

# Práctica 5: Discretización controladores PID analógicos-Planta

## 5.1. Objetivos

### 5.1.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño de controladores PID en tiempos continuo y discreto bajo condiciones reales de operación donde no se dispone de la función de transferencia del sistema, con el propósito de analizar el efecto de la correcta selección del tiempo de muestreo en un sistema de control.

### 5.1.2. Objetivos específicos

- Sintonizar controladores PID basados en mediciones e interacciones en condiciones reales.
- Discretizar un controlador PID seleccionando el tiempo de muestreo y utilizando diferentes configuraciones, para optimizar el desempeño del sistema discreto.

## 5.2. Especificaciones del experimento

Esta práctica lo pondrá a usted en la situación de tener un sistema de adquisición de datos sobre un sistema de control donde usted tendrá la posibilidad de sintonizar y configurar los controladores PID continuo y discreto más adecuados para el sistema. No se conocen la función de transferencia de la planta ni los parámetros de los controladores PID continuo y discreto conectados a la misma. Sin embargo, se dispone de mediciones de las señales de entrada, de control y salida del sistema. Así mismo se puede ingresar directamente los parámetros de control del sistema, tales como el tiempo de ejecución, y las constantes  $K$ ,  $T_i$  y  $T_d$ . Esta situación se asemeja a muchas configuraciones que se encuentran en procesos reales donde los controladores PID ya vienen configurados y el ingeniero solo debe manipular los valores de sus constantes.



Figura 5.1: Controladores PID "stand alone"

### 5.3. Procedimiento

Cree un script en MATLAB<sup>®</sup> y coloque su nombre al inicio del mismo. Recuerde utilizar el símbolo % para comentar las líneas de código que considere necesarias y utilizar %% para separar secciones de código. Escriba en dicho script los comandos necesarios para cumplir el procedimiento detallado a continuación. Presente sus resultados en el *formato* proporcionado en el **blog** del curso. Recuerde utilizar el comando **help** para obtener ayuda y ejemplos de los comandos que requiera.

1. Descomprima y descargue los archivos publicados de la práctica. Ubíquelos en un directorio de trabajo y haga que este sea el path de ejecución de MATLAB.
2. Ejecute el archivo Panel1\_0.p (escriba Panel1\_0 en el command window)
3. Se abrirá una interfaz gráfica de usuario que representa las opciones disponibles en una planta real donde se desconoce su función de transferencia. Ver Figura 5.2.

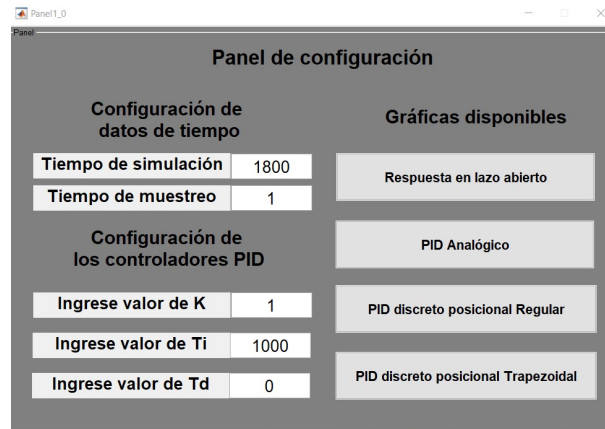


Figura 5.2: Interfase gráfica de usuario de la planta

4. Manipule la interfaz de usuario, para graficar la respuesta al escalón en lazo abierto considerando un tiempo de corrida de 3000 segundos. Para esto manipule el valor del tiempo y active el botón “Graficar respuesta de lazo abierto”. En ese instante en el workspace se grabará una variable denominada “Respuesta.LA” que contiene los datos medidos para todos los instantes de tiempo distribuidos en sus columnas según se detalla en la Tabla 5.1.

Columna	1	2	3
	Tiempo	Entrada	Salida

Tabla 5.1: Distribución de datos en variable de lazo abierto

5. Con los datos exportados al “workspace”, muestre una gráfica de tiempo de la entrada y salida del sistema. Configure la gráfica para que se muestre como indica la figura 5.3
6. Considerando el cambio en la entrada que ocurre a 1500 segundos, estime la constante de tiempo  $\tau$  del sistema. *Ayuda: Recuerde que asumiendo un comportamiento de primer orden, se puede estimar la constante de tiempo de un sistema midiendo cuánto tiempo le toma llegar al 63% del valor recorrido entre dos estados estables.*

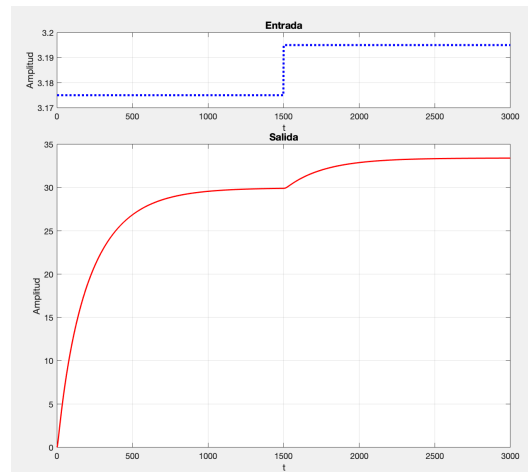


Figura 5.3: Respuesta en lazo abierto

7. Considerando que el inverso de la constante de tiempo es un estimado preliminar del ancho de banda del sistema ( $\omega_b \approx 1/\tau$ ) y usando el teorema del muestreo ( $\omega_s > 2\omega_b$ ), seleccione un tiempo de muestreo adecuado. *Nota: En la práctica se recomienda que la frecuencia de muestreo sea entre 10 y 100 veces mayor al límite impuesto por el teorema del muestreo.*
8. Ahora se configurará el controlador PID continuo. Para esto se deben ingresar los valores de las constantes  $K$ ,  $T_i$  y  $T_d$  en la interfaz gráfica mostrada en la Figura 5.2, luego de lo cual se debe presionar el botón “PID analógico”. En ese instante, en el workspace se grabará una variable denominada “Respuesta\_PID” que contiene los datos medidos para todos los instantes de tiempo distribuidos en sus columnas según se detalla en la Tabla 5.2.

Columna	1	2	3	4
	Tiempo	Entrada	Salida	Señal control

Tabla 5.2: Distribución de datos para sistemas con control PID

9. Sintonee el controlador PID continuo, para esto seleccione los valores de las constantes  $K$ ,  $T_i$  y  $T_d$  de tal manera que el tiempo de estabilización  $T_s$  sea menor que 200 seg. y el sobrenivel porcentual  $\%OS$  no exceda el 30%. *Ayuda: inicie solo con control proporcional ( $T_i$  alto y  $T_d$  bajo). Pruebe diferentes valores de la constante proporcional hasta que desaparezcan las oscilaciones. Si hay error estacionario aumente el efecto integral (disminuya  $T_i$ ) y si el sistema es muy lento aumente el efecto derivativo ( $T_d$ ). Muestre un gráfico donde se evidencie el resultado del controlador según lo requerido.*
10. Ahora configure el controlador PID discreto en forma posicional con integradores regulares. Se utilizarán los mismos valores de las constantes  $K$ ,  $T_i$  y  $T_d$  que en el caso continuo, y se debe ingresar el tiempo de muestreo obtenido anteriormente. Para obtener el resultado, se debe presionar el botón “PID discreto posicional regular” en la interfaz gráfica mostrada en la Figura 5.2. En ese instante, en el workspace se grabará una variable denominada “Respuesta\_PID\_regular” que contiene los datos medidos para todos los instantes de tiempo distribuidos en sus columnas según se detalla en la Tabla 5.2.

11. Finalmente, configure el controlador PID discreto en forma posicional con integradores trapezoidales. Se utilizarán los mismos valores de las constantes  $K$ ,  $T_i$  y  $T_d$  que en el caso continuo, y se debe ingresar el tiempo de muestreo obtenido anteriormente. Para obtener el resultado, se debe presionar el botón “PID discreto posicional trapezoidal” en la interfaz gráfica mostrada en la Figura 5.2. En ese instante, en el workspace se grabará una variable denominada “Respuesta\_PID\_trapezoidal” que contiene los datos medidos para todos los instantes de tiempo distribuidos en sus columnas según se detalla en la Tabla 5.2.
12. Obtenga las figuras y gráficas solicitadas a continuación, y comente los resultados obtenidos en cada caso. Las gráficas deben incluir títulos, cuadrículas, nombre a los ejes y leyendas; **todas** las gráficas se realizan en función del tiempo.
  - a) Figura 1: Entrada y salida del sistema en lazo abierto como se detalló en la Figura 5.3.
  - b) Figura 2: Sistema con Control PID continuo. Cree una sola figura con dos subgráficos. El primero debe ocupar un tercio del espacio y debe mostrar únicamente la señal de control. En el segundo subgráfico muestre la entrada y la salida del sistema. Puede ajustar los límites de los ejes para que se visualice mejor lo requerido, tome como referencia la gráfica mostrada en la figura 5.4

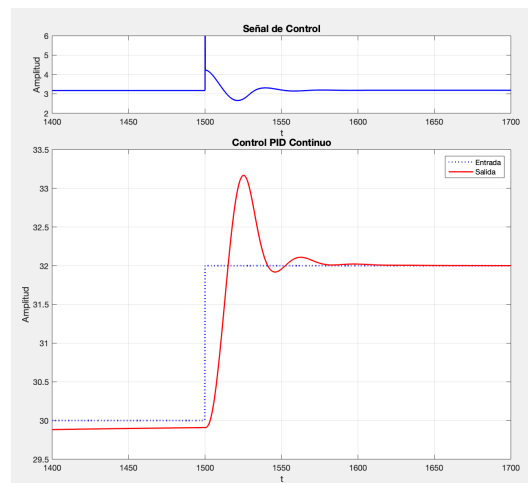


Figura 5.4: Respuesta para Sistema con controlador PID continuo

- c) Figura 3: Sistema con Control PID discreto regular. Cree una sola figura con dos subgráficos repitiendo las especificaciones indicadas en el ítem anterior. Ajuste si es necesario el tiempo de muestreo y justifique.
- d) Figura 4: Sistema con Control PID discreto trapezoidal. Cree una sola figura con dos subgráficos repitiendo las especificaciones indicadas en el ítem anterior. Utilice el mismo tiempo de muestreo empleado en el caso regular.
- e) Figura 5: Superposición de señales de salida del sistema bajo las condiciones trabajadas. Esto es, lazo abierto, PID continuo, PID discreto regular, PID discreto trapezoidal. Superponga también la señal de entrada. Comente sus resultados.

## 5.4. Conclusiones y Recomendaciones