



Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Sistemas de control II

Tarea 3 - Profesor Laboret

| Nombre | DNI |
|------------|------------|
| Diaz Mateo | 41.265.543 |

Docentes Laboret Sergio

Córdoba, República Argentina
16 de mayo de 2024

Índice

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 1. Introduccion | 2 |
| 2. Consignas | 3 |
| 3. Sistema y controlador | 5 |
| 3.1. Simulación lineal | 5 |
| 3.2. Simulación no lineal | 6 |
| 3.2.1. Primera simulación | 6 |
| 3.2.2. Segunda simulación | 6 |
| 3.2.3. Tercera simulación | 8 |
| 3.2.4. Cuarta Simulacion | 9 |
| 3.2.5. Quinta simumlación | 11 |
| 4. Conclusión | 12 |

1. Introduccion

En el siguiente informe se desarrolla la resolucion de la tercer tarea propuesta por el profesor Sergio Laboret en la cátedra de Sistemas de Control II. Se detallan procedimientos y se adjuntan códigos utilizados para la resolución. El trabajo además se encuentra en un repositorio de Github personal donde se adjuntan todos los códigos en sus diversos formatos

2. Consignas

Se dispone de una tabla con valores de 2 Polos (uno de ellos inestable), ganancia y tiempo de establecimiento 2 % para cada alumno, se pide:

- Diseñar un controlado PD 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
- Simular en el diagrama adjunto cuya configuracion se cambia con la variable lineal y mostrar el error, dibujar al plano de fases, la acción de control y determinar el error de régimen
- Se puede mejorar el error llevándolo a un entorno de cero mediante el control no lineal mostrado en la entrada inferior del switch que es el PD anterior sustituyendo la ganancia K_c por un rele todo/nada con histéresis (fácil de construir electrónicamente) con $M = K_c$ que genera una señal PWM cuyo ciclo de trabajo depende del error y su derivada

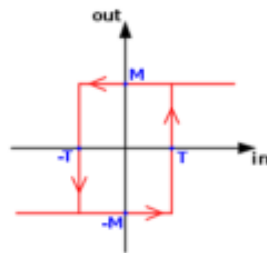


Figura 1: Lugar de raíces y polos deseados

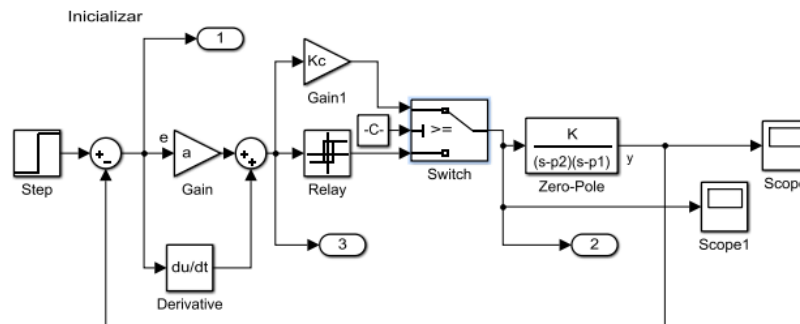


Figura 2: Lugar de raíces y polos deseados

- 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
- ¿Qué pasa con el error de régimen ?
- ¿ El tiempo de establecimiento mejoro o empeoro y cual puede haber sido la causa ?
- Verificar que haya un ciclo límite, determinar su amplitud y la cota de valor absoluto del error de regimen
- Determinar la frecuencia de conmutación de la señal de control
- Aumentar el ancho de histéresis y analizar como evolucionan el error máximo, el tiempo de establecimiento y la frecuencia de conmutación, sustituyendo
- Subir el ancho de histéresis a la ganancia total, que sucede con la estabilidad ?, explorar la causa viendo la acción de control

- Opcional: Se puede también mejorar el error con un PID lineal agregando un polo en el origen y con el cero extra (el cual no cancela el polo) lograr las especificaciones de tiempo de respuesta sin sobrepaso (raíz real doble) si alguno desea hacerlo sería conveniente, pero no es obligatorio. Se puede usar el diagrama de simulación del PID del trabajo anterior cambiando la función de transferencia

3. Sistema y controlador

Basándonos en los datos de la consigna se obtiene la siguiente función de transferencia

$$G = \frac{10}{(s-1)(s+2)}$$

```
%funcion de transferencia
p1=1
p2=-2
K=10
G=zpk([], [p1 p2], K)

sisotool(G)
```

Hacemos uso de la herramienta de sisotool y agregamos un cero para cancelar el polo estable de la planta y obtener el tiempo de establecimiento deseado.

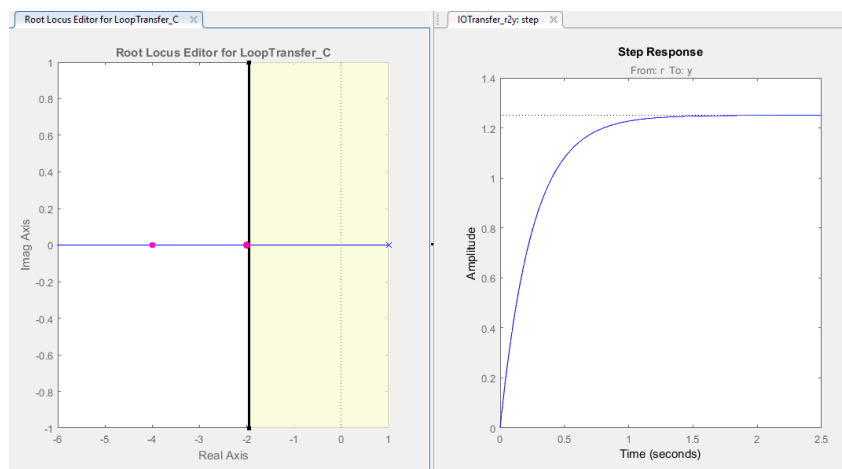


Figura 3: Sisotool

Exportamos el controlador C obteniendo así

```
C = 0.5 (s+2)
```

Podemos observar que la ganancia para el controlador es $K_C = 0.5$. Seguido de esto tocara analizar las simulaciones con diferentes parámetros.

3.1. Simulación lineal

Planteando una simulación de un sistema lineal con los parámetros obtenidos para simular el relé con histeresis en simulink

```
Kc = 0.5 % ganancia de C
a = -2 % cero del controlador con signo invertido
M = 1 % ganancia rele
T=0.1 % histeresis
lineal = 1 % simula control lineal
```

Al graficar el error del sistema, plano de fase y la acción de control:

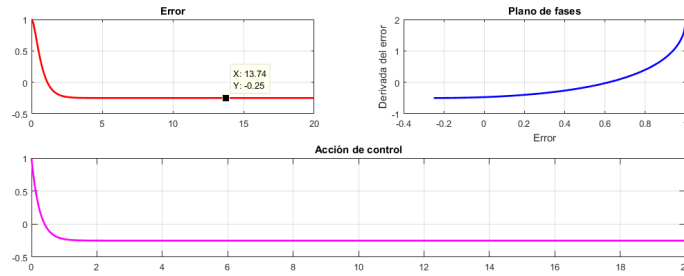


Figura 4: Grafica sistema lineal

Podemos observar un error de estado estacionario en -0.25. Para mejorarlo lo llevaremos a un entorno de simulación no lineal. Sustituimos la ganancia $M=K_c$ que genera una señal PWM cuyo ciclo de trabajo depende del error y su derivada. Se suele utilizar en entradas de circuitos digitales para eliminar ruido.

3.2. Simulación no lineal

3.2.1. Primera simulación

Modificando los parámetros para una simulación no lineal

```
Kc = 0.5 % ganancia de C
a = 2 % cero del controlador con signo invertido
M = Kc % ganancia rele
T= K*Kc % histeresis
lineal = 0 % simula control no lineal
```

Obteniendo la siguiente simulación y salida del sistema

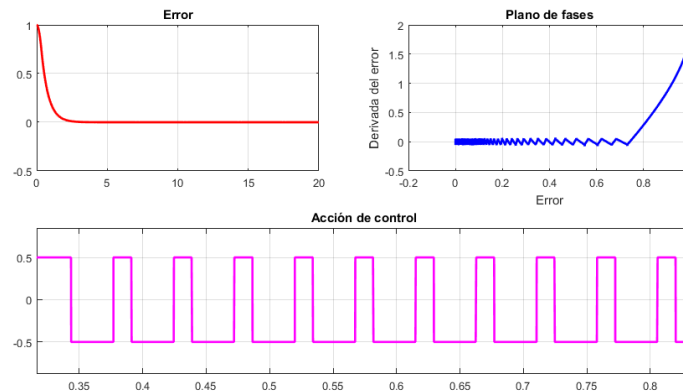


Figura 5: Gráfica sistema no lineal

3.2.2. Segunda simulación

Ahora si modificamos el ancho de histeresis 100 veces menos ue la ganancia total $K_c * K$, obtenemos lo siguiente

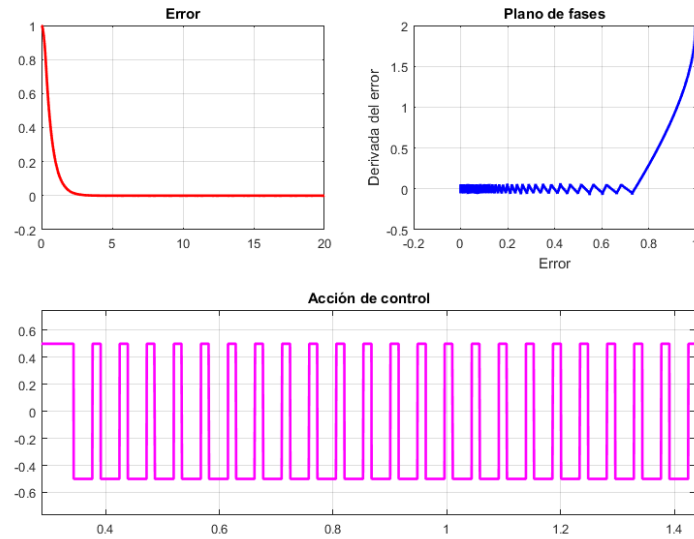


Figura 6: Simulacion

Haciendo zoom y analizando cada parametro podemos observar lo siguiente:

- $M = K_c$
- $T = K * K_c / 100$

Analizando el error:

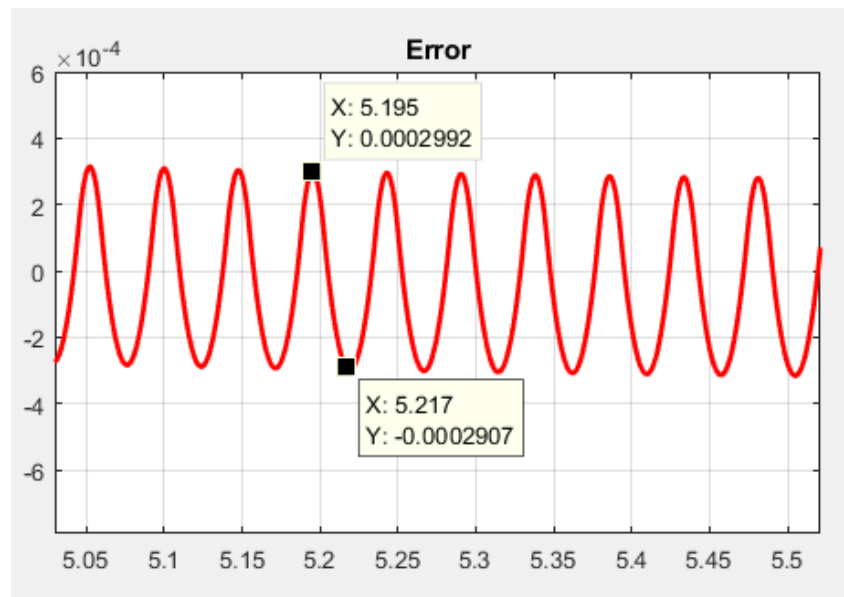


Figura 7: Error $T = K * KC/100$

Parece que el error fuese nulo a simple vista pero al hacer zoom vemos que el error converge a un ciclo limite. Estos ciclos son deseables o no segun las especificaciones , sobre todo cuando existen elementos mecánicos en el sistema que se desgasten. Con respecto al tiempo de establecimiento sigue cumpliendo con lo requerido Podemos observar la **Frecuencia de conmutación de la señal de control** haciendo zoom a la gráfica y obteniendo su periodo

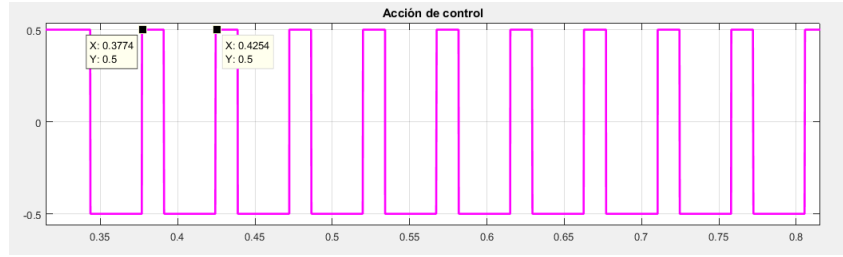


Figura 8: Frecuencia de conmutacion $T = K * KC/100$

La señal de control tiene un periodo de $T = 0,048[s]$ es decir una frecuencia $f = 20,83[Hz]$
Podemos observar la salida de nuestro sistema:

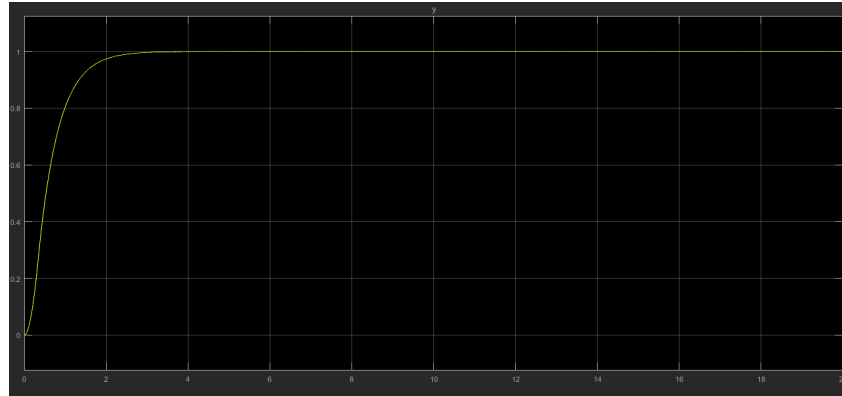


Figura 9: Salida del sistema

3.2.3. Tercera simulación

Nuevamente modificando el valor de $T = K_c * K/25$.

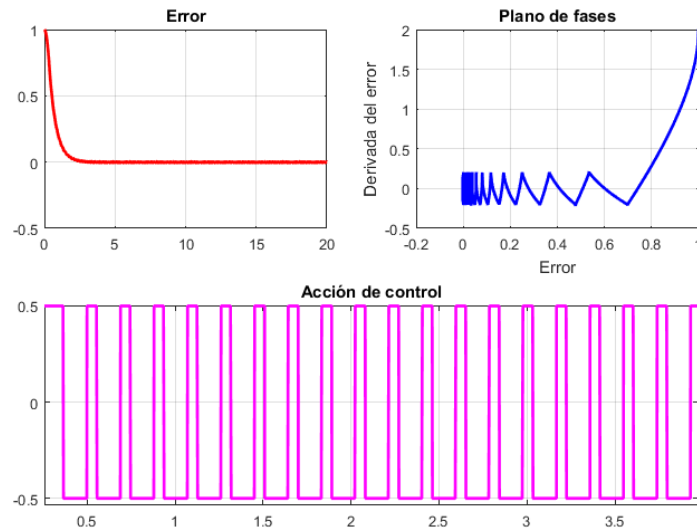


Figura 10: Simulacion $T = K * KC/25$

Haciendo zoom al error podemos ver como este tiende a aumentar su modulo

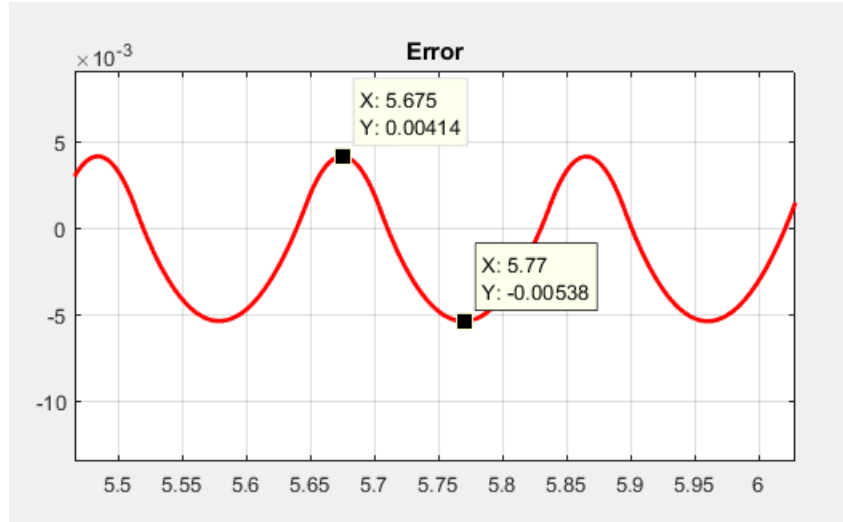


Figura 11: Error $T = K * KC/25$

Con respecto al periodo de la acción de control es de $T = 0,1881[s]$ es decir una frecuencia de $f = 5,31[Hz]$

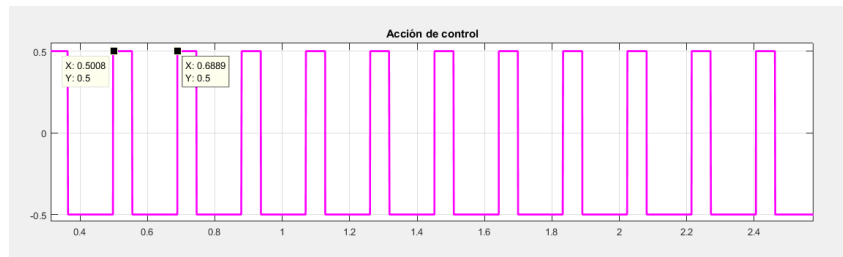


Figura 12: Frecuencia de conmutacion $T=K*KC/25$

Podemos observar la salida de nuestro sistema:

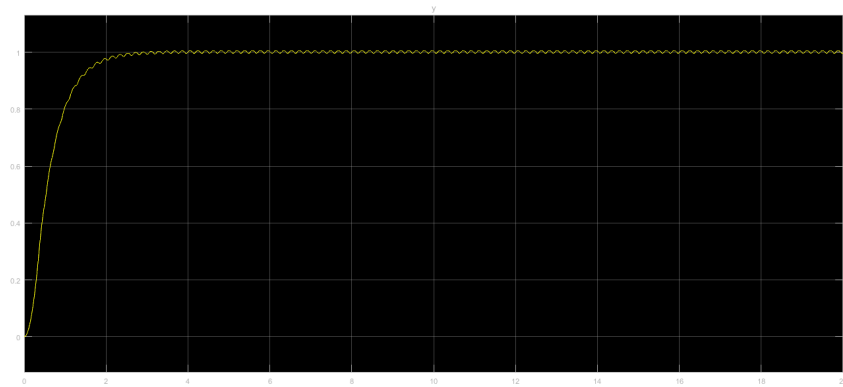


Figura 13: Salida del sistema

3.2.4. Cuarta Simulacion

Modificando el valor de $T = K_c * K/10$.

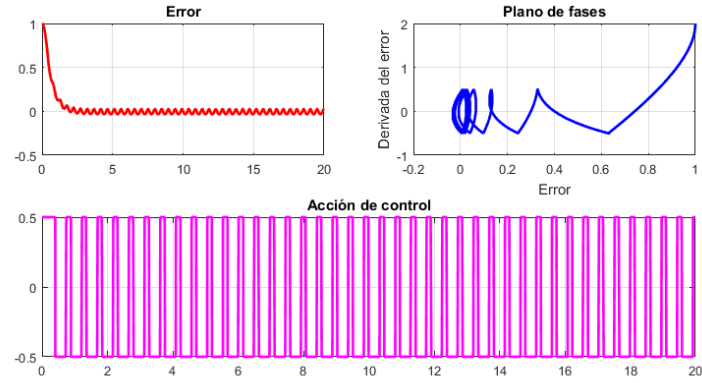


Figura 14: Simulacion $T = K * KC/10$

Vemos como el modulo del error es mucho mas notorio.

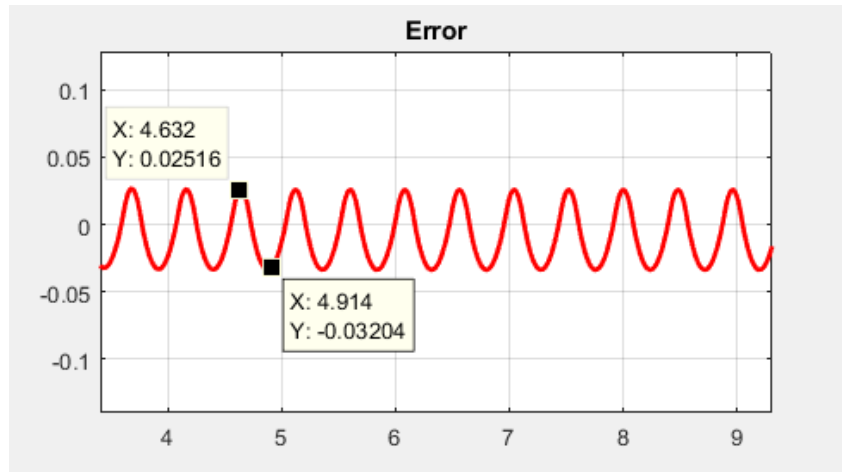


Figura 15: Error $T = K_c * K/10$

Con respecto al periodo de la acción de control es de $T = 0,4776[s]$ es decir una frecuencia de $f = 2,1[Hz]$

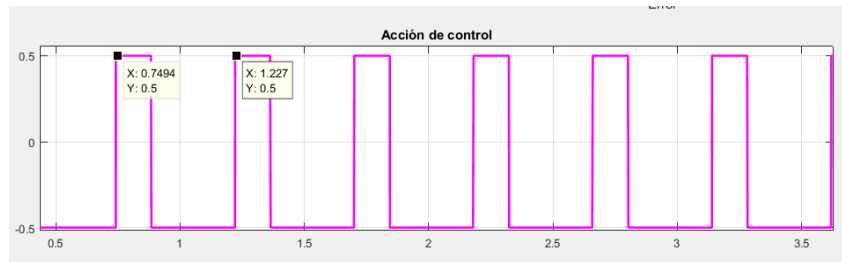


Figura 16: Frecuencia de control $T = K_c * K/10$

Vemos en la salida del sistema que tardara mas tiempo en conmutar, generando variación en la amplitud del ciclo limite y la salida tendrá fluctuaciones.

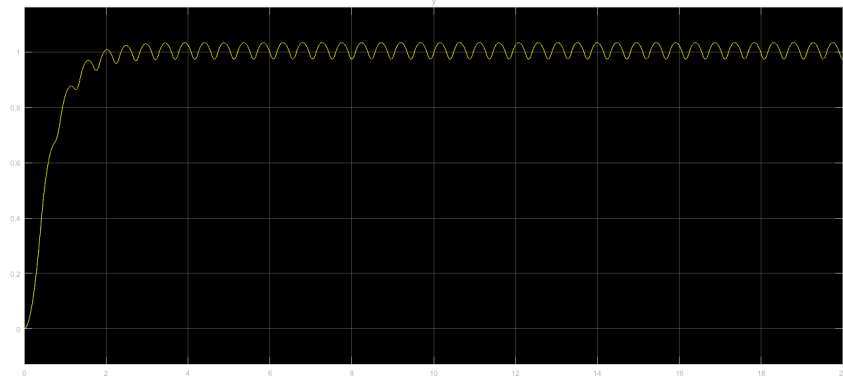


Figura 17: Salida del sistema

3.2.5. Quinta simulación

Finalmente si $T = K_c * K$, el sistema se vuelve inestable provocando que el error tienda a infinito debido a que la acción de control se conmuta muy lentamente

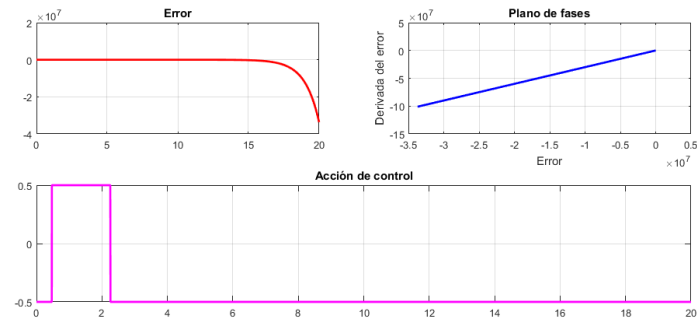


Figura 18: Simulación $T = K_c * K$

La salida queda de la siguiente manera:

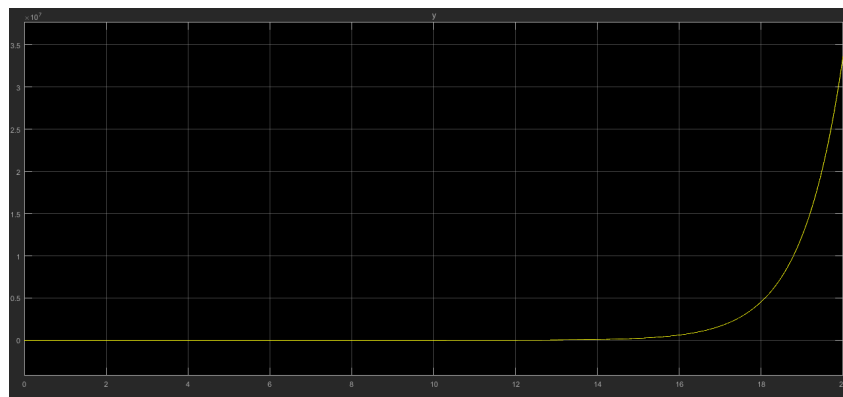


Figura 19: Salida del sistema

4. Conclusión

Se analizó un sistema planteado como relé con histéresis para el control todo o nada de un sistema. Se modificaron valores de M y T , se simuló distintos escenarios donde se pudo observar que el tiempo de establecimiento está directamente relacionado con el valor de la ganancia del relé con histéresis, es decir, del valor de M . La amplitud del ciclo límite si es que existe depende de T . Mientras $T < K + k_c$ la acción de control conmutará cada vez que la oscilación del ciclo límite llegue al valor impuesto por T . Caso contrario solo ocurrirá una vez haciendo que la señal de control se encuentre activa por un intervalo de tiempo. Concluimos que el control por histéresis es viable siempre y cuando cumpla que $T \ll K + k_c$ de modo que el sistema permanezca estable