

# Laboratorio de Control Analógico.

## Practica 12.

### Respuesta de Sistemas Controlados.

#### Objetivo.

Hacer uso de los comandos de MatLab y Simulink para analizar sistemas con diferentes tipos de acciones de control.

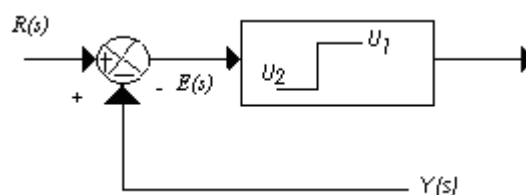
#### Introducción.

Las acciones de controles automáticos se pueden clasificar básicamente en:

- Controlador on-off.
- Controlador proporcional (P).
- Controlador integral (I).
- Controlador proporcional - integral (PI).
- Controlador proporcional - derivativo (PD).
- Controlador proporcional - integral - derivativo (PID).

#### Control On – Off.

Conecta o desconecta la entrada de la planta de acuerdo con el error actuante.



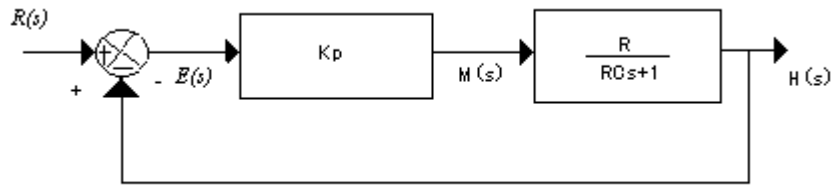
**Figura 12. 1.** Esquema de control On - Off.

El comportamiento de este control queda descrito por:

$$m(t) = \begin{cases} U_1 & \text{para } e(t) > 0 \\ U_2 & \text{para } e(t) < 0 \end{cases}$$

#### Control Proporcional

El control proporcional esencialmente es un amplificador con ganancia ajustable y su diagrama.

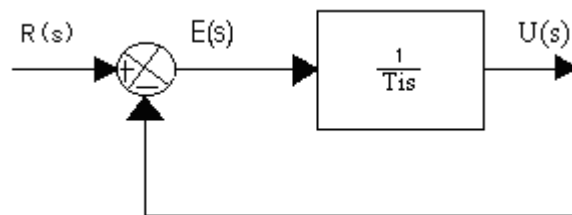


**Figura 12. 2.** Sistema de control de líquido en lazo cerrado con control P.  
 $K_p$  Ganancia proporcional.

Para esta acción de control siempre existe un error en estado estacionario.

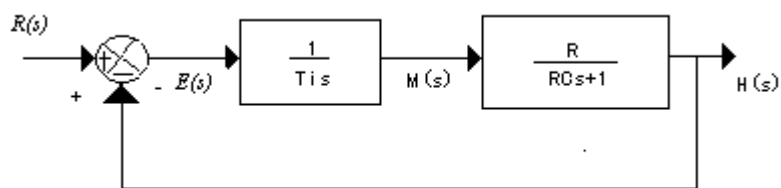
Control Integral.

En función de transferencia.



**Figura 12. 3.** Esquema de Control Integral.  
 $T_i$  es la constante de tiempo Integral

Ejemplo.- Para el sistema de nivel de líquido.



**Figura 12. 4.** Sistema de nivel de líquido con acción integral.

Control Proporcional Integral.

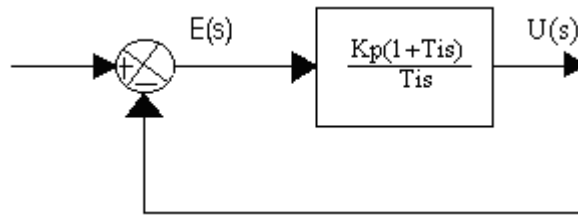


Figura 12. 5. Diagrama del control proporcional integral.

donde  $1/T_i$  recibe el nombre de frecuencia de reposición y es la cantidad de veces que se repite la acción proporcional por minuto.

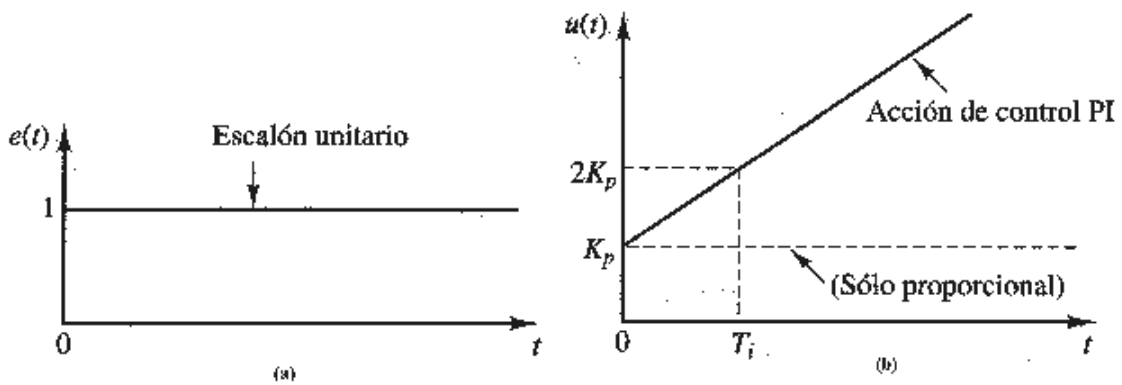


Figura 12. 6. Curvas del control PI.

a) Entrada Escalón unitario; b) Acción del control PI-ante un escalón unitario.

Control Proporcional Derivativo.

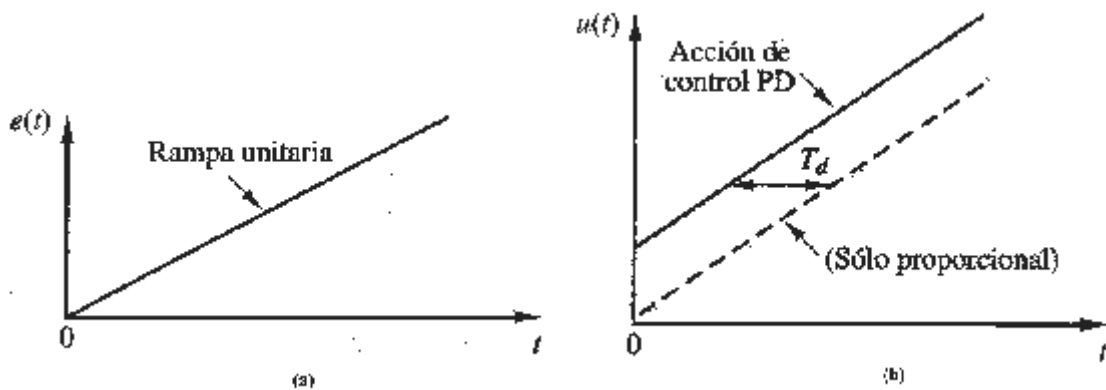
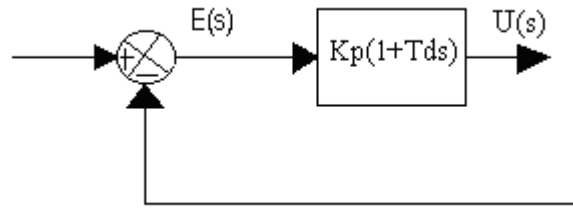


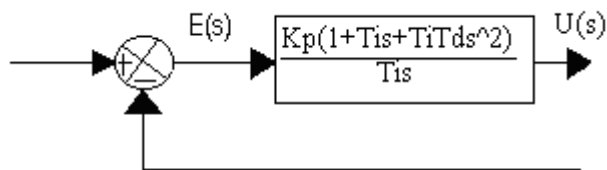
Figura 12. 7. Curvas del control PI.

a) Entrada rampa unitaria b) Acción del control PD ante una entrada rampa unitaria.  $K_p$  es la ganancia proporcional y  $T_d$  es una constante denominada tiempo derivativo.



**Figura 12. 8.** Diagrama de control PD.

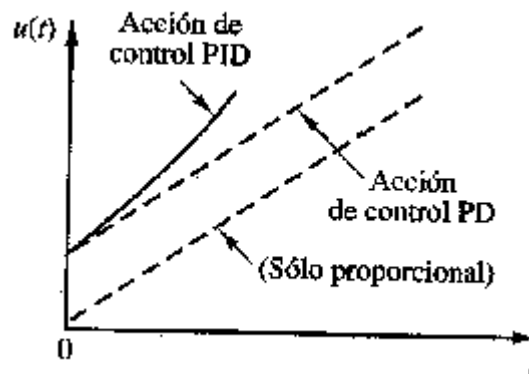
### Control Proporcional Integral Derivativo.



**Figura 12. 9.** Diagrama del control PID.

- $K_p$  es la ganancia proporcional
- $T_i$  es el tiempo integral
- $T_d$  es el tiempo derivativo.

El PID tiene ventajas con respecto a las tres acciones de control anteriores; si no se eligen adecuadamente sus parámetros  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  puede empeorar el comportamiento del sistema.



**Figura 12. 10.** Respuesta PID ante una rampa unitaria.

### Consejos para aplicar los diferentes tipos de control.

1. Obtener la respuesta de lazo abierto y determine los parámetros que deben ser mejorados.
2. Añada un control proporcional para mejorar el tiempo de subida.

3. Añada un control derivativo para mejorar el sobre-impulso.
4. Añada un control integral para eliminar el error de régimen permanente.
5. Ajuste los valores de  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  para obtener la respuesta deseada.
6. Recuerde que el control debe ser lo mas sencillo posible. Si no es necesario, no se tienen porque implantar los 3 controles (proporcional, derivativo e integral) en un único sistema. Por ejemplo si un control PI proporciona un respuesta satisfactoria, entonces no es necesario implantar.

### Desarrollo.

1.- Investigue como se utiliza el comando *feedback*.

2.- Para el sistema ilustrado en la Figura 12. 11.

- a) Obtener su respuesta en lazo abierto para una entrada escalón de amplitud  $0.25$ , y tiempo de simulación de  $25\text{seg}$  utilizando comandos en la ventana de comandos de matlab.

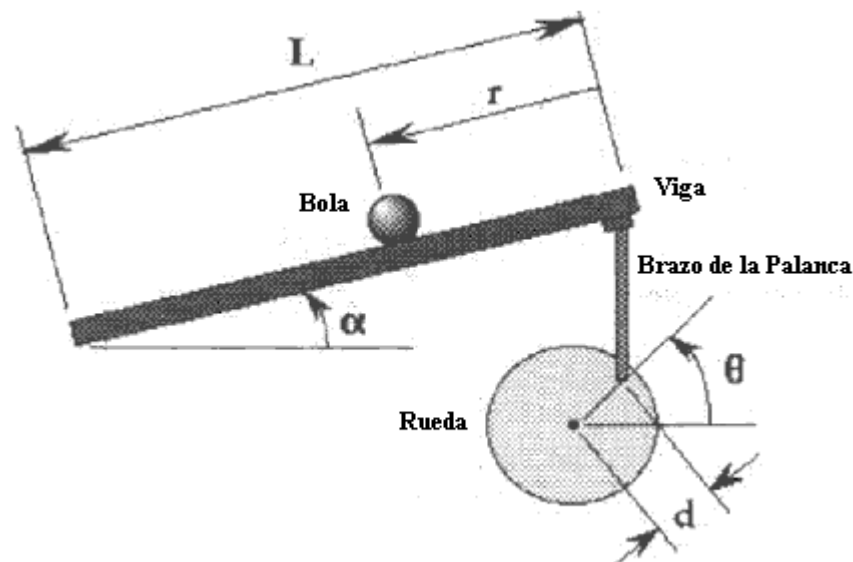


Figura 12. 11. Sistema.

Cuya dinámica está dada por:

$$\frac{R(s)}{T(s)} = \frac{0.21}{s^2}$$

- b) Compruebe su resultado utilizando *simulink*.
- c) ¿Es necesario el uso de algún tipo de control para cumplir los requerimientos?

Requerimientos:

- Tiempo de establecimiento menor a 3seg.
- Sobrepasso máximo menor que 5%.

- d) Si es necesario, ¿que tipo de control es necesario aplicar? y ¿porque?

### 3.- Respuesta del sistema en lazo cerrado.

- a) Utilizando el comando *feedback*, obtenga la respuesta del sistema en lazo cerrado, a la misma entrada escalón descrita en el Paso 2.
- b) Compruebe la respuesta resultante en este paso, realizando el mismo paso en *simulink*.

### 4.- Sistema controlado.

Conociendo los requerimientos del sistema, la respuesta en lazo abierto y la respuesta en lazo cerrado del sistema de la Figura 12. 11.

- a) Elija el tipo de control que es necesario en el sistema para cumplir con lo solicitado.
- b) Utilizando Simulink, intente ajustar la ganancia o tiempos (según el control seleccionado) para que el sistema cumpla con lo solicitado.
- c) ¿Qué tan difícil le resultó el ajuste? ¿llegó al resultado esperado?
- d) Presente la respuesta obtenida.

### 5.- Método de Ziegler y Nichols.

- a) Utilizando el método de Ziegler y Nichols obtenga la ganancia y el tiempo.
- b) Utilizando estos últimos valores obtenidos, obtenga la respuesta del sistema.

- c) Compare la mejor respuesta obtenida en el Paso 4 con la obtenida en este y presente las conclusiones de esta comparación.

**Reportar.**

- Las respuestas del sistema obtenidas en cada uno de los pasos y el código o el esquema en simulink que utilizo para obtener tal respuesta.
- La respuesta a cada una de las preguntas formuladas en la práctica.
- Notas Personales.
- Conclusiones.