazo abierto, generalmente la respuesta a un escalón (Curva de Respuesta).

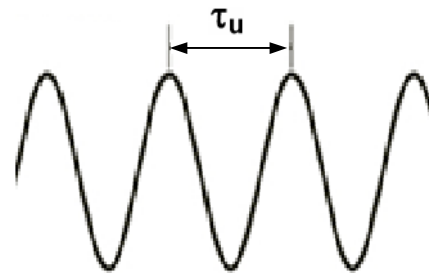


Método de Ziegler y Nichols en Lazo Cerrado o de la Oscilaciones sostenidas.

El Método consiste en obtener la respuesta de la señal medida a una perturbación (por ejemplo un pulso en el set point) con controlador proporcional.

Se observa la respuesta y si es amortiguada, se incrementa la ganancia hasta lograr Oscilaciones Sostenidas (oscilación con amplitud constante).

La ganancia del controlador (proporcional) en este caso se denomina “**Ganancia Última**” y se nota **Kcu** y el período de la oscilación se llama “**Período Último**” τ_u .



Los valores recomendados de sintonización son:

CONTROLADOR	K_c	T_I	T_D
P	$K_{cu}/2$		0
PI	$K_{cu}/2.2$	$\tau_u/1.2$	0
PID	$K_{cu}/1.7$	$\tau_u/2$	$\tau_u/8$

CONTROL DE PROCESOS – FACET – UNT
TEMA 4 – Nota Auxiliar A
MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID

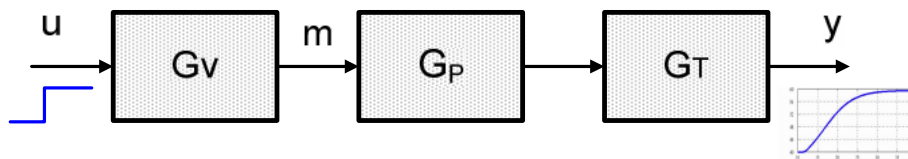
Método de Tyreus y Luyben en Lazo Cerrado.

Este método, como el anterior, evalúa los parámetros del controlador a partir de la Ganancia Última K_{cu} y el **Período Último** τ_u . Propone ajustes más relajados que el de Ziegler y Nichols y se aplica fundamentalmente a plantas que poseen un integrador. Los valores recomendados de sintonización son:

CONTROLADOR	K_c	T_I	T_D
PI	$K_{cu}/3.2$	$\tau_u/0.45$	0
PID	$K_{cu}/2.2$	$\tau_u/0.45$	$\tau_u/6.3$

Método de Ziegler y Nichols en Lazo Abierto o de la Curva de respuesta.

Por ser un método en lazo abierto, primero se realiza un ensayo en lazo abierto, introduciendo un escalón en la señal de control (salida del controlador que actúa sobre el elemento final de control) y se registra el transitorio de la variable medida o controlada (Curva de Respuesta).



Aplicando el Método del Punto de inflexión, se obtiene una caracterización simplificada de la planta a controlar como una capacidad de primer orden más un tiempo muerto:

$$G(s) = G_v(s)G_p(s)G_T(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{s + 1}$$

El ajuste del controlador se hace según:

CONTROLADOR	K_c	T_I	T_D
P	$\frac{1}{K} \left(\frac{\tau}{L} \right)$		0
PI	$\frac{0.9}{K} \left(\frac{\tau}{L} \right)$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$\frac{1.2}{K} \left(\frac{\tau}{L} \right)$	$\frac{L}{0.5}$	$\frac{L}{2}$

Esto es válido para relaciones L/τ menores que 1.

Método en Lazo Abierto de Cohen y Coon.

Se emplea el mismo test que el método anterior. La sugerencia para los parámetros tiene en cuenta el grado de autorregulación de la planta, medurado por la relación R:

CONTROL DE PROCESOS – FACET – UNT
TEMA 4 – Nota Auxiliar A
MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID

$$R = \frac{L}{\tau}$$

CONTROLADOR	K_c	T_I	T_D
P	$\frac{1}{KR} \left[1 + \frac{1}{3} R \right]$		0
PI	$\frac{1}{KR} \left[0.9 + \frac{1}{12} R \right]$	$L \left[\frac{30 + 3R}{9 + 20R} \right]$	0
PD	$\frac{1}{KR} \left[\frac{5}{4} + \frac{1}{6} R \right]$		$L \left[\frac{6 - 2R}{22 + 3R} \right]$
PID	$\frac{1}{KR} \left[\frac{4}{3} + \frac{1}{4} R \right]$	$L \left[\frac{32 + 6R}{13 + 8R} \right]$	$L \left[\frac{4}{11 + 2R} \right]$

Controlador PID 'paralelo'

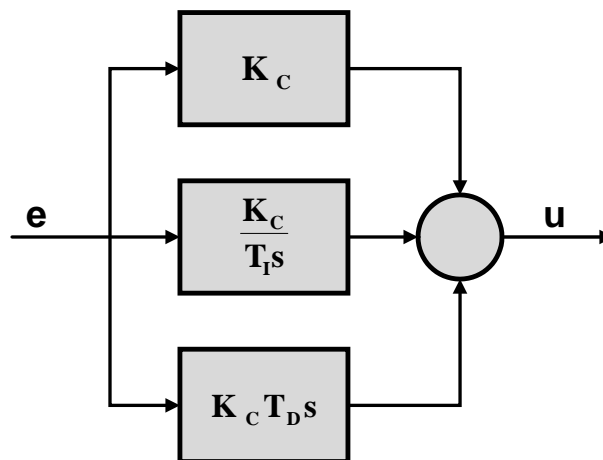
Los controladores PID ideales están caracterizados por tener una función temporal que liga la señal de control $u(t)$ con el error de la forma:

$$u(t) = u(0) + K_C e(t) + \frac{K_C}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_C T_D \frac{de(t)}{dt}$$

dando origen a la función de transferencia:

$$G_c(s) = K_C \left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right)$$

Este tipo de controlador se conoce como controlador PID ideal, ya que corresponde a una función de transferencia de un sistema no-causal, y por lo consiguiente, no puede ser construido con elementos de la vida real (físicamente irrealizable). Empleando diagrama en bloques, la relación entre error y señal de control se puede describir:



CONTROL DE PROCESOS – FACET – UNT
TEMA 4 – Nota Auxiliar A
MÉTODOS DE SINTONIZACIÓN DE CONTROLADORES PID

quedando en evidencia que los efectos proporcional, integral y derivativos se aplican en forma paralela. Es por esta razón que a este tipo de controladores se los denomina PID tipo paralelo o PID no interactivo (ya que las acciones no interactúan entre sí).

Los controladores PID-Paralelo que ofrecen las firmas comerciales habitualmente tienen la función de transferencia:

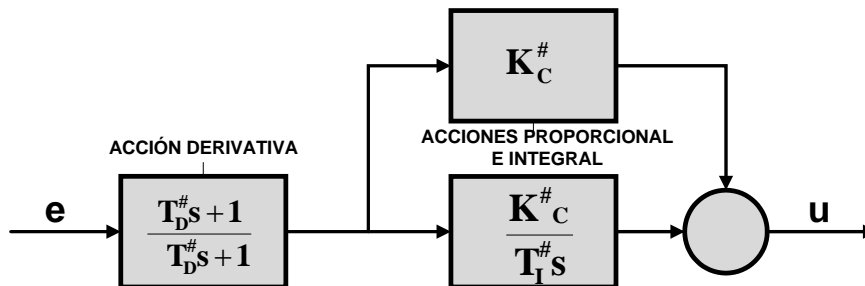
$$G_C(s) = K_C \left(1 + \frac{1}{T_I s} + \frac{T_D s}{\alpha T_D s + 1} \right)$$

que corresponden a sistemas causales. Los fabricantes asignan al coeficiente α valores entre 0.05 y 0.1 (y generalmente fijo).

Con todo, debe tenerse presente que este algoritmo es el que se usa casi siempre en los textos de control automático para explicar la combinación de las tres acciones de control, aunque muchos de los controladores comerciales tienen algoritmos PID interactivo que se presenta a continuación.

Controlador PID 'serie'

En los controladores PID 'serie' o 'interactivos', la acción derivativa se aplica primero y luego las acciones proporcional e integral siguiendo el esquema del diagrama en bloques



que conduce a una función de transferencia

$$G_C(s) = K_C^# \left(\frac{T_I^# s + 1}{T_I^# s} \right) \left(\frac{T_D^# s + 1}{\alpha T_D^# s + 1} \right)$$

Se usó el signo # para denotar que corresponden a ganancia, tiempo integral y tiempo derivativo, pero no en el sentido tradicional (algoritmo paralelo), sino de esta particular configuración. Como en el caso anterior, α es una constante que varía según el fabricante, pero que está comprendida entre 0.05 y 0.1.

Debe aclararse que la respuesta con ambos tipos de controladores dan respuestas similares.