

Sistemas de Control II

Trabajo práctico N°3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FCEFyN

- Profesor: Ing. Laboret, Sergio
- Alumno: Valdez Benavidez, Mauricio L.

DESARROLLO

Datos indicados para el desarrollo del trabajo práctico:

Polo1	Polo2	Ganancia	Tiempo2%
-2	2	10	4

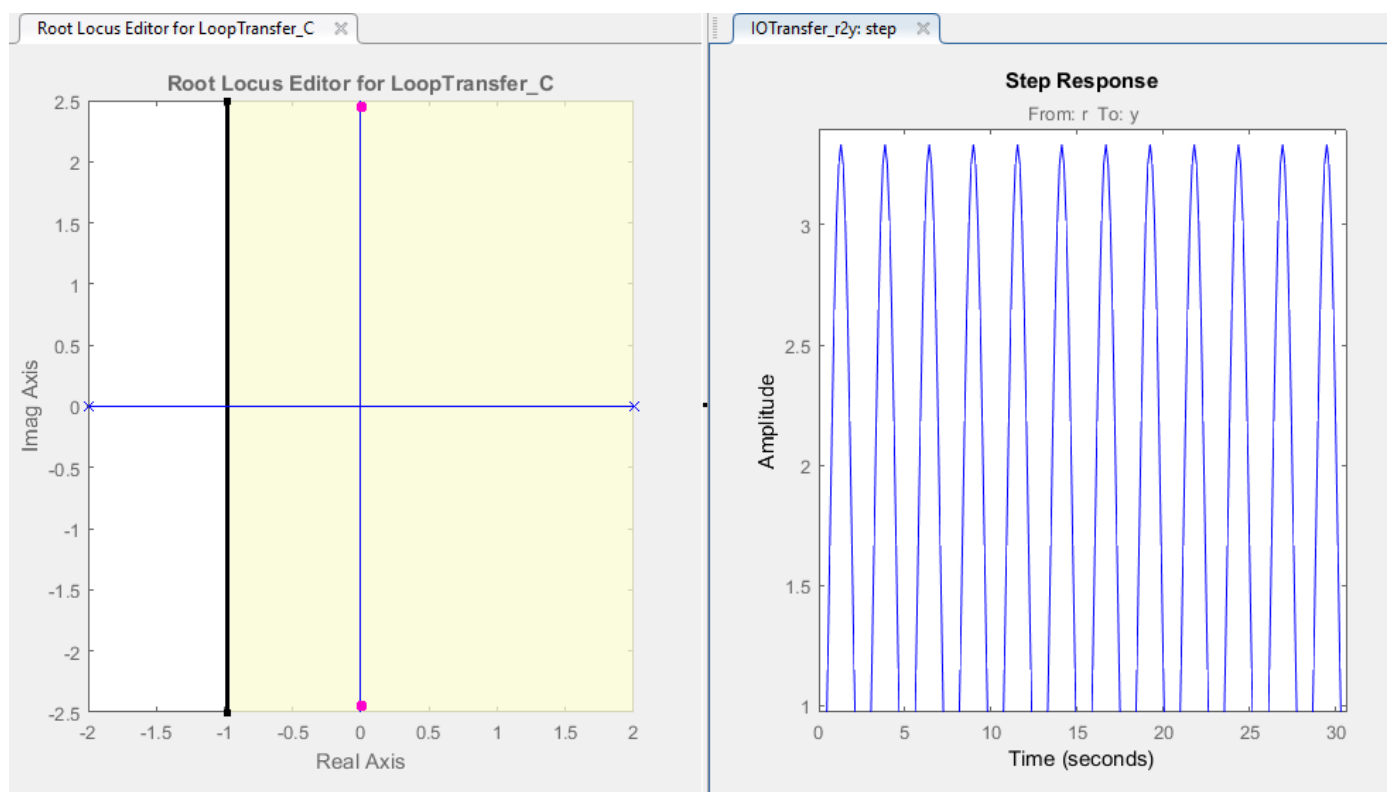
- Diseñar un controlador PID de tiempo continuo de la forma $C(s) = K_c(s - a)$ mediante SISOTOOL de Matlab de forma que el cero cancele el polo estable de la planta y ajustando la ganancia K_c para obtener el tiempo de establecimiento deseado.

Se procede a ejecutar el código y la herramienta sisotool, para obtener la función de transferencia y los gráficos a la respuesta

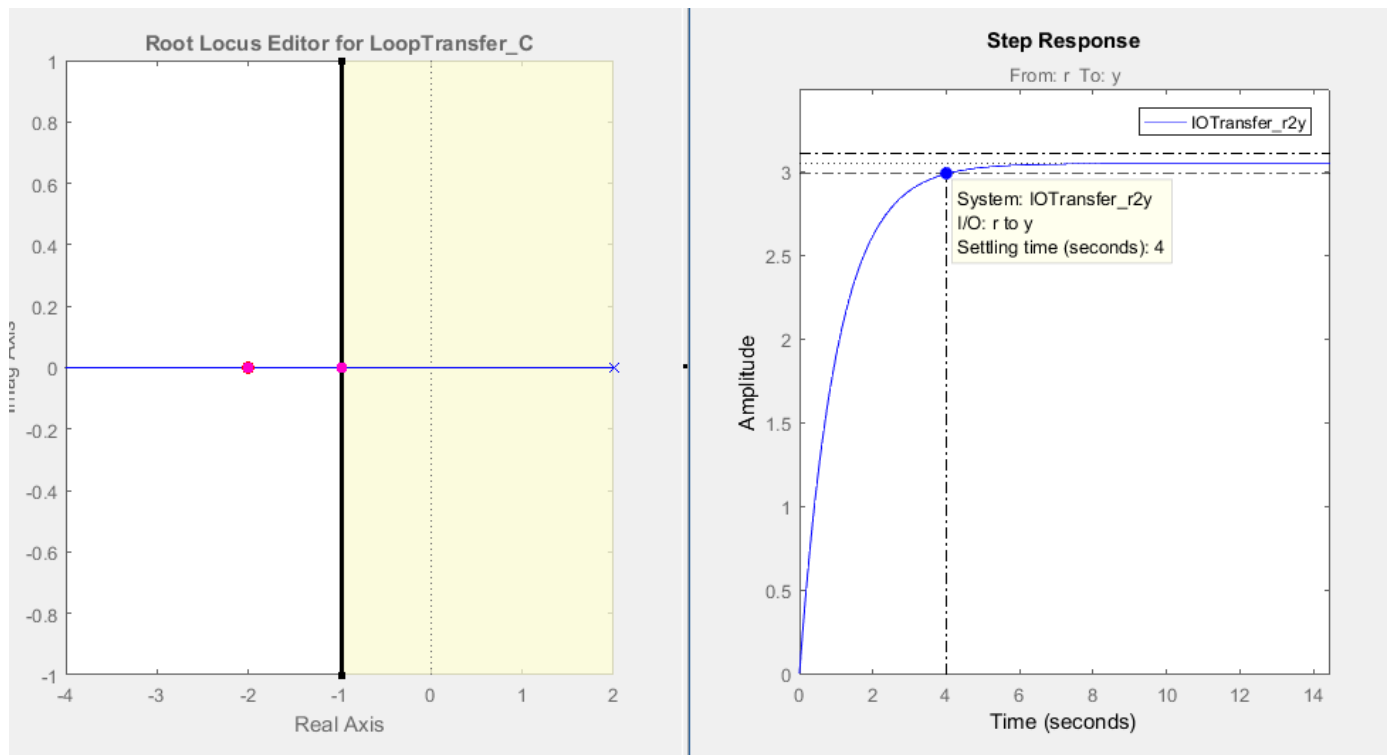
```
%%  
p1=2;  
p2=-2;  
K=10;  
G=zpk([], [p1 p2], K)  
sisotool(G)
```

$$G(s) = \frac{10}{(s - 2)(s + 2)}$$

Cuyos gráficos antes de agregar el controlador son



Luego se procede a configurar el requerimiento de tiempo de establecimiento para el 2% y se ajusta la ganancia, cancelando el polo estable, quedando las siguientes gráficas:



Compensator

C = 0.5956 $\times \frac{(1 + 0.5s)}{1}$

Pole/Zero Parameter

Type	Location	Damping	Frequency
Real Zero	-2	1	2

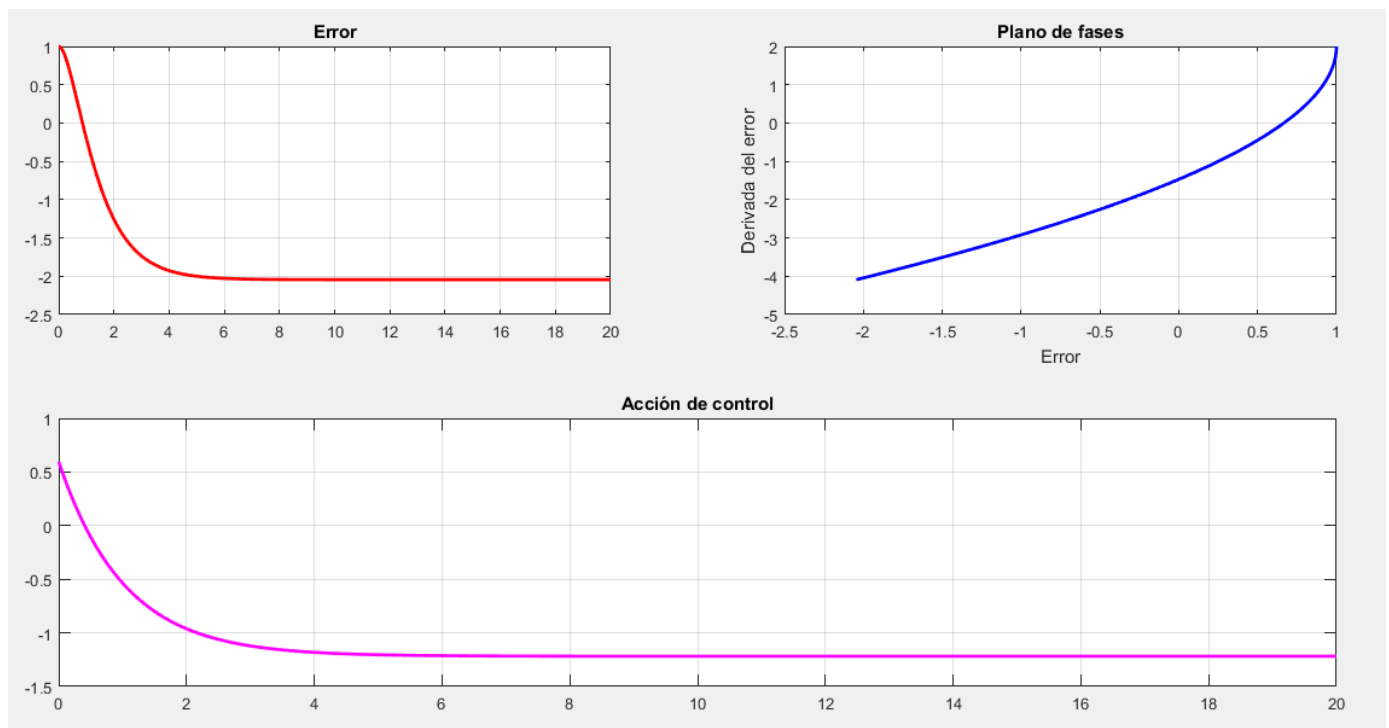
Edit Selected Dynamics

Location

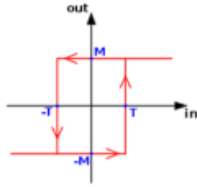
$$C(s) = 0.2978(s + 2)$$

- Simular en el diagrama adjunto cuya configuración se cambia con la variable lineal y mostrar el error, dibujar el plano de fases, la acción de control y determinar el error de régimen

```
Kc=0.2978 % ganancia
a=2 % cero del controlador con signo invertido
M=1 % ganancia rele
T=0.1 % histeresis
lineal=1 % simula control lineal
sim('bang_bang_hist_DI_PD')
figure(1)
subplot(2,2,1);plot(tout,yout(:,1),'r','LineWidth',2);grid on;hold on;
title('Error'); % error
subplot(2,2,2);plot(yout(:,1),yout(:,3),'b','LineWidth',2);grid on;
hold on; title('Plano de fases');
xlabel('Error');ylabel('Derivada del error');% plano de fases: eje x
error, eje y derivada del error
subplot(2,1,2);plot(tout,yout(:,2),'m','LineWidth',2);grid on; hold
on; title('Acción de control'); % señal de control
```



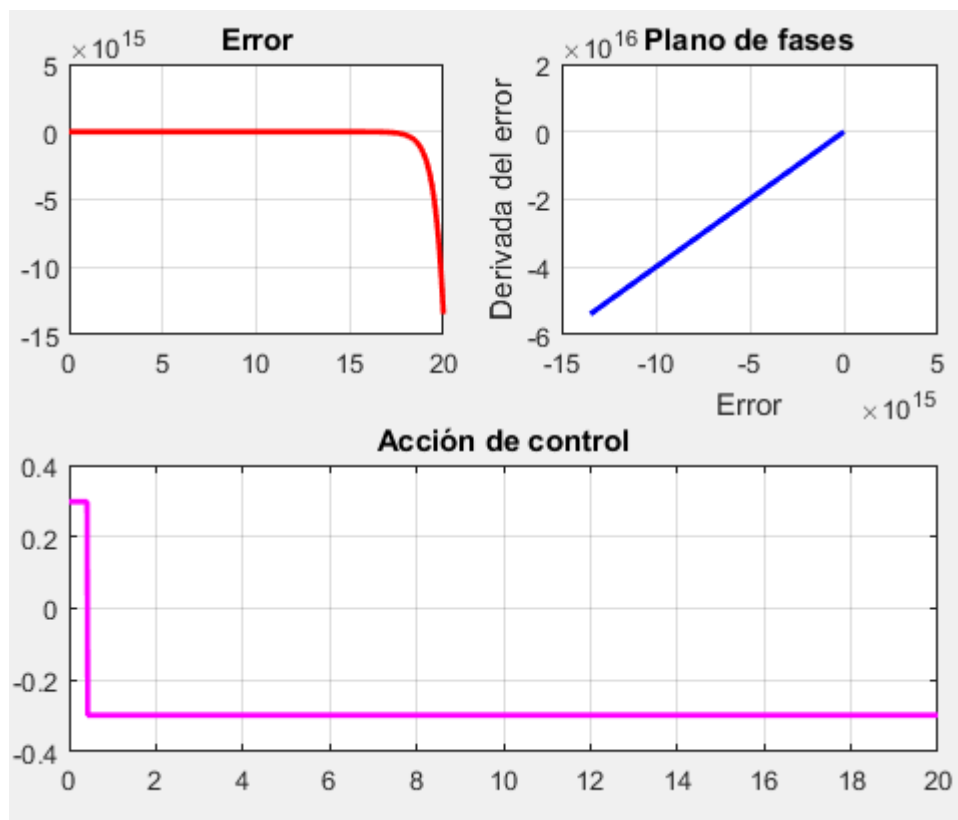
Se observa un error en estado estacionario en -2, se puede mejorar llevándolo a un entorno de cero mediante el control no lineal mostrado en la entrada inferior que se setea accionando el switch, es el PD anterior sustituyendo la ganancia Kc por un relé todo/nada con histéresis (fácil de construir electrónicamente) con $M=Kc$ que genera una señal PWM cuyo ciclo de trabajo depende del error y su derivada.



Esto se coloca a la entrada de circuitos digitales para eliminar el ruido. Es un sistema con memoria, hasta que no llega a la esquina, no conmuta, eso elimina el ruido.

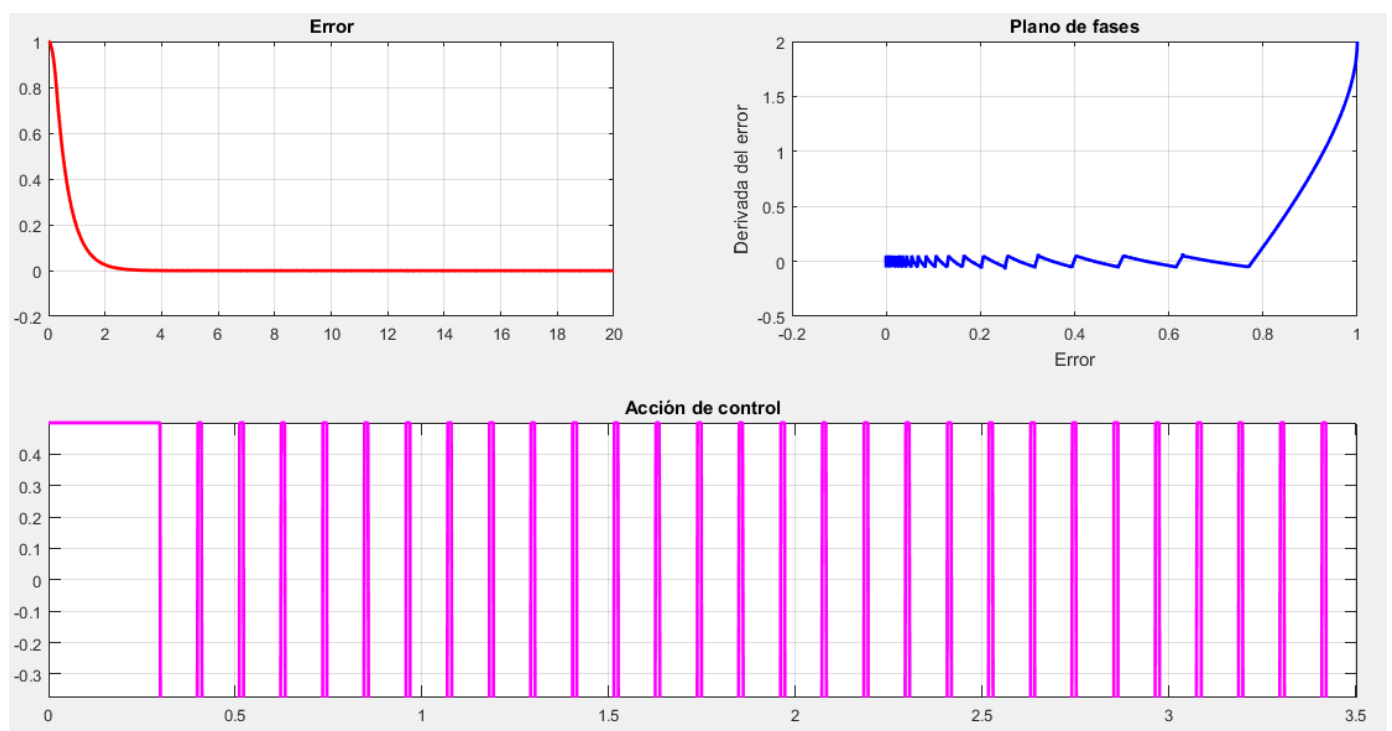
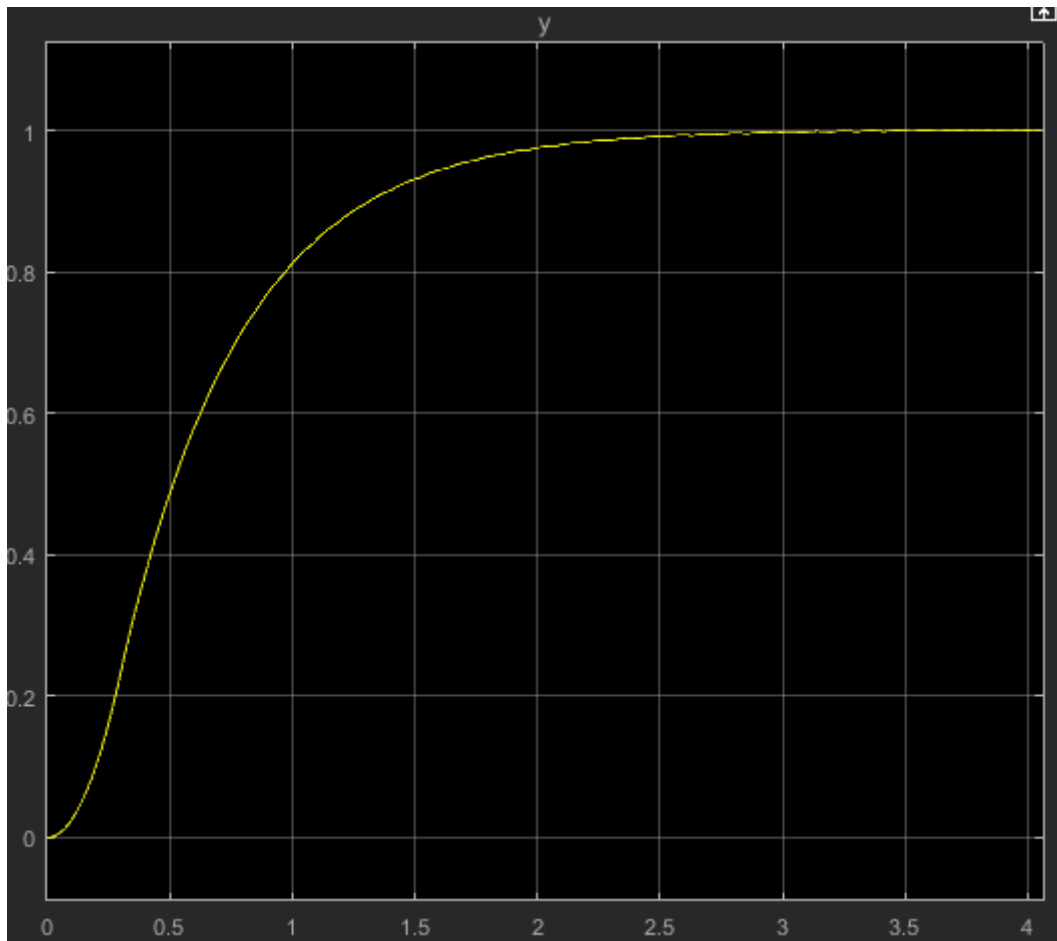
- Con un ancho de histéresis T 100 veces menos que la ganancia total $K_c K$. simular y dibujar lo mismo que con el controlador lineal pero cambiando las líneas

```
M=Kc % ganancia rele = +-ganancia Kc
T=K*Kc/100 % 100 veces menos que la ganancia total
lineal=0 % simula no lineal
```



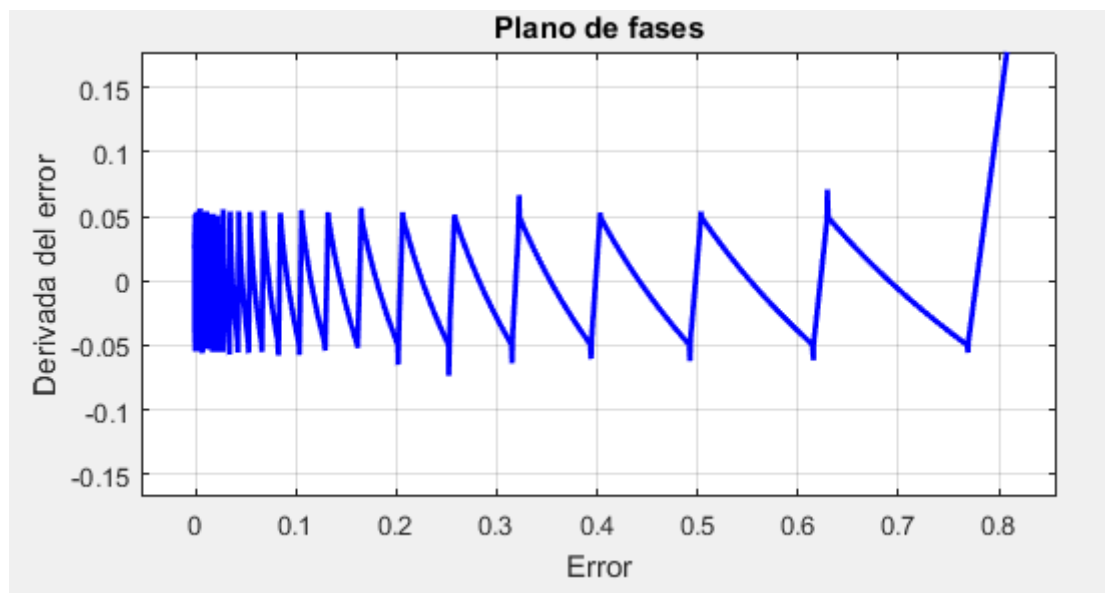
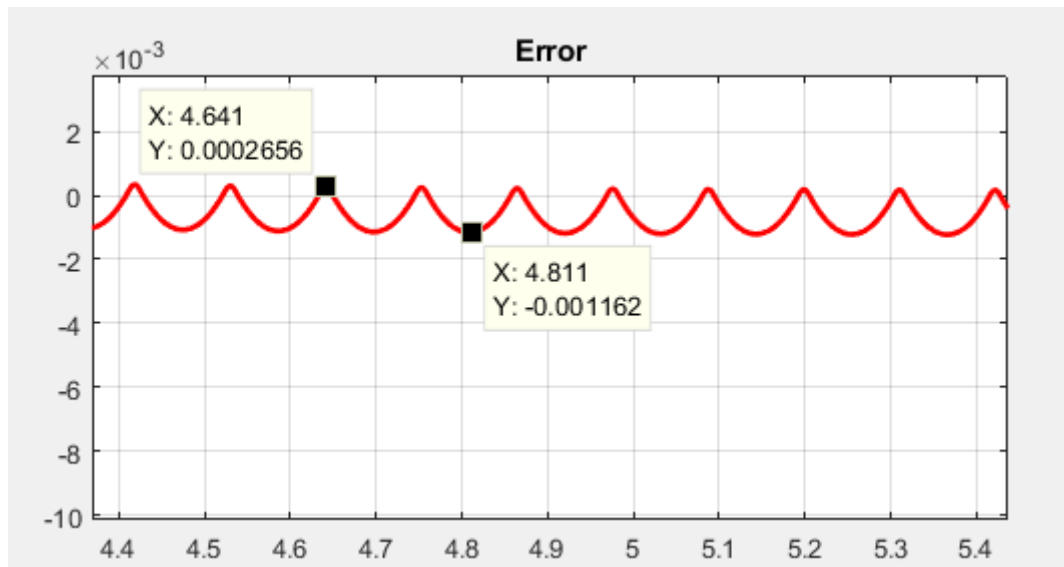
Ahora si simulamos, nos encontramos con que el sistema es inestable, esto se debe a que $T=K*K_c/100$ no es lo suficientemente grande, por lo que se procede a aumentar la ganancia K_c del controlador, eso dará como resultado una disminución del tiempo de establecimiento del sistema por debajo de 4 segundos.

Para lograr un ancho del ciclo de histéresis mayor, se varía la ganancia del compensador varias veces hasta 0.5 por lo que con el nuevo compensador me dará un nuevo tiempo de establecimiento de aproximadamente 2 segundos:



- ¿Qué pasa con el error de régimen?

Podemos ver que a simple vista el error es nulo, al hacer zoom vemos que el error converge a un ciclo límite, el mismo, con variaciones de entre -0.0002656 y -0.001162. Los ciclos límites no son deseables si las fluctuaciones de la salida no son toleradas por las especificaciones o si hay elementos mecánicos que pueden sufrir desgastes. A veces en electrónica se buscan ciclos límites, como en el caso de un oscilador, su amplitud y su frecuencia no dependen de las condiciones iniciales.

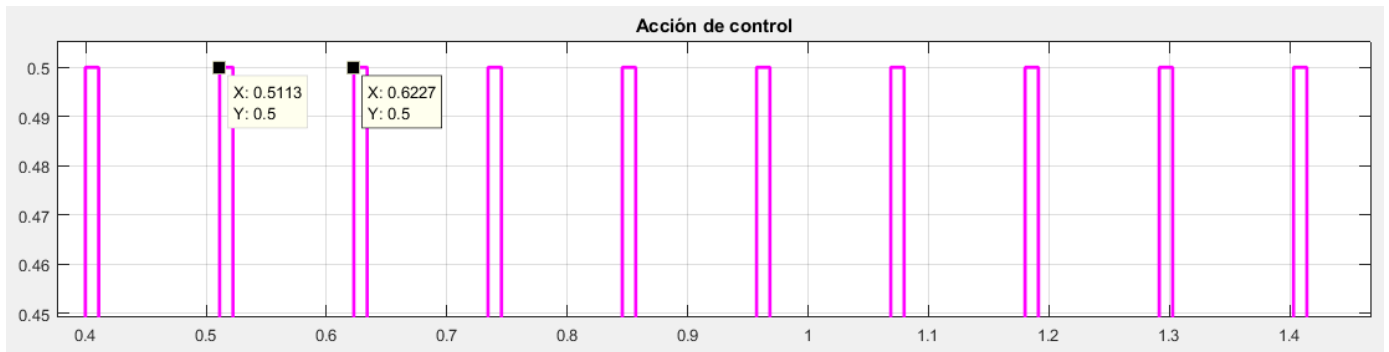


- ¿El tiempo de establecimiento mejoró o empeoró y cuál puede haber sido la causa?

El tiempo de establecimiento mejoró y paso de 4 segundos a ser aproximadamente 2 segundos, esto se podría deberse a que al conmutar el relé tan bruscamente se generan grandes picos de energía (teniendo una salida prácticamente vertical) y se logra obtener de forma más rápida el valor de régimen (sería equivalente a una ganancia prácticamente infinita)

- Determinar la frecuencia de conmutación de la señal de control.

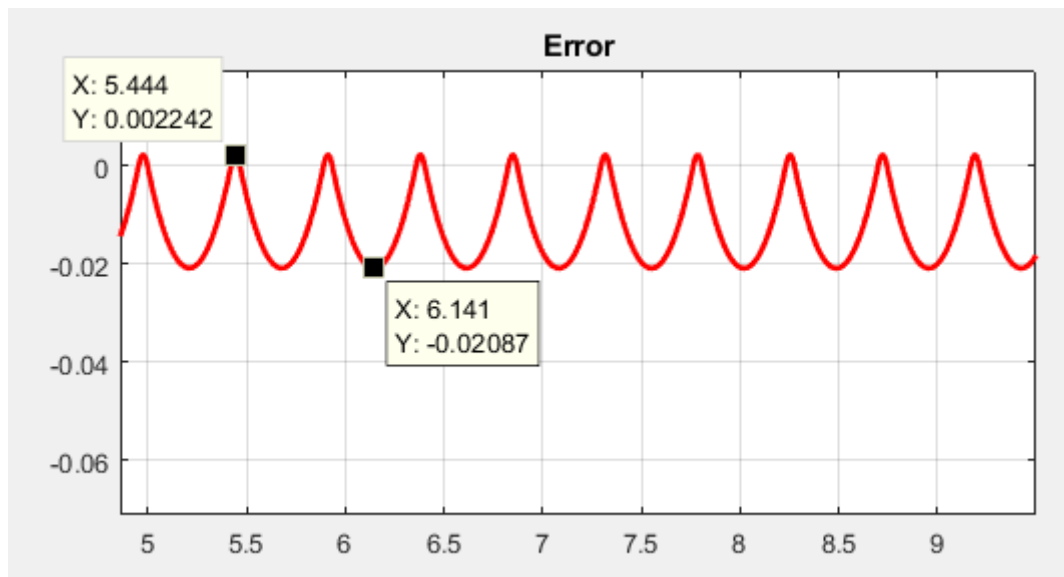
La señal de control tiene un periodo $T=0.111$ [s] y una frecuencia aproximada de 9 [Hz]



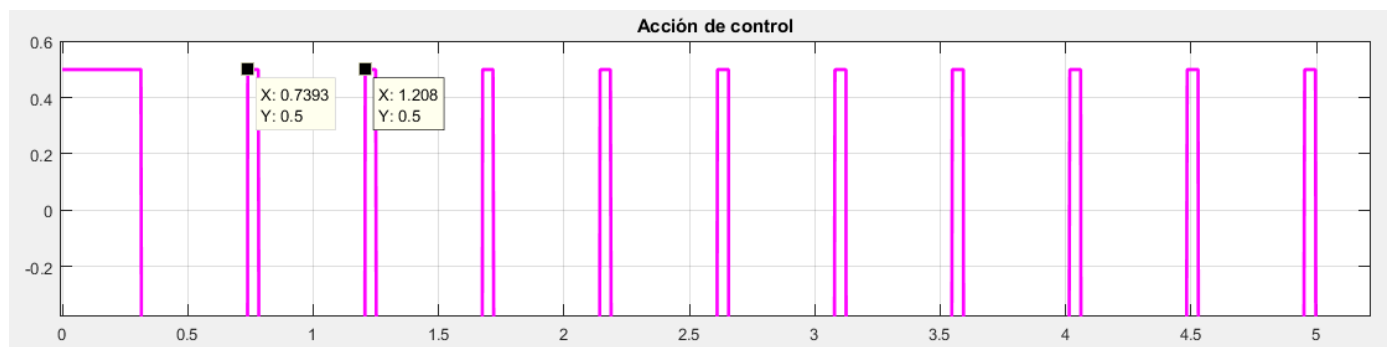
- Aumentar el ancho de histéresis y analizar cómo evolucionan el error máximo, el tiempo de establecimiento y la frecuencia de conmutación, sustituyendo

$T=K \cdot K_c / 25$ % 25 veces menos que la ganancia total
 $T=K \cdot K_c / 10$ % 10 veces menos que la ganancia total

Con $T=K \cdot K_c / 25$

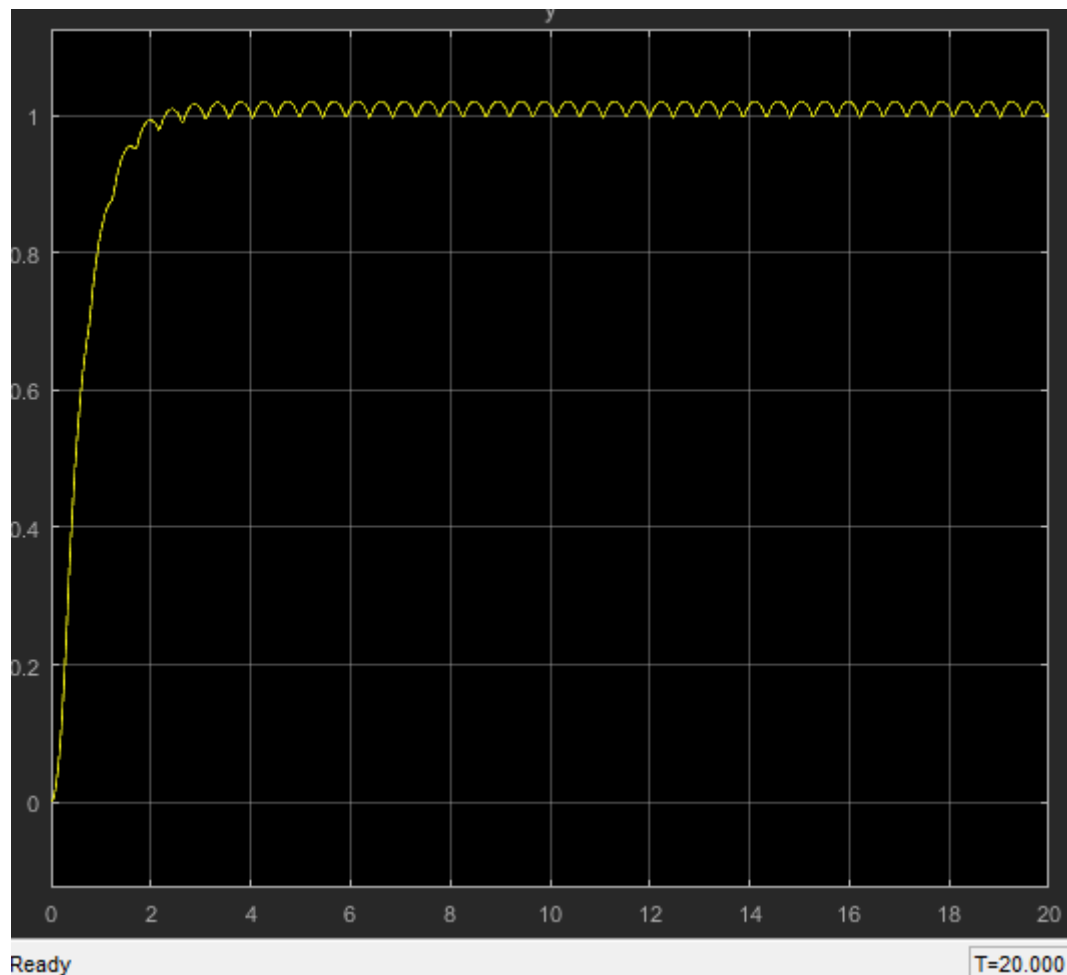


El error en régimen ahora tiene un módulo de 0.023



La acción de control tiene ahora un periodo $T=0.4687$ [s] y una frecuencia de 2.13 [Hz] es decir que sistema tardará más tiempo en conmutar generando una variación en la amplitud del ciclo límite en el error.

La salida ahora tiene esta forma



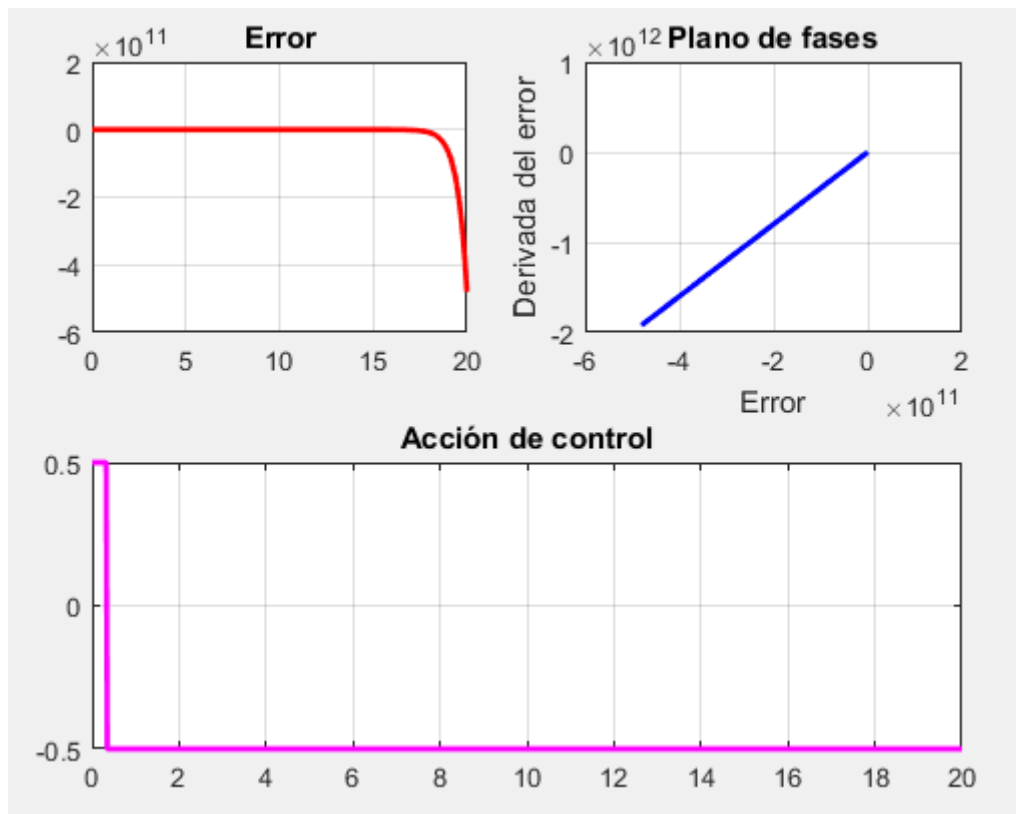
Se observa como fluctúa la salida conforme alcanza el tiempo de establecimiento, esta fluctuación puede ser tolerada o no, dependiendo de los requerimientos y del sistema físico a controlar.

Con $T = K \cdot K_c / 10$

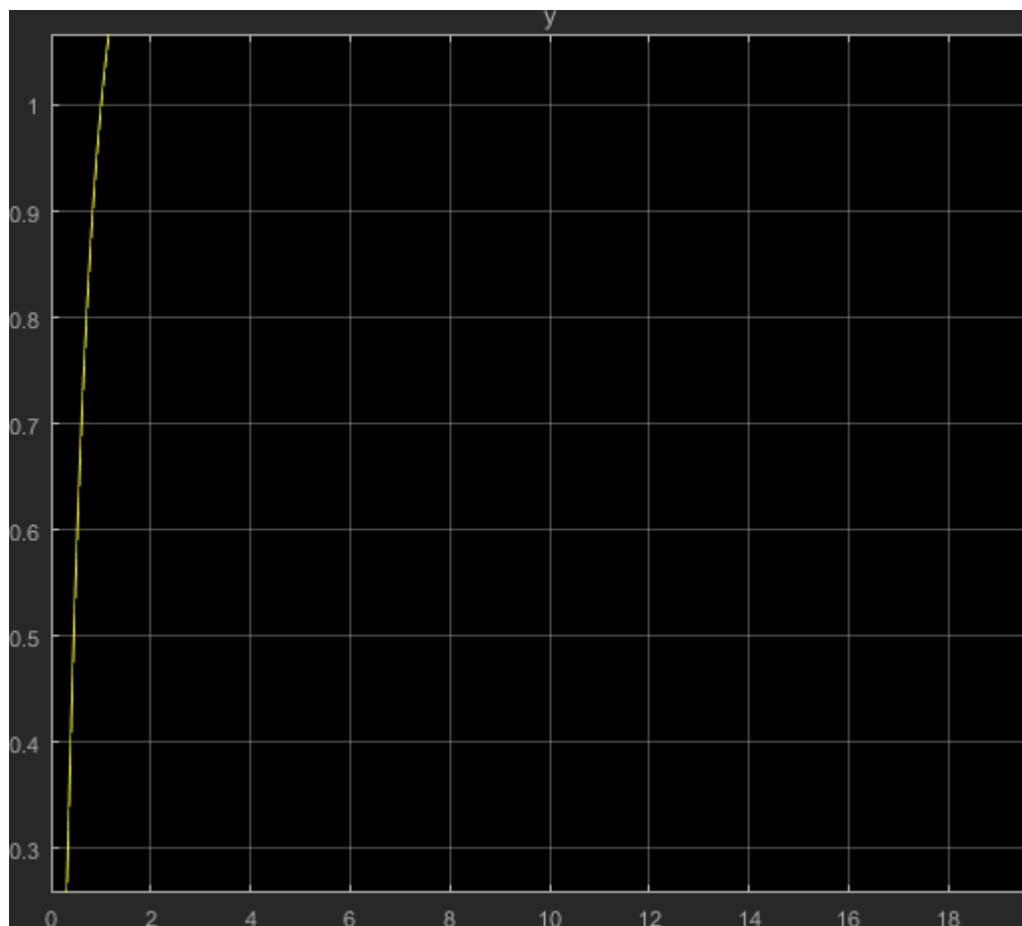
Para un T 10 veces menor a la ganancia total, provoca que el error tienda a infinito, y el sistema se vuelve inestable.

Esta inestabilidad puede deberse a que la acción de control tiene una sola conmutación y no vuelve a hacerlo, entonces el valor de la acción de control queda fijo con un valor constante y provocando un error constante.

A continuación las gráficas de la simulación



La salida



- Subir el ancho de histéresis a la ganancia total, que sucede con la estabilidad ?, explorar la causa viendo la acción de control

$$T=K \cdot K_c$$

Aquí se ve que el efecto es similar al anterior, el sistema se vuelve inestable debido a que la acción de control conmuta una sola vez y no vuelve a hacerlo, generando una acción de control constante y aparejado un error creciente.

