

# Práctica N°4 Control Biológico.

Autor: Tomás Vidal

## Notas

## Preguntas

- ¿Qué hacer cuando no deja simular 30 horas? (error de step)
- Tengo error muy grande con la exponencial a lazo abierto, es normal?
- En el control linealizante: ¿cuál era el motivo de ese denominador en la proporción del error?
- Control linealizante: variaciones en los parámetros, considero  $\mu(s) \pm 20\%$ ?

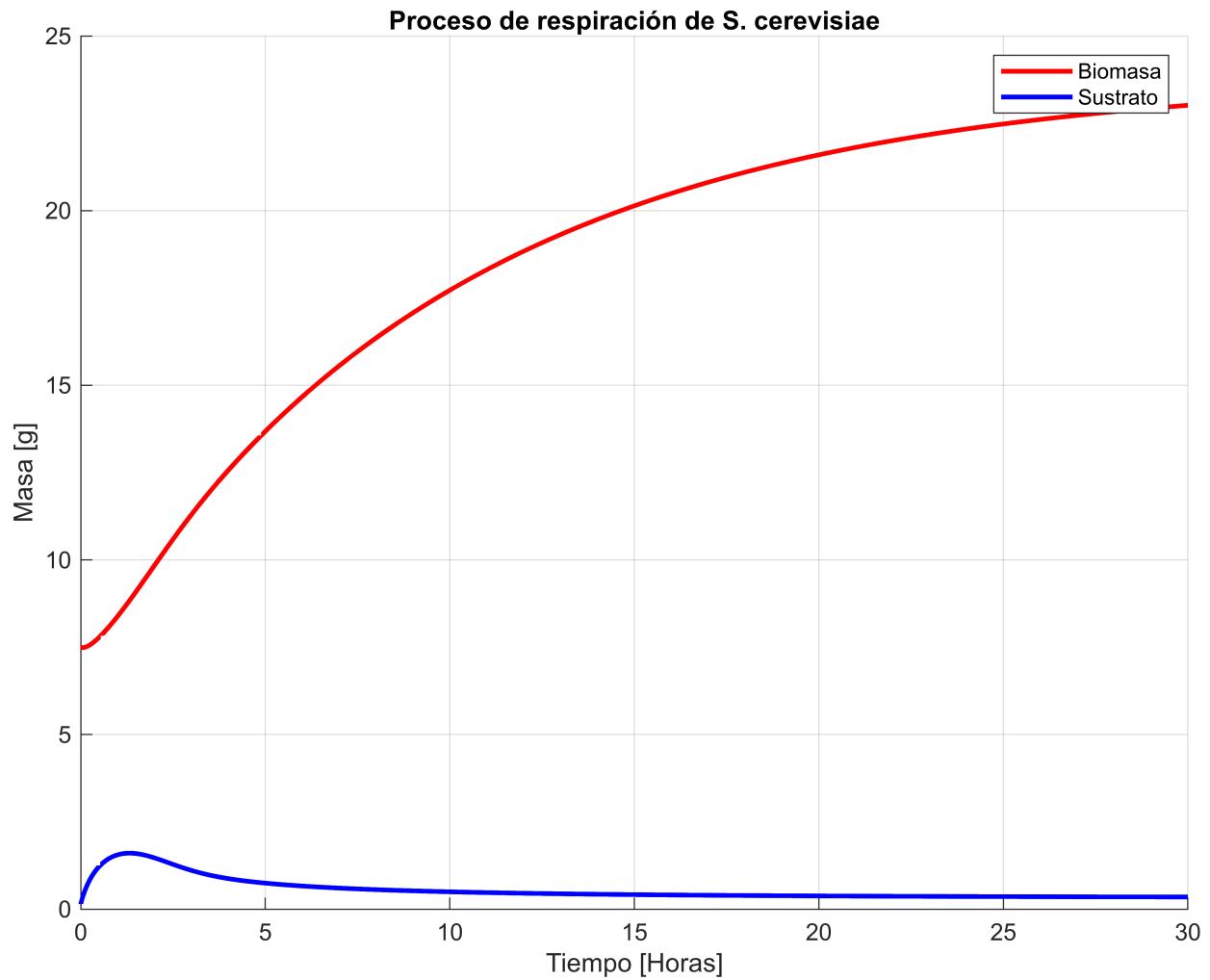
## Índice

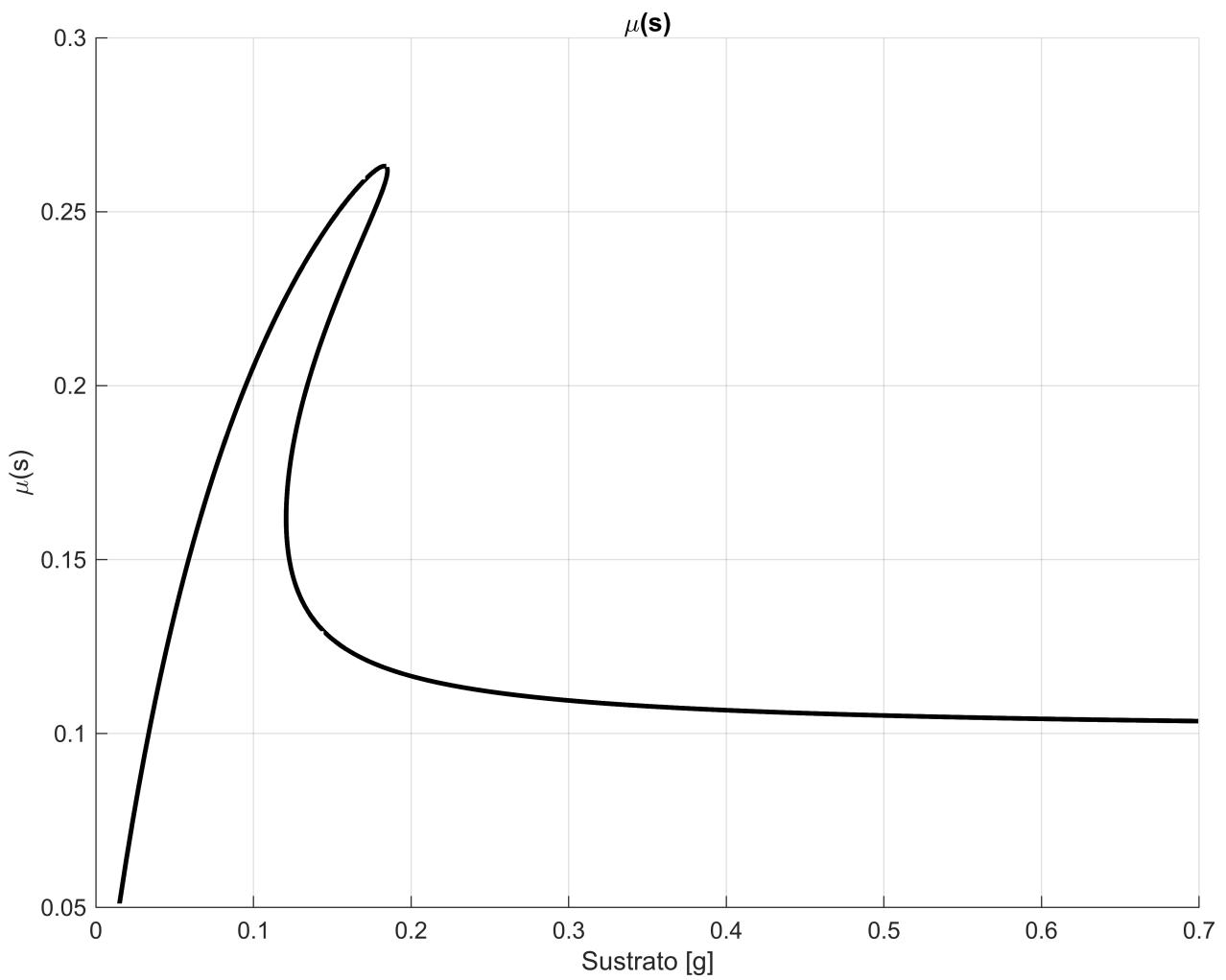
Notas.....	1
Preguntas.....	1
Proceso de respiración de <i>S. cerevisiae</i> con sistema de cultivo fed-batch.....	1
Control exponencial a lazo abierto.....	4
Variaciones en los parámetros.....	6
Incertidumbre en $x_0$ .....	6
Incertidumbre en $k_s$ .....	8
Incertidumbre en $K_s$ .....	10
Control a lazo cerrado.....	12
Control proporcional al error.....	12
Proporcional integrativo.....	14
Robustez del controlador a lazo cerrado (integrador).....	16
Variaciones en $x_0$ .....	16
Variaciones en $k_s$ .....	18
Variaciones en $K_s$ .....	20
Modelo cinético de Haldane.....	22
Control con modelo de Haldane.....	24
Control a lazo abierto.....	24
Control a lazo cerrado Haldane (integrador).....	26
Control linealizante.....	29
Control linealizante con variaciones en los parámetros.....	32
Variaciones en $k_s$ .....	32
Variaciones en $K_s$ con el modelo de Haldane (en simulacion).....	34
No se el consumo de sustrato.....	36

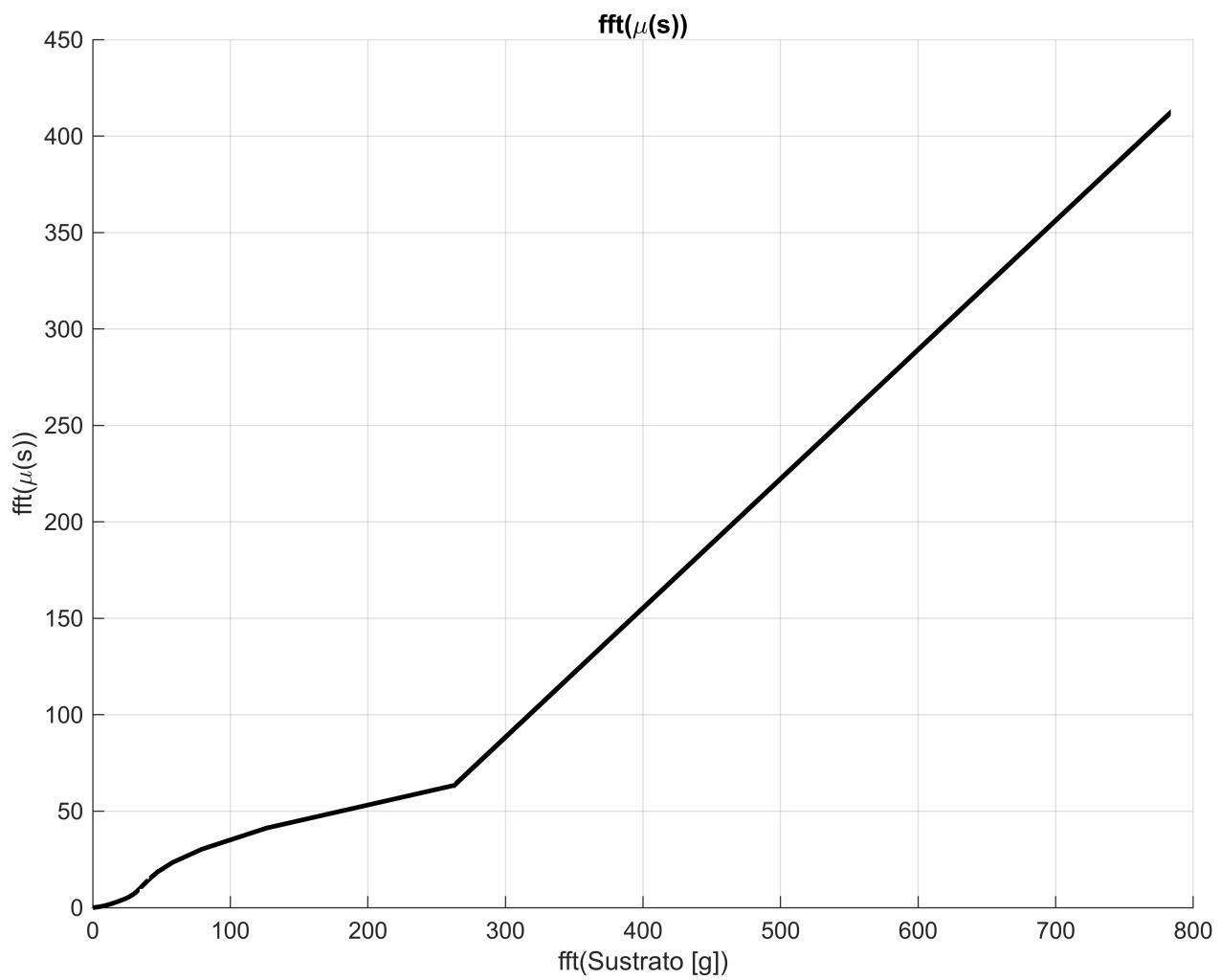
## Proceso de respiración de *S. cerevisiae* con sistema de cultivo fed-batch

$$\begin{cases} \dot{x} = \mu x - Dx \\ \dot{s} = -k\mu x + D(s_{in} - s) \\ \dot{V} = F_{in} \end{cases}$$

$$\mu(s) = \mu_{\max} \frac{s}{s + K_s}$$

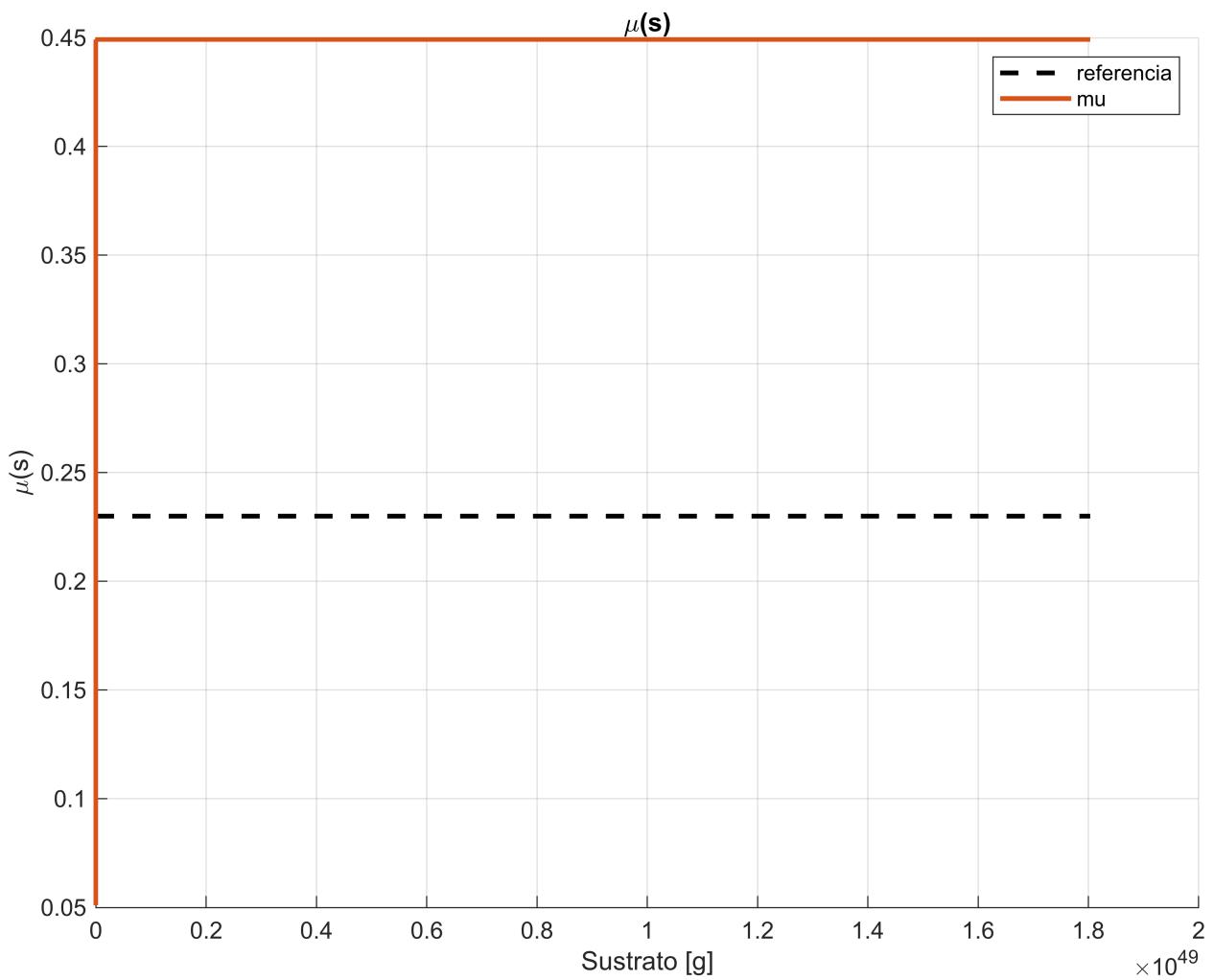




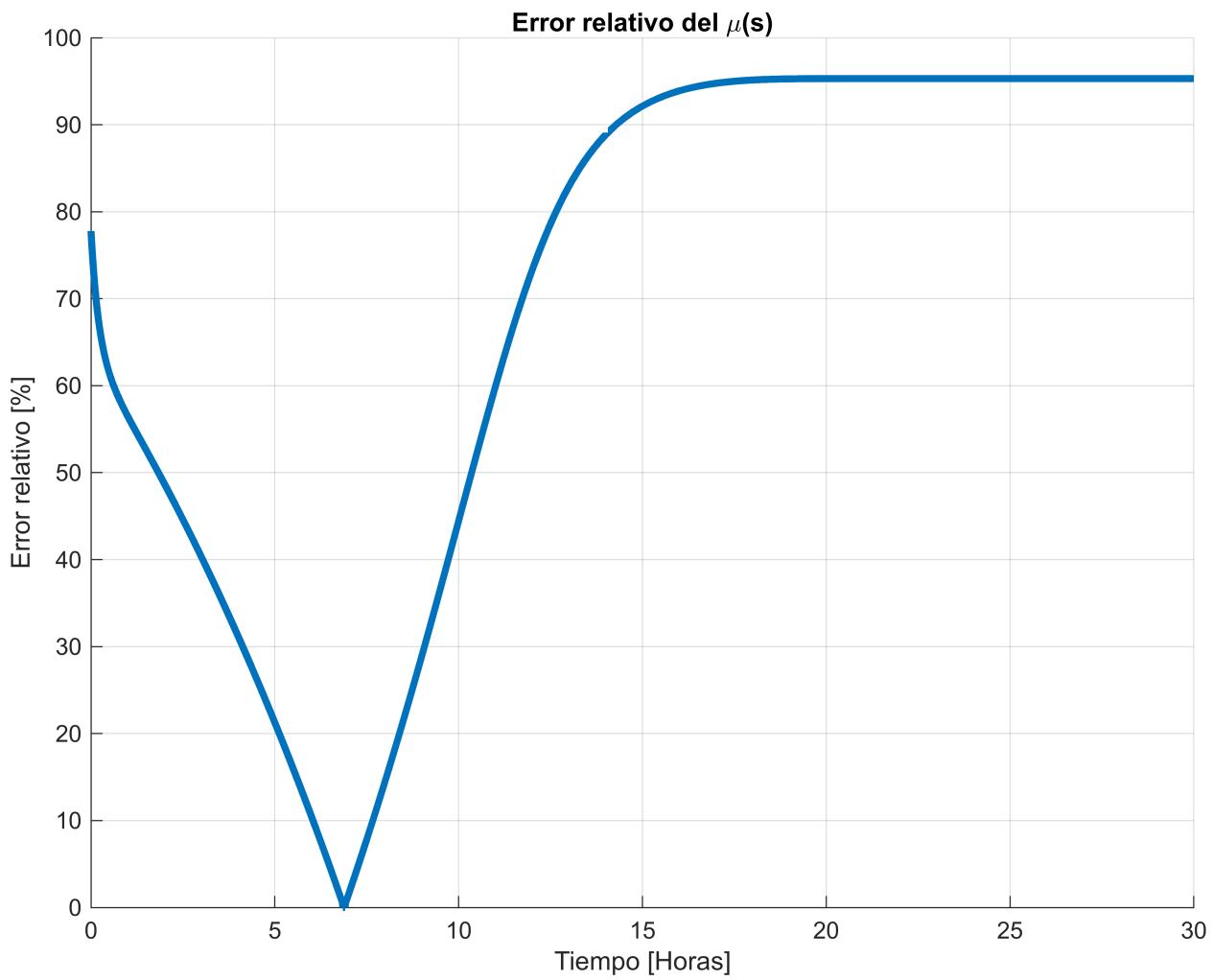


## Control exponencial a lazo abierto

Resultados



Errores relativos

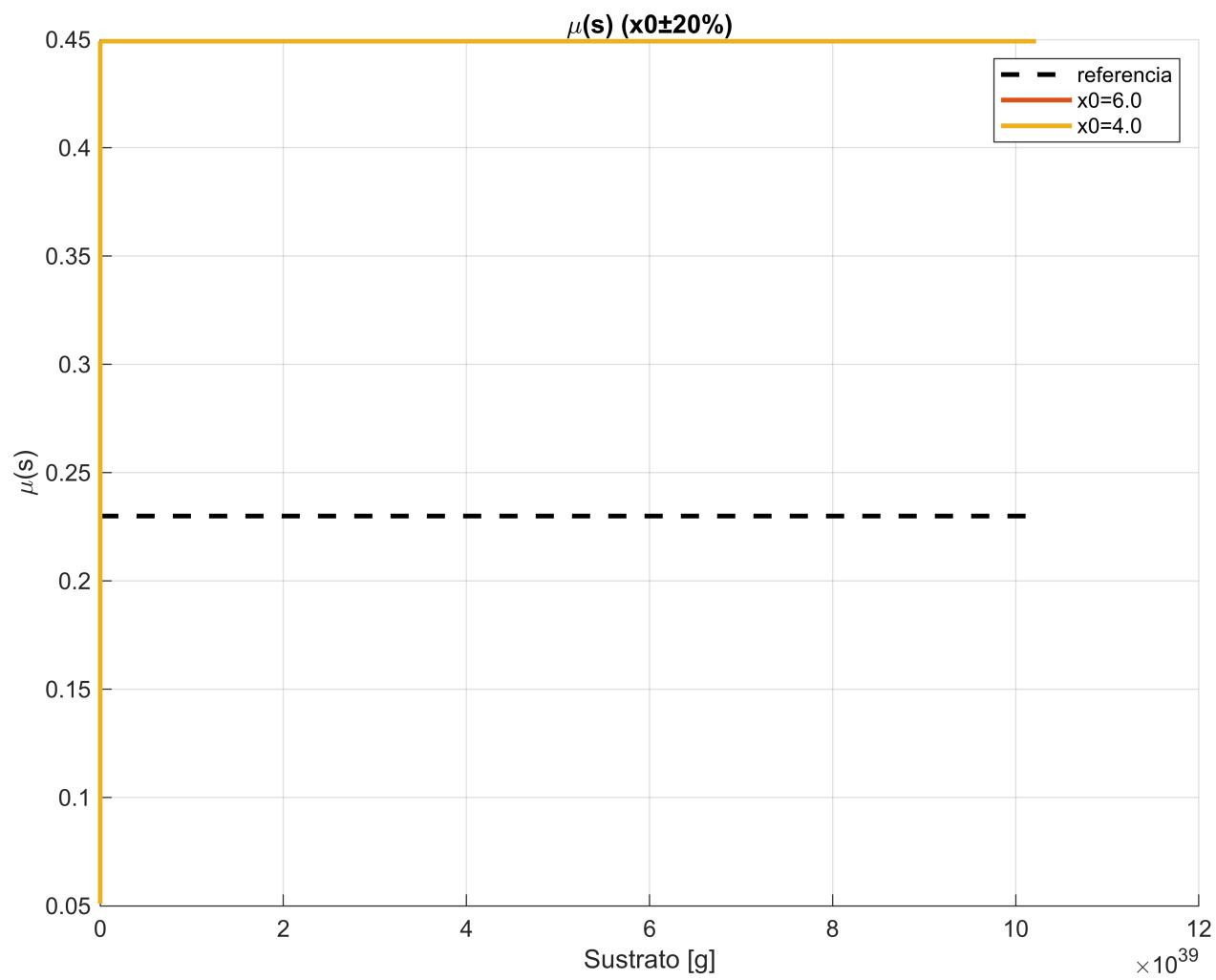


## Variaciones en los parámetros

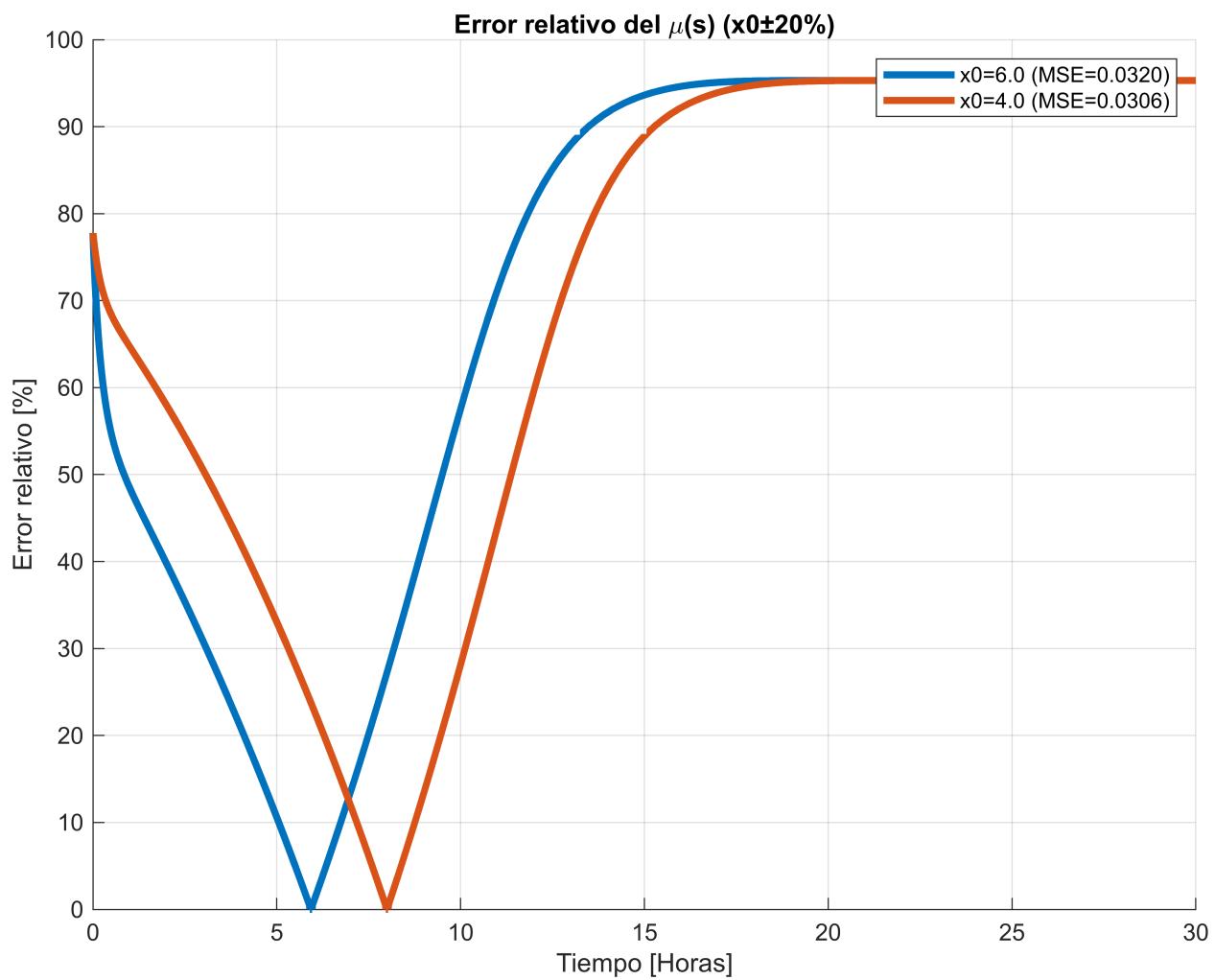
### Incertidumbre en $x_0$

Controlado con  $C(s)=K_p$  y variaciones en las condiciones iniciales:

Ahora se muestran los resultados, comparando el caso cuando se tiene variaciones en las condiciones iniciales y como los controladores empleados responden a estas variaciones, es decir su robustez.



Errores relativos

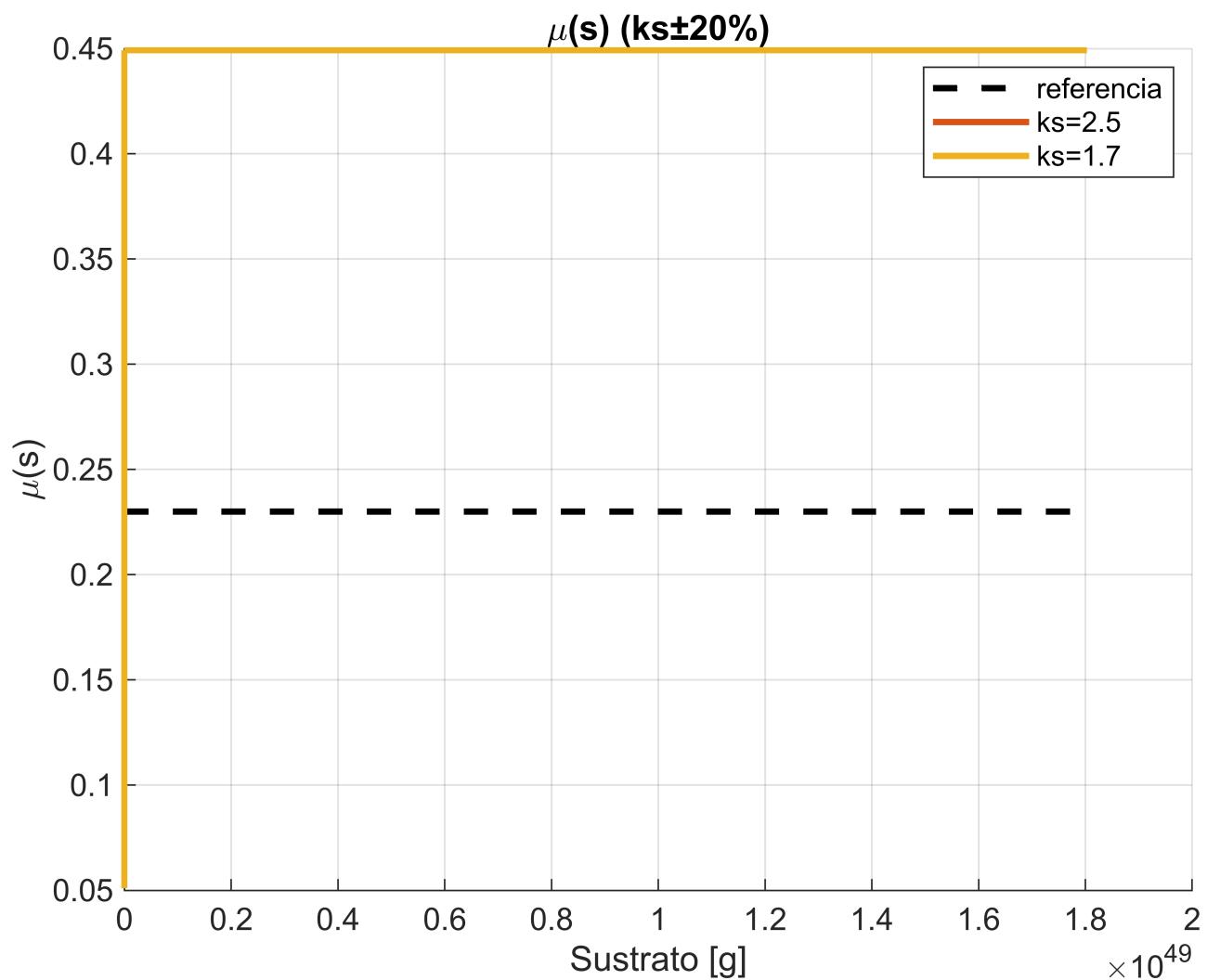


Ambos terminan convergiendo a pesar de tener un error en el valor inicial.

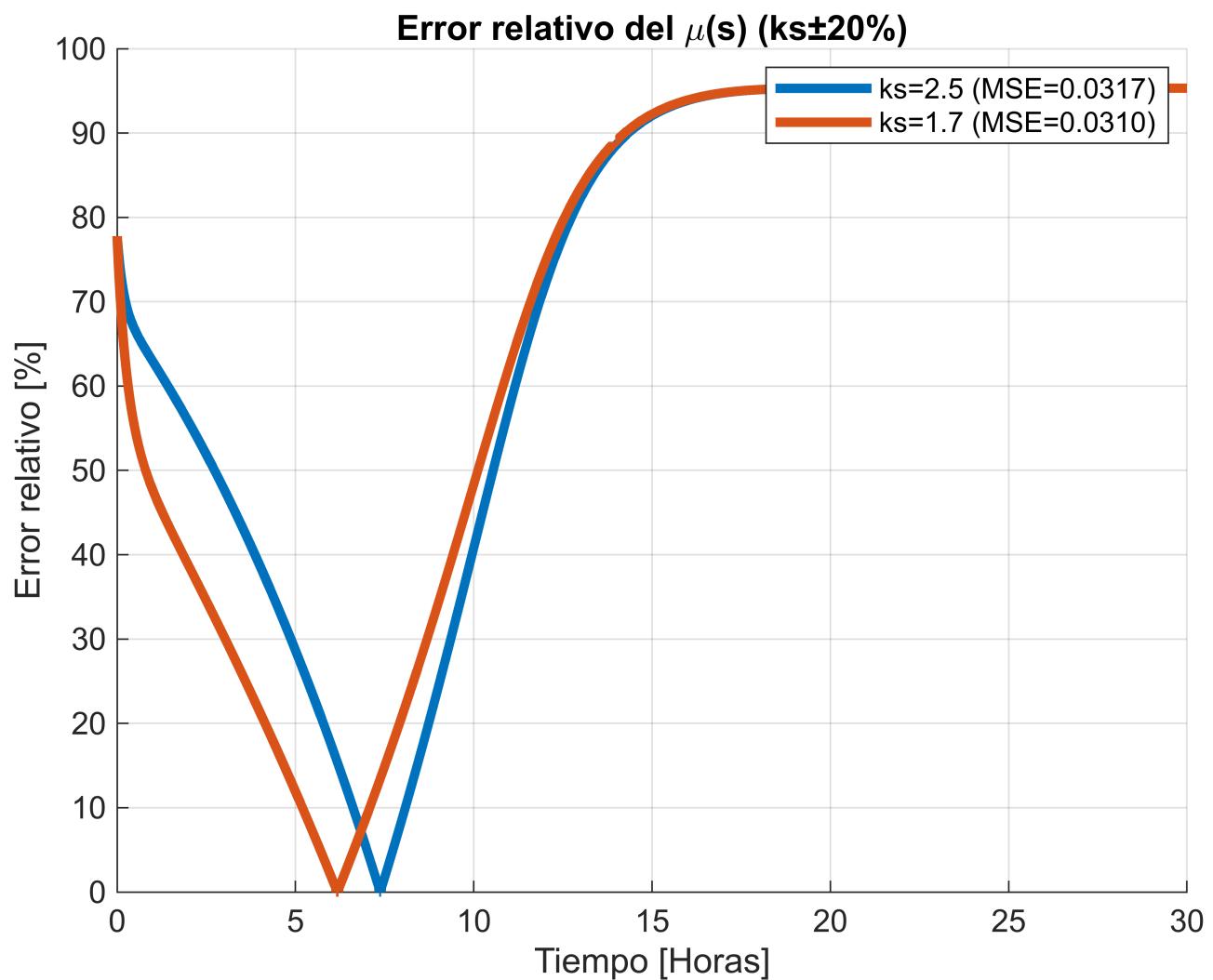
### Incertidumbre en $k_s$

Ahora hago lo mismo que antes pero variando  $k_s$

Ahora se muestran las gráficas



Y las del error relativo son:

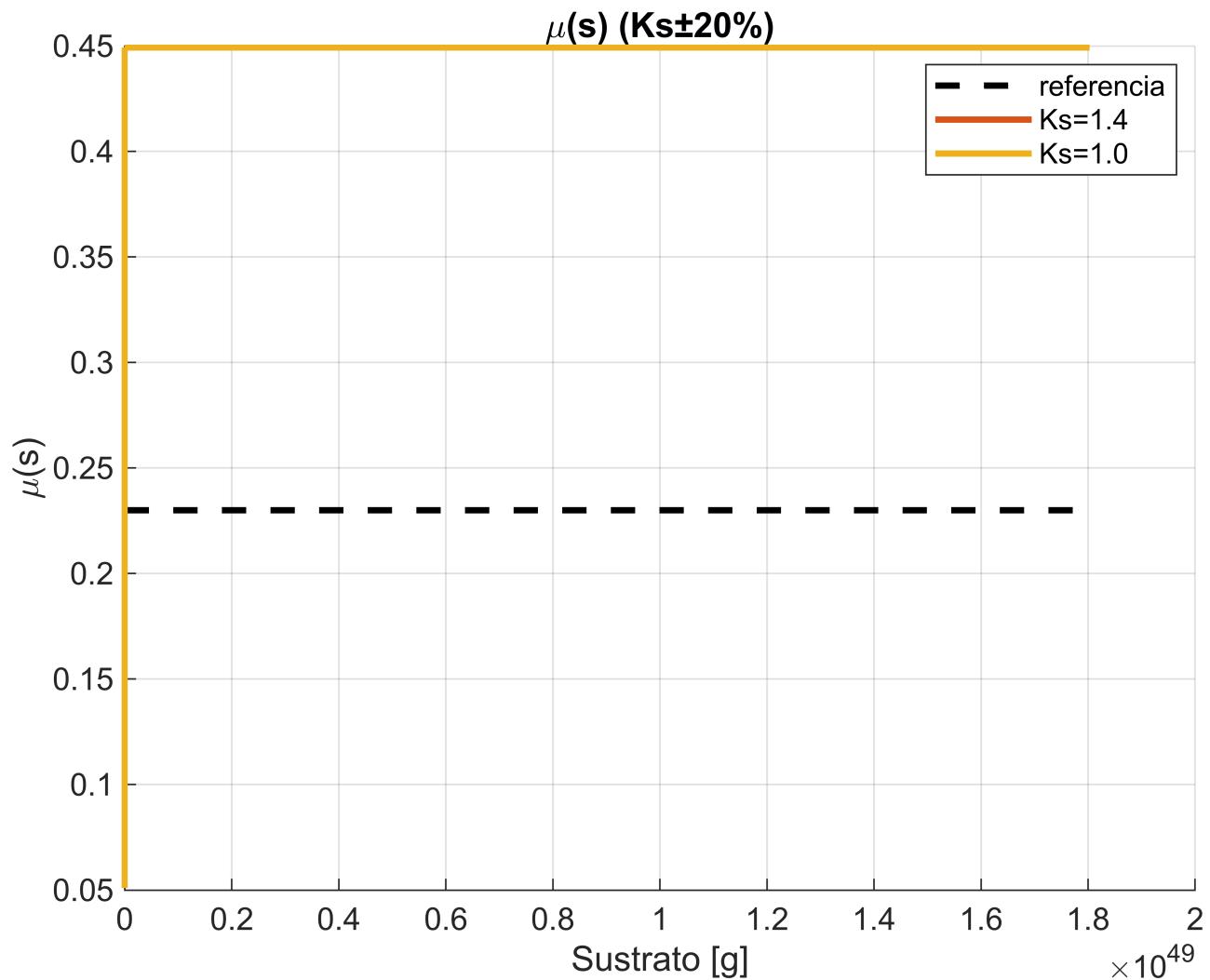


Viendo los resultados, se podría concluir que es más robusto ante variaciones en  $k_s$

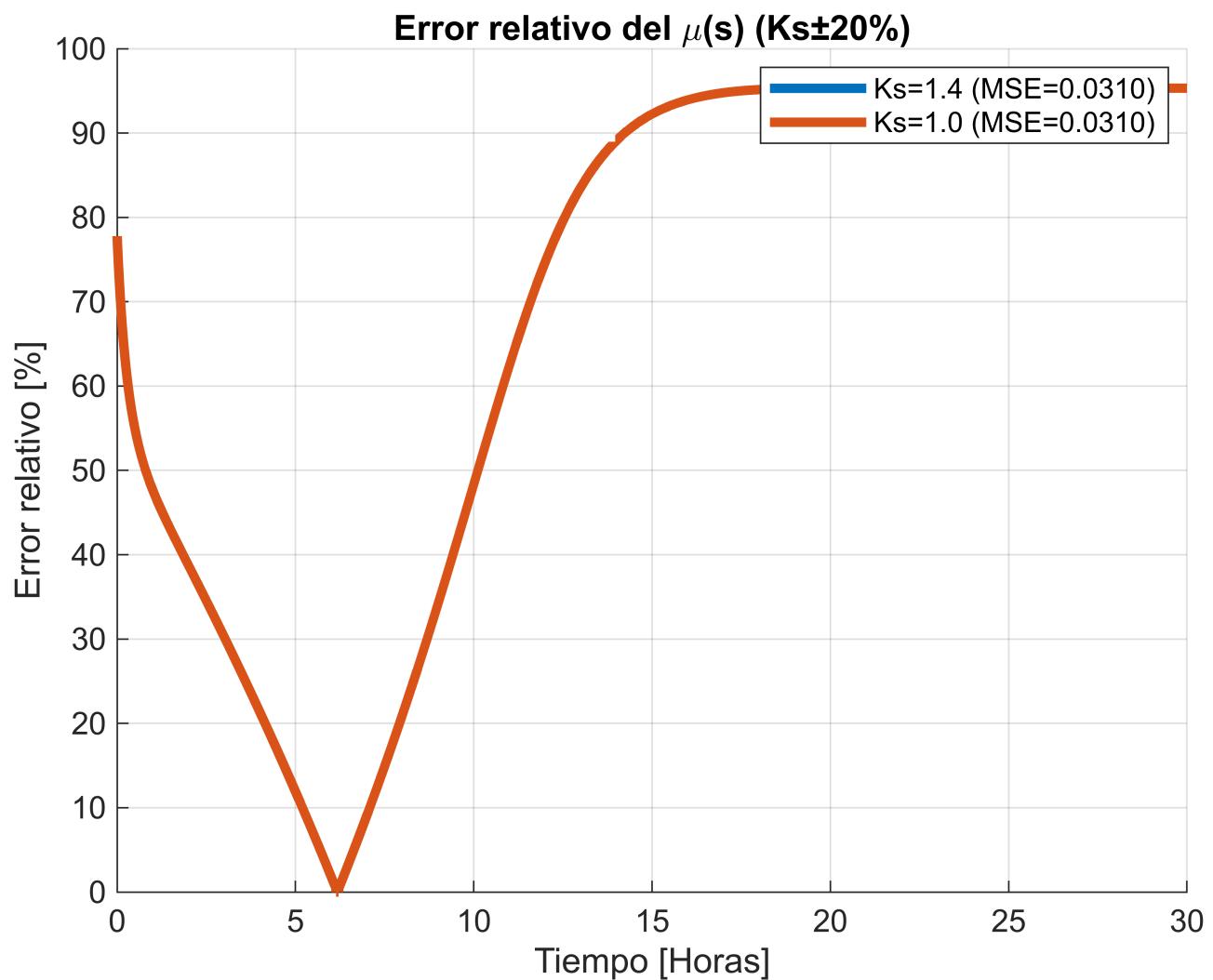
### Incertidumbre en $K_s$

Ahora hago lo mismo que antes pero variando  $K_s$

Ahora se muestran las gráficas



Y las del error relativo son:

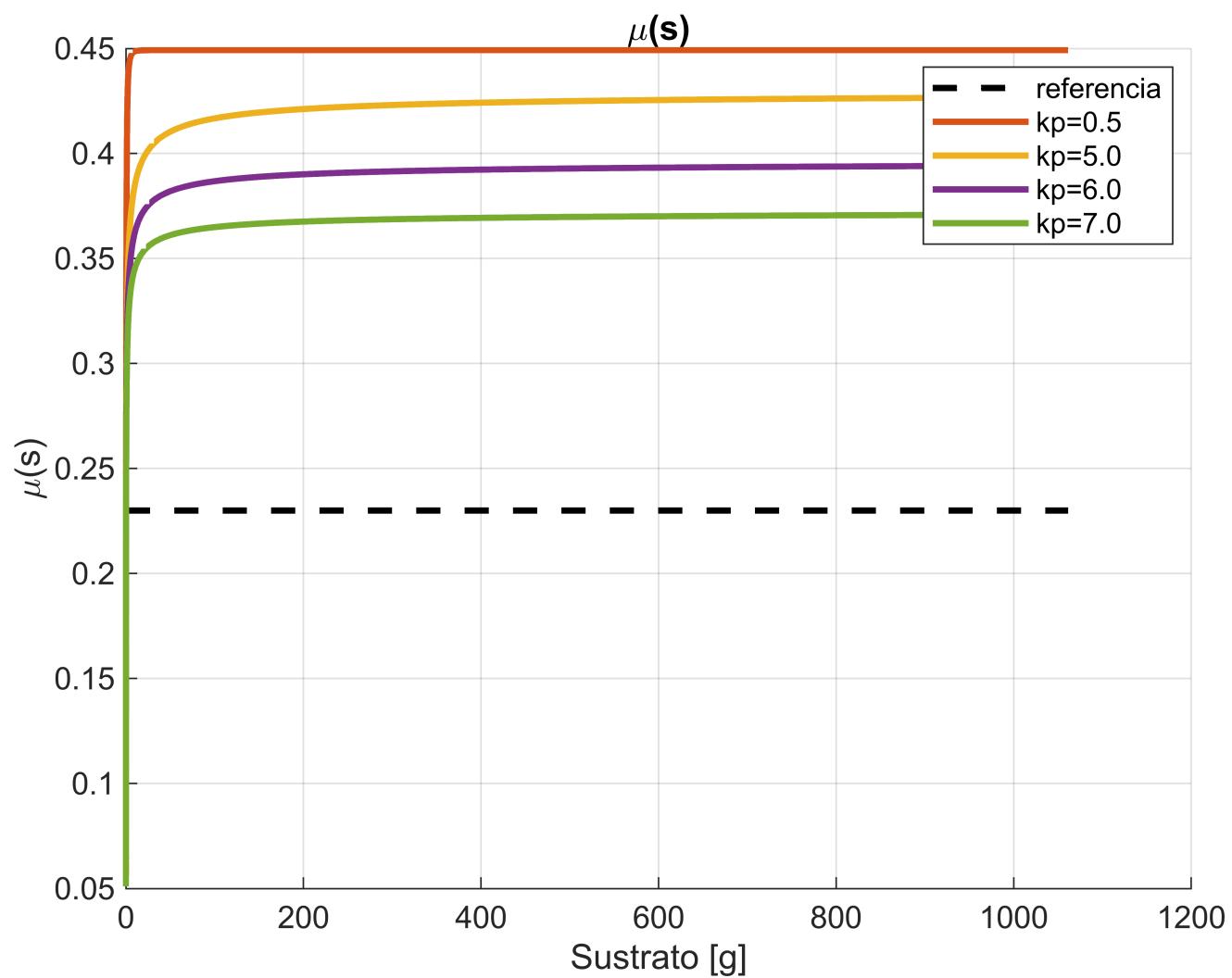


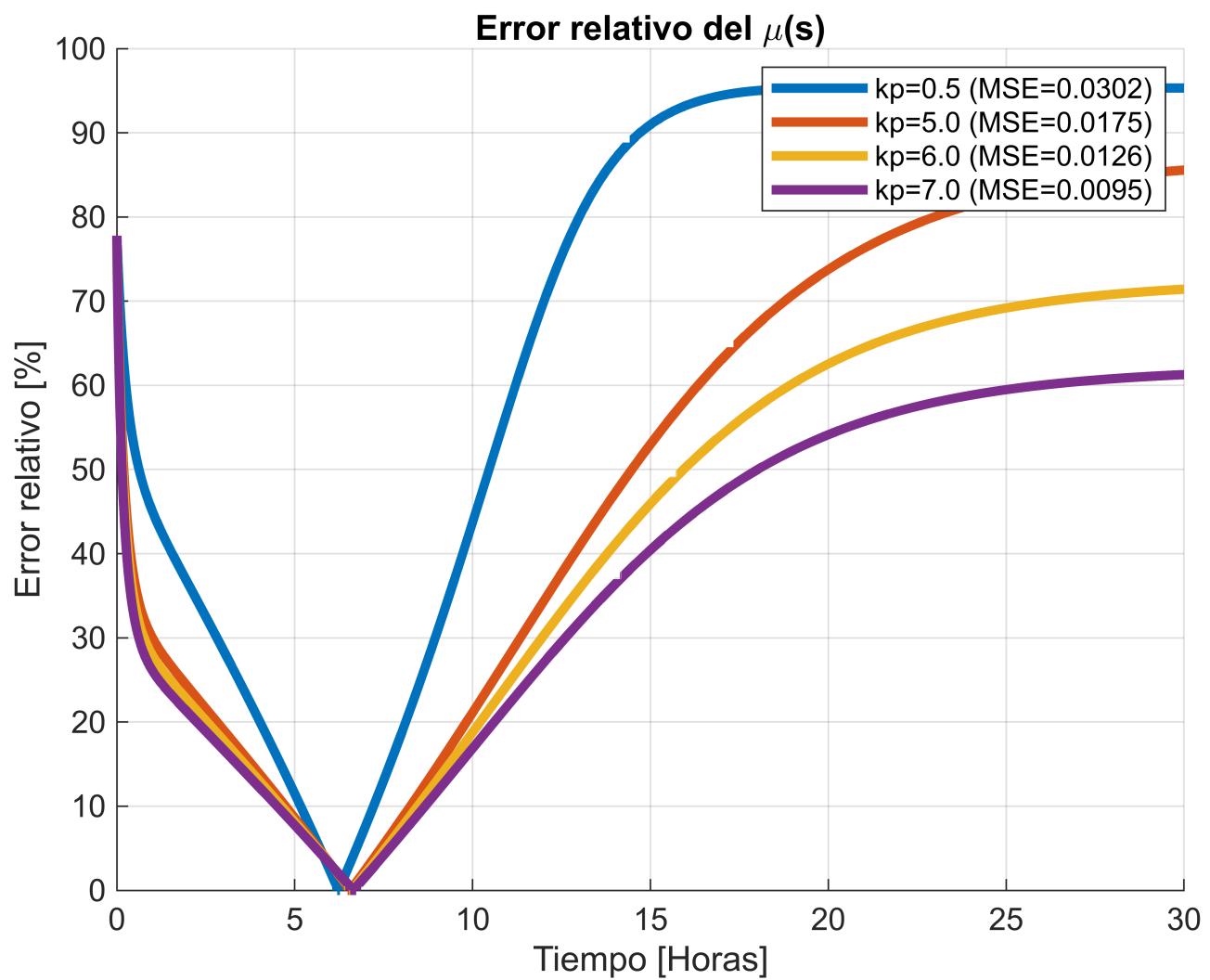
Viendo los resultados, se podría concluir que es indiferente a variaciones de  $K_s$ , por lo que es muy buen control para cuando hay incertidumbre en este parámetro

## Control a lazo cerrado

### Control proporcional al error

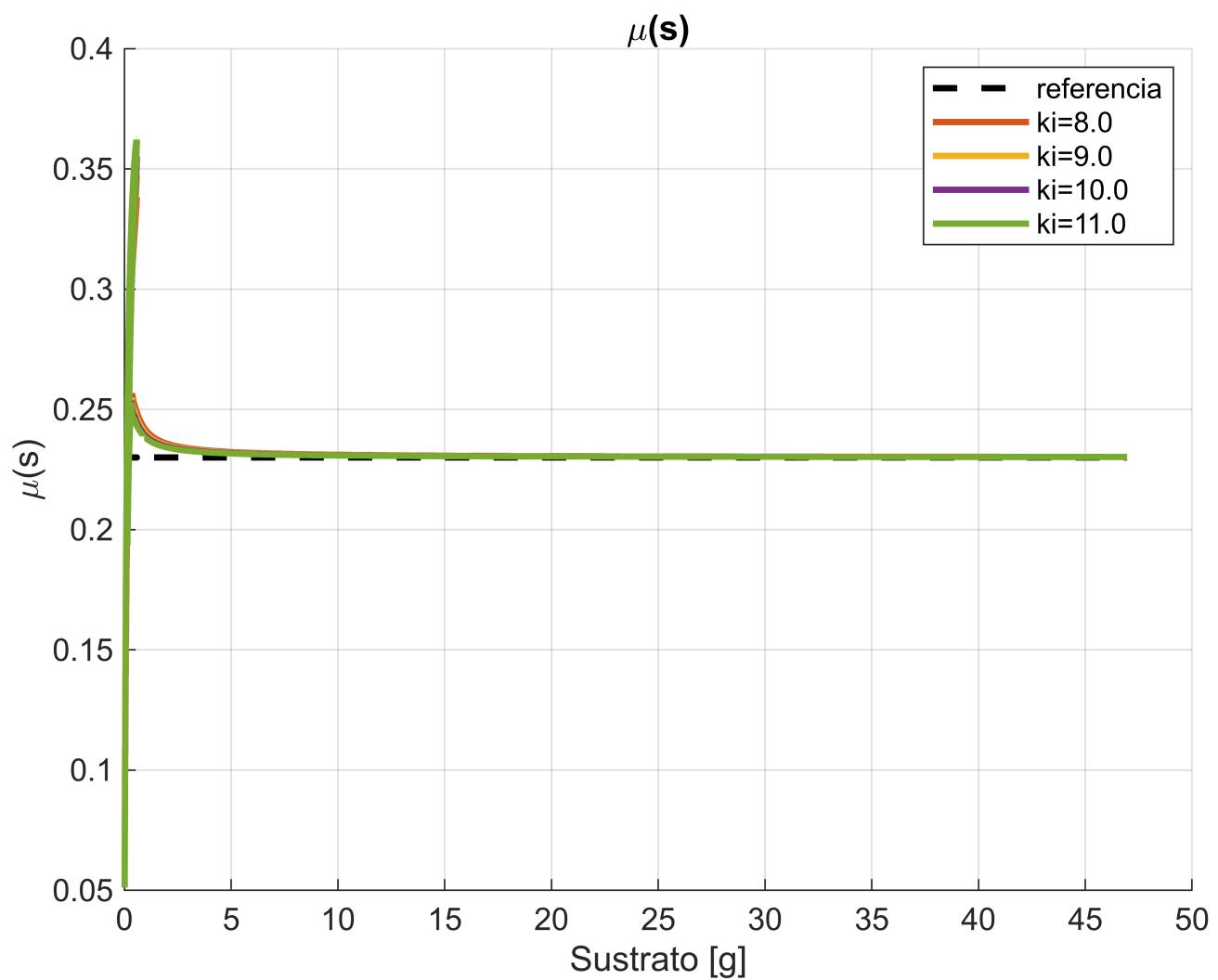
Ahora trato de implementar una ley de alimentación exponencial a lazo cerrado

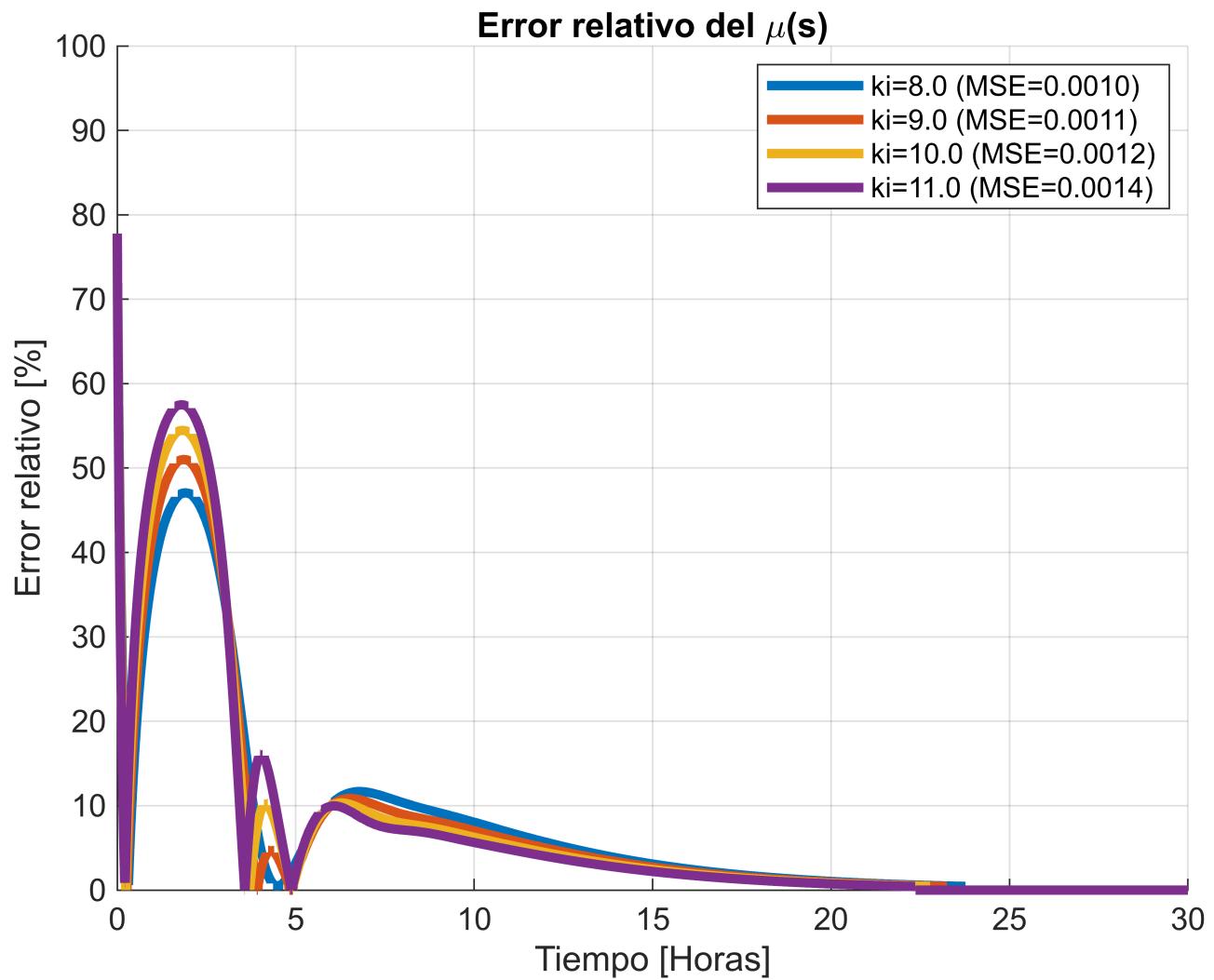




## Proporcional integrativo

Ahora agrego un término integrativo

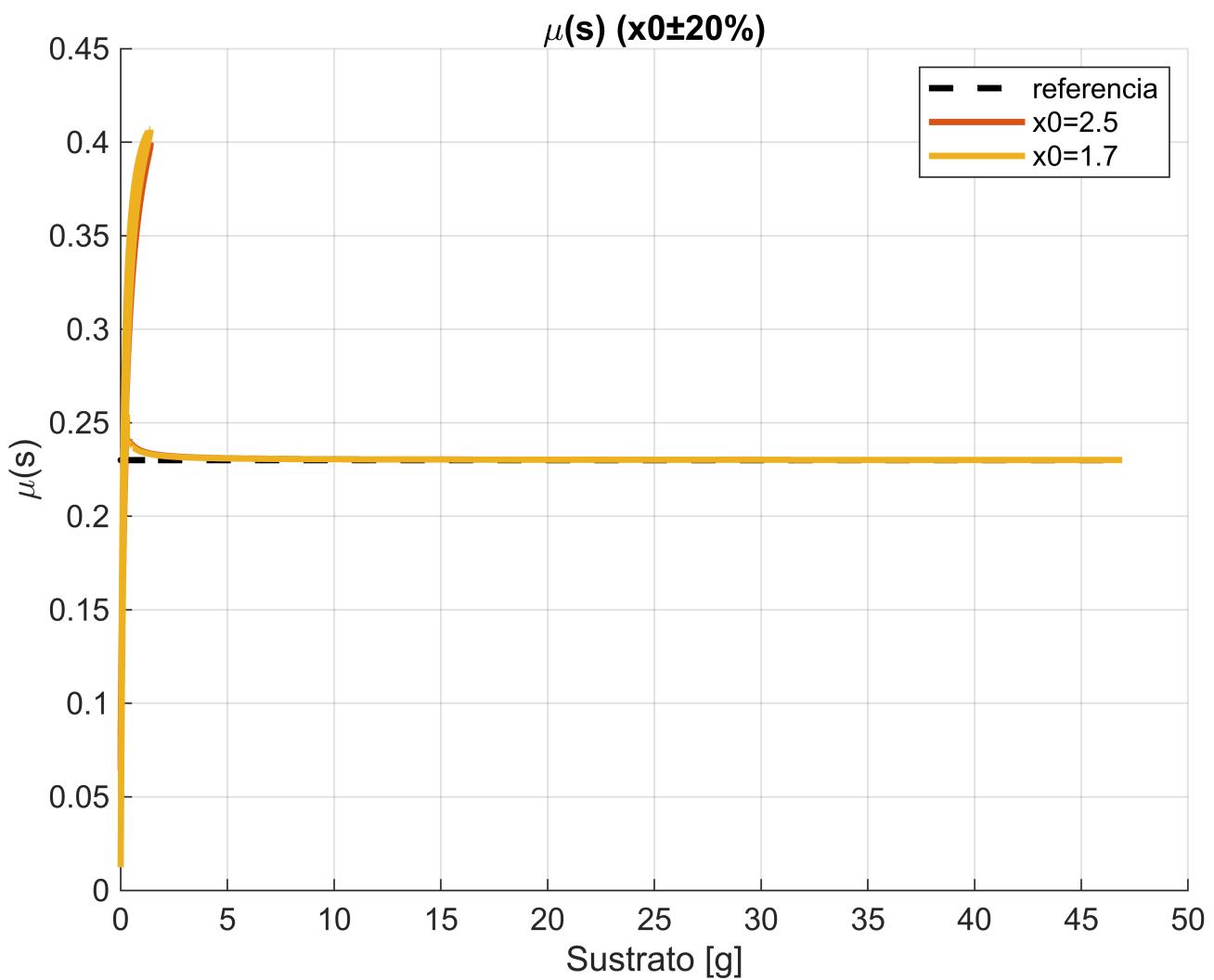


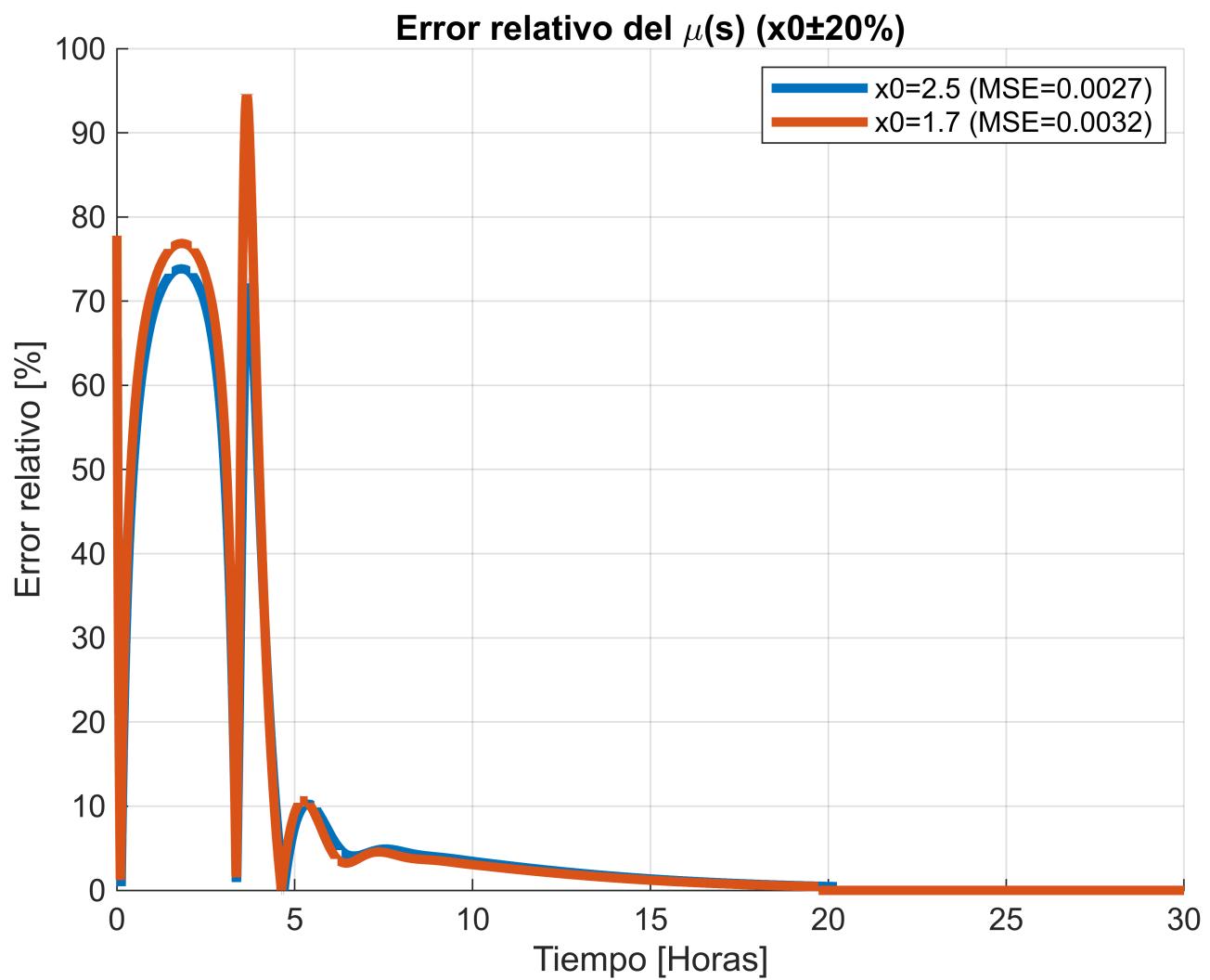


## Robustez del controlador a lazo cerrado (integrador)

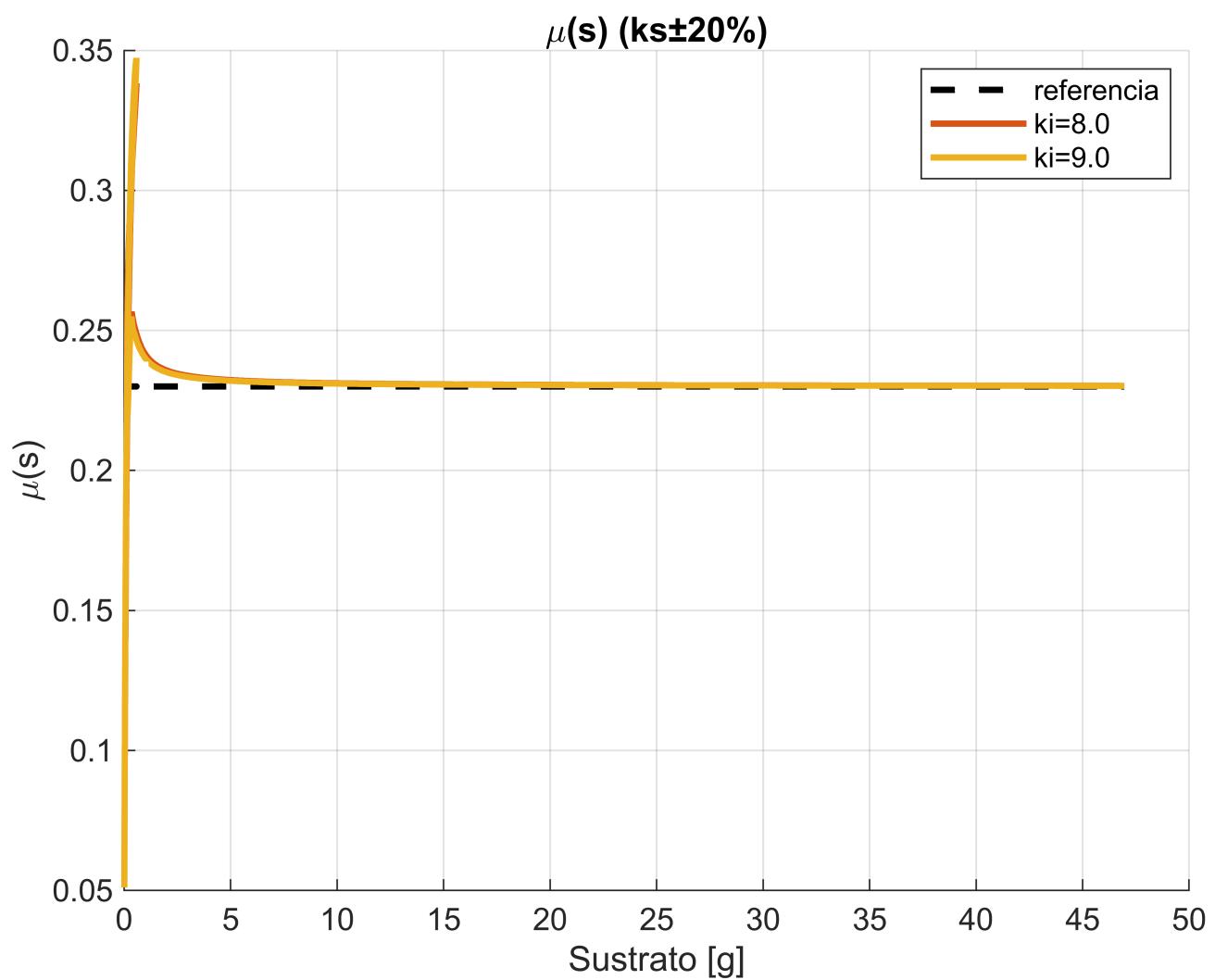
Se comprueba la robustez al igual que antes, pero solo para el caso donde se tiene un integrador

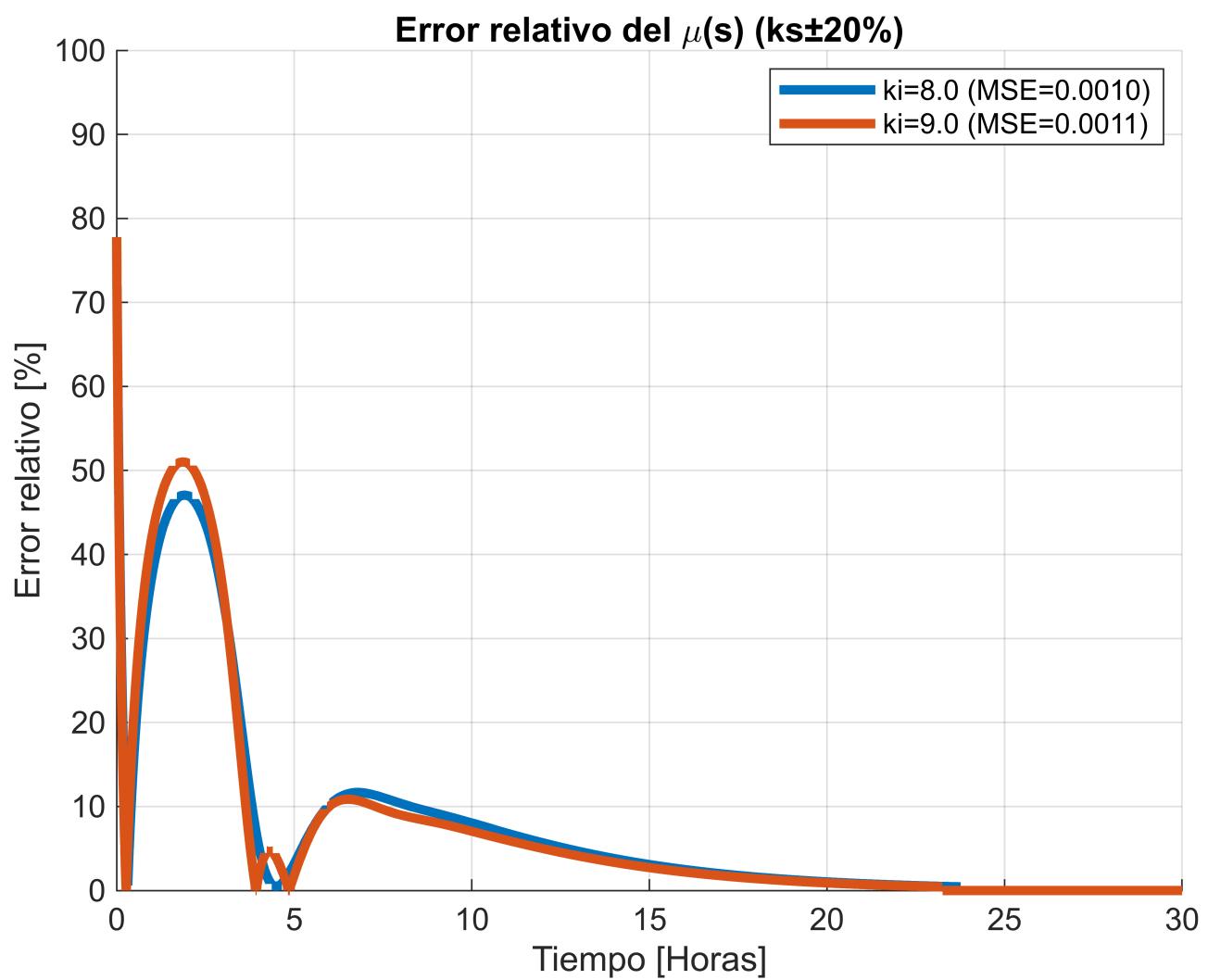
## Variaciones en $x_0$



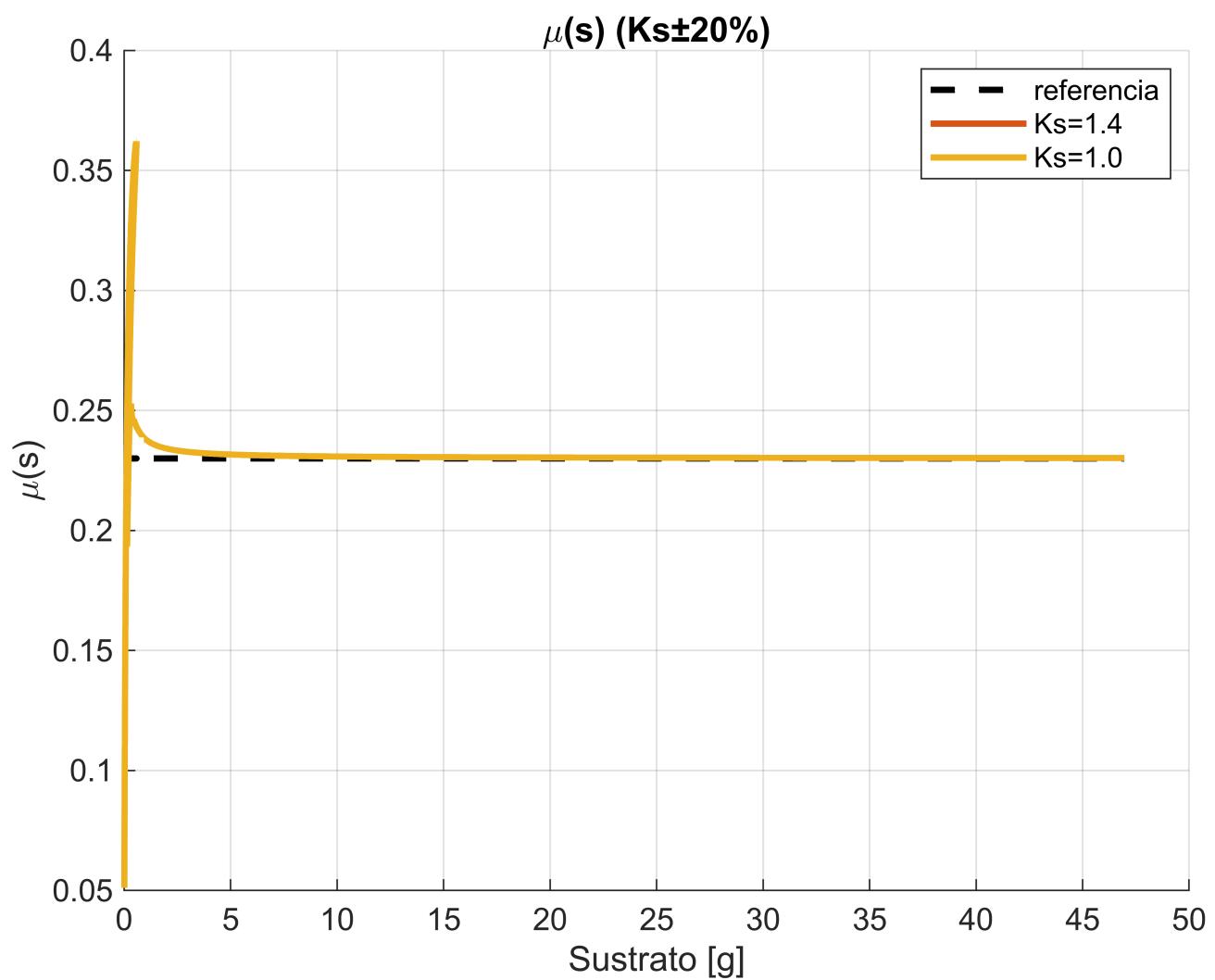


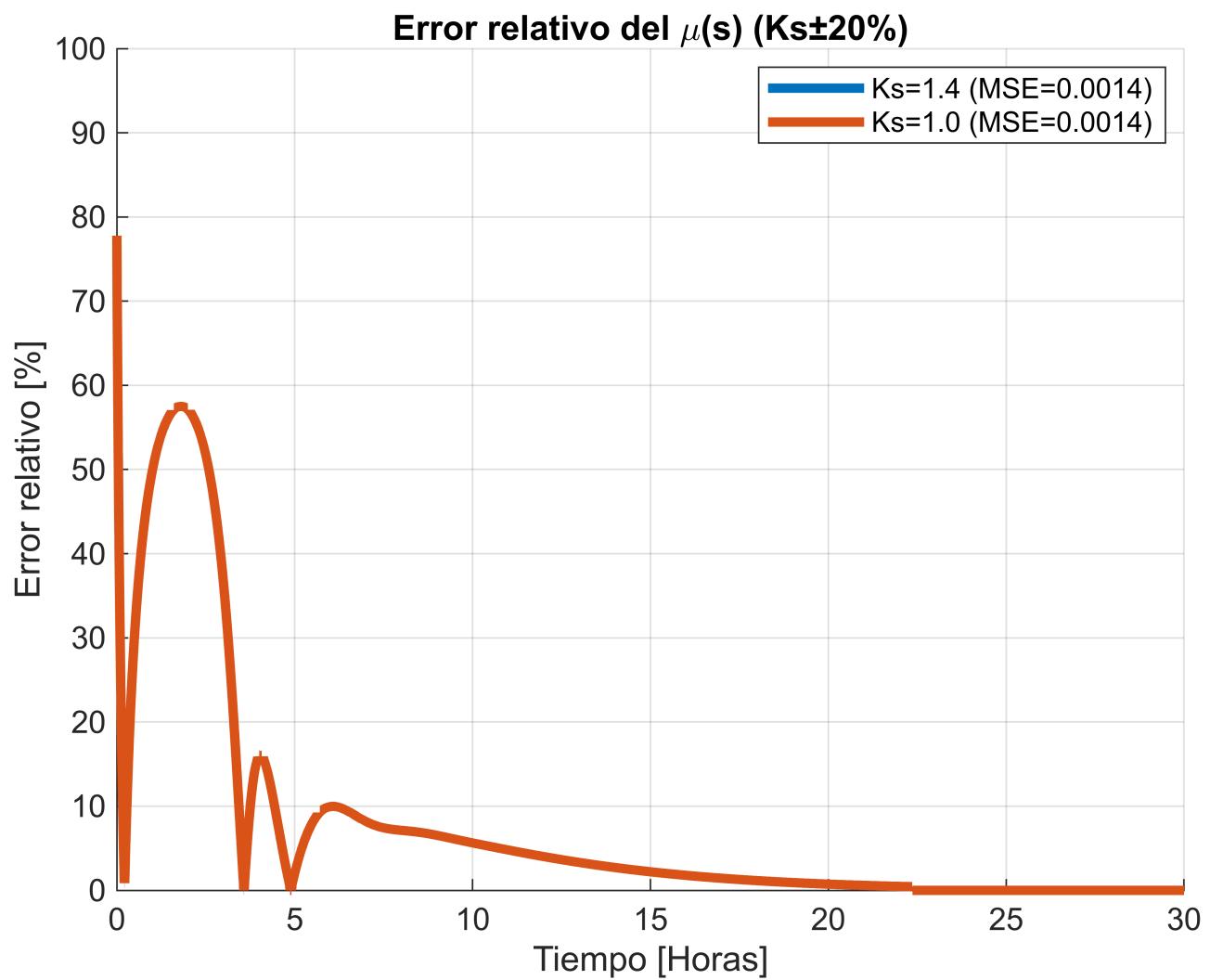
## Variaciones en ks





### Variaciones en Ks

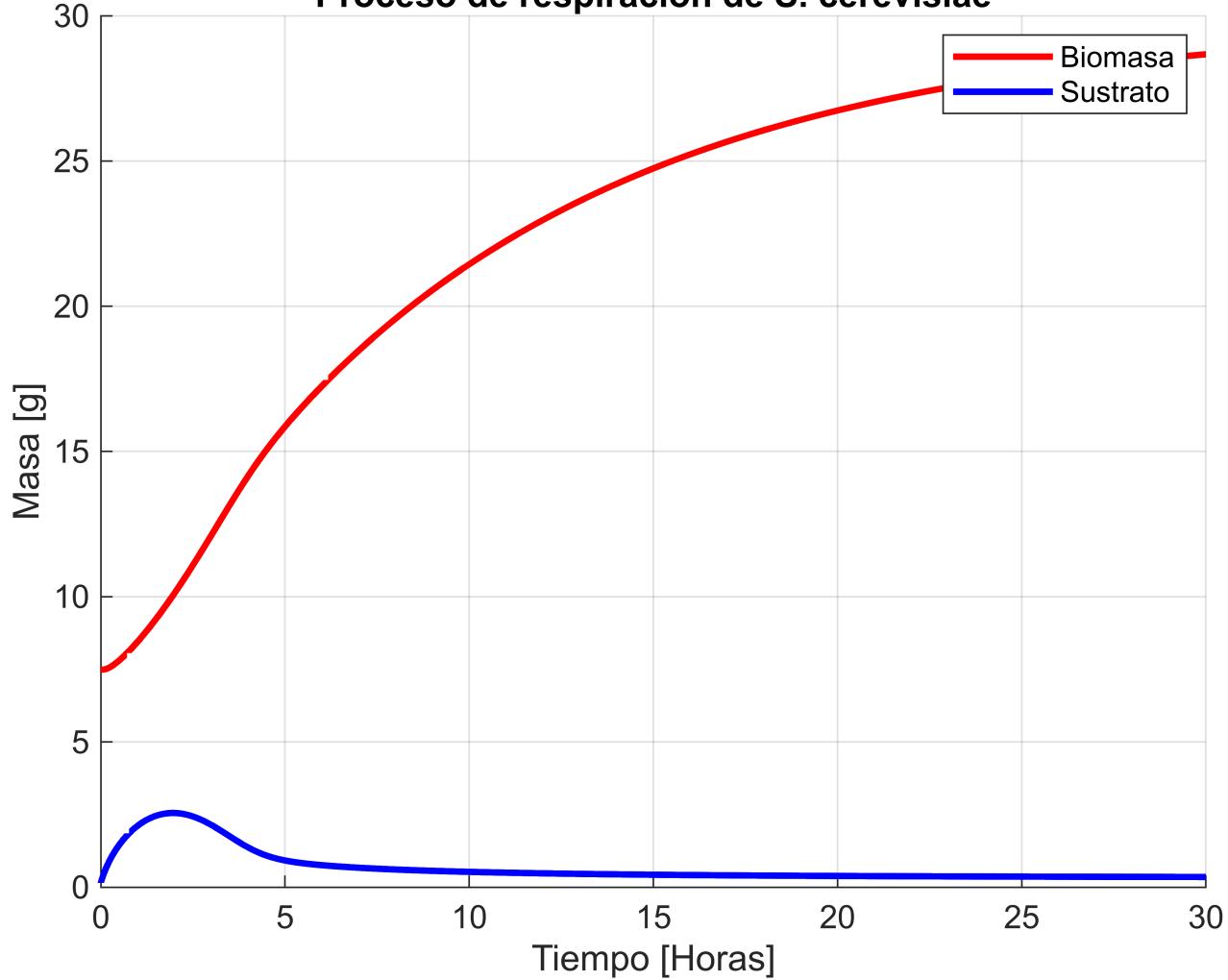


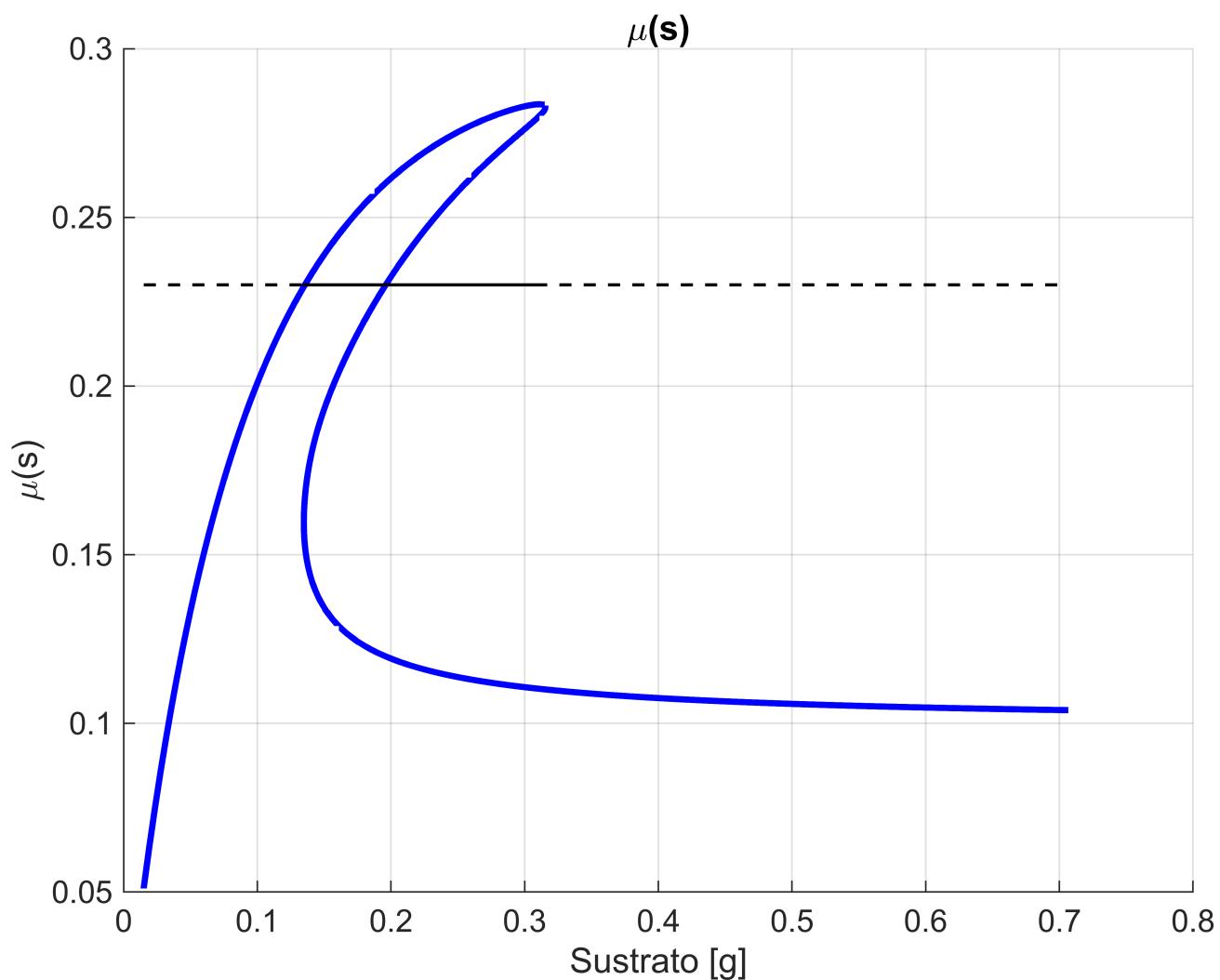


## Modelo cinético de Haldane

Se simula el sistema sin control. Para ver como se comporta  $\mu(s)$  y así poder calcular el  $s_r$

### Proceso de respiración de *S. cerevisiae*

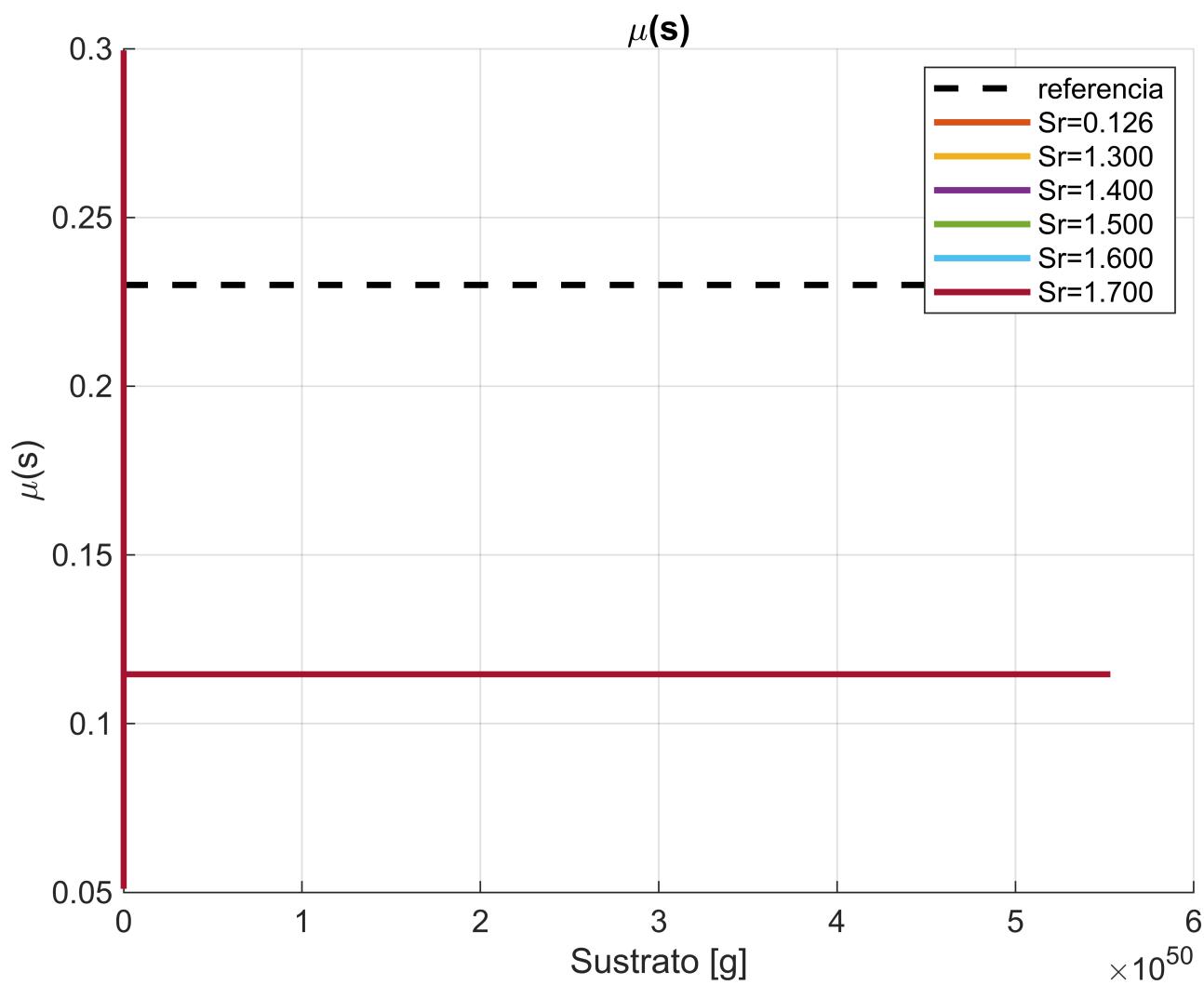




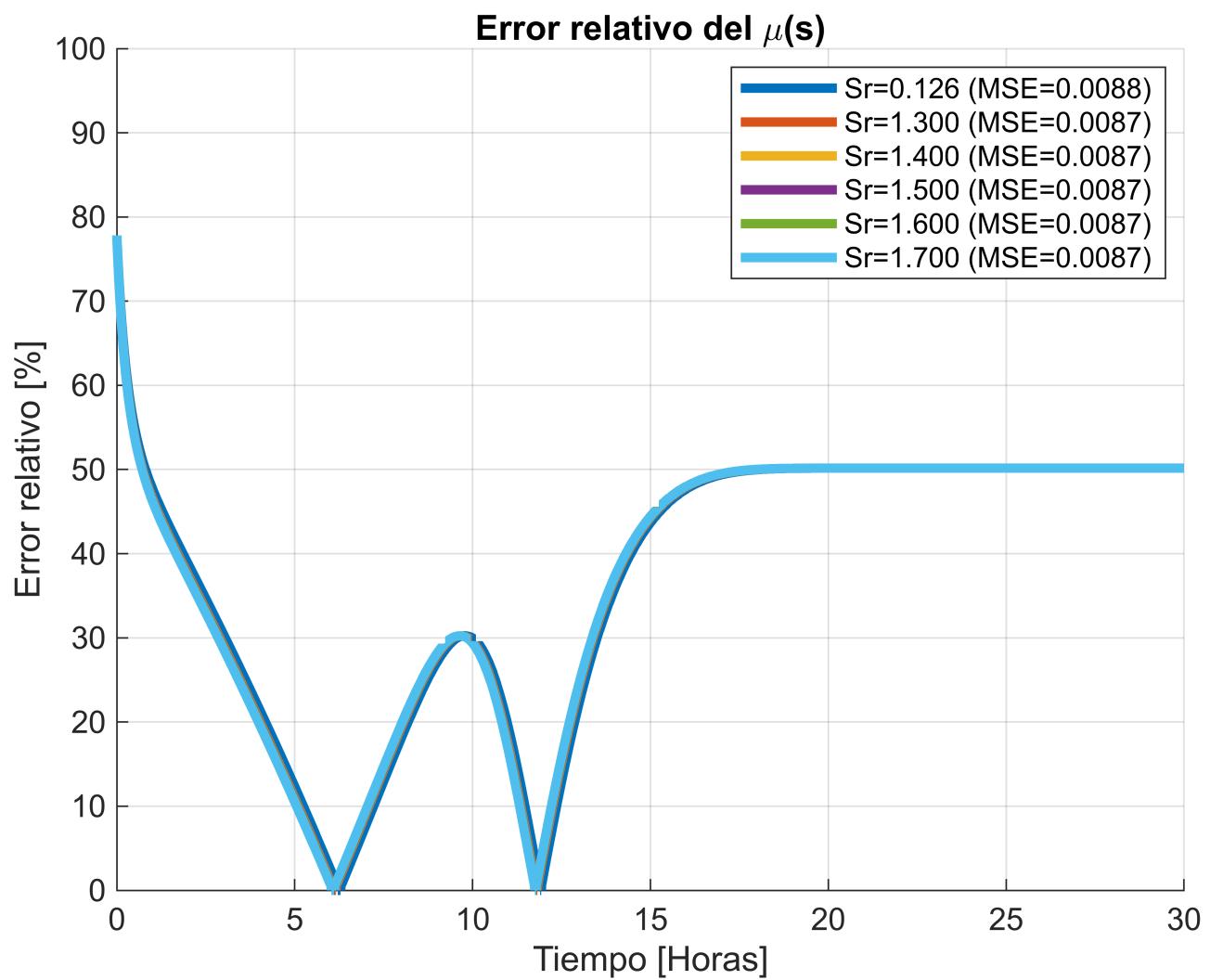
## Control con modelo de Haldane

### Control a lazo abierto

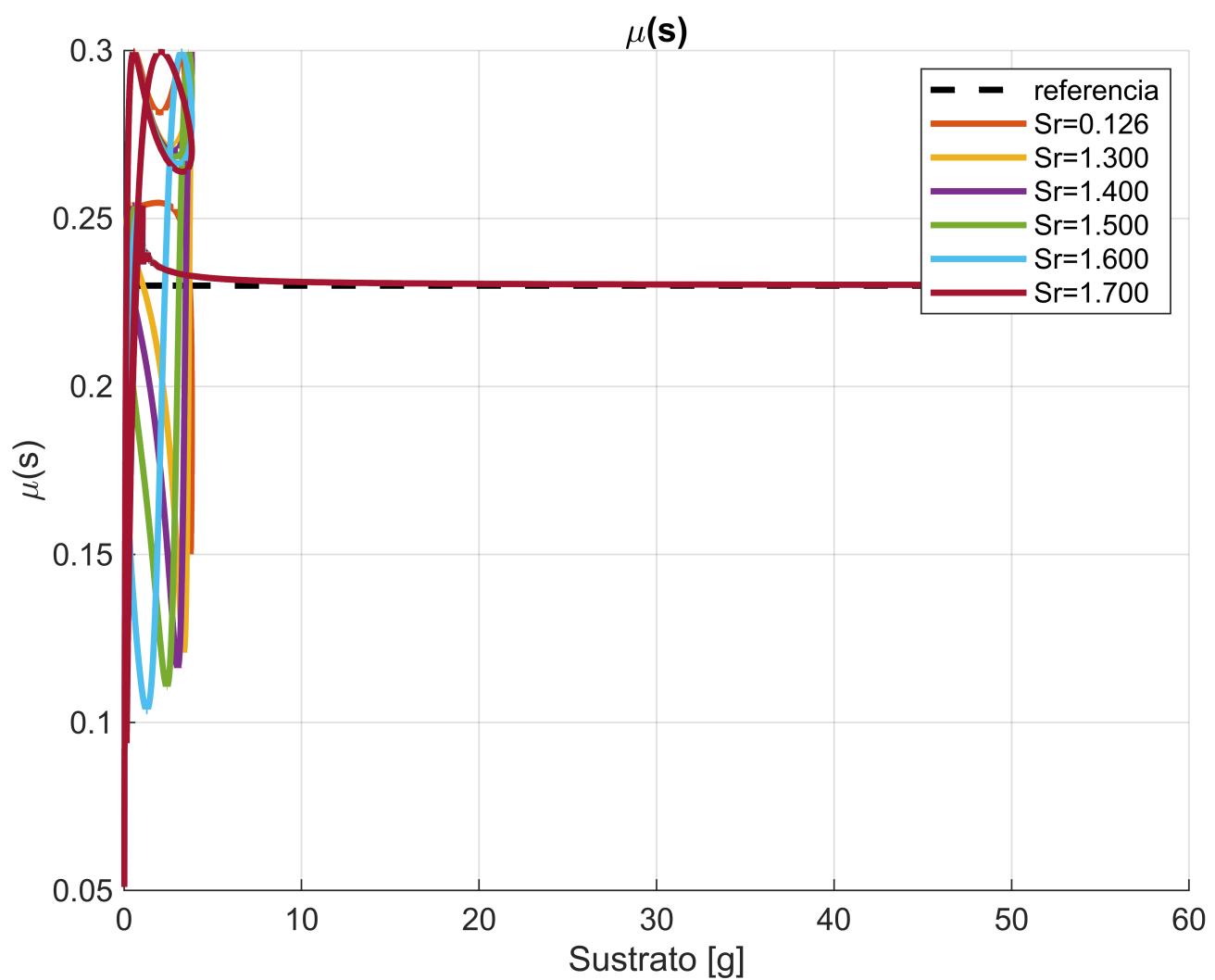
Resultados

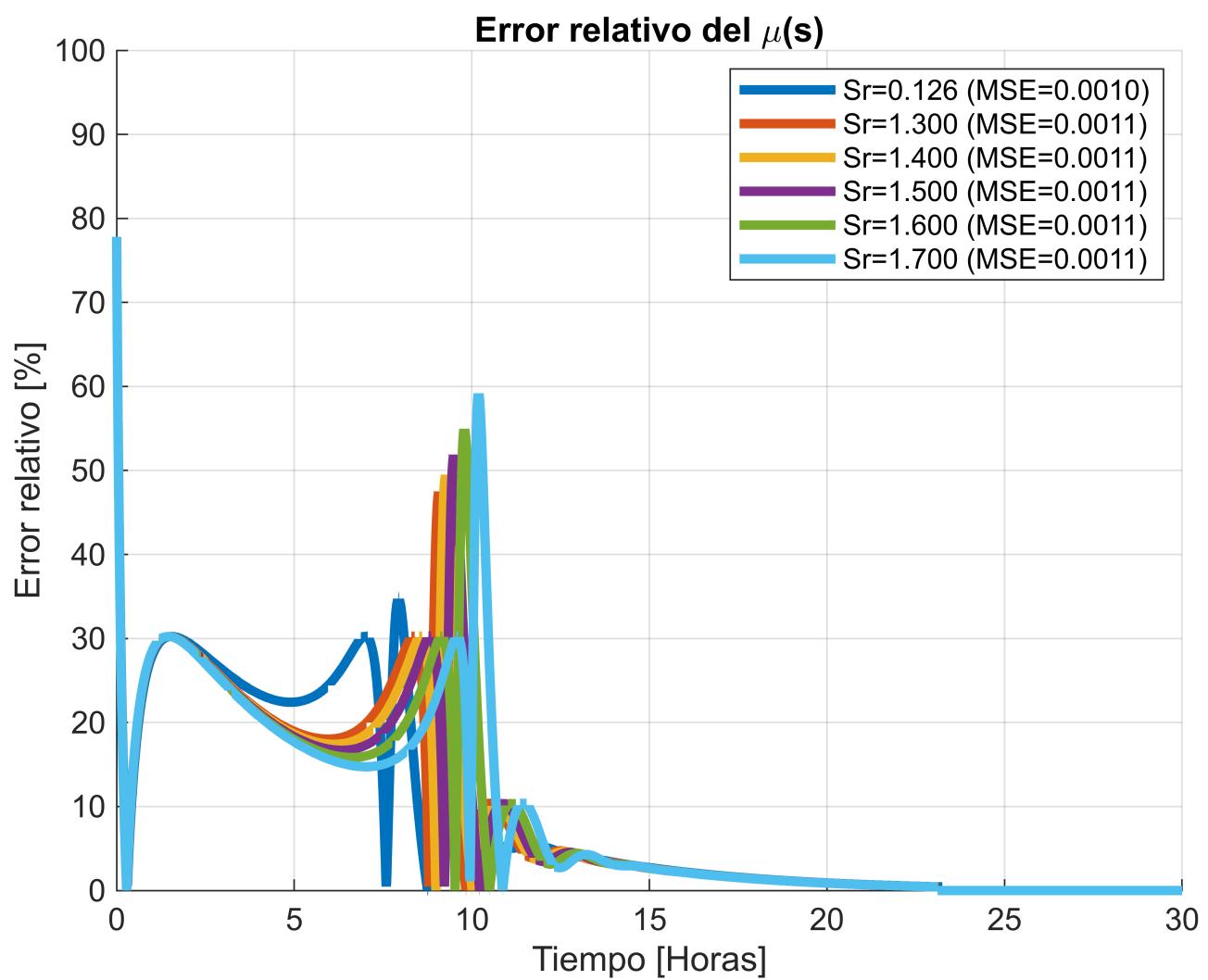


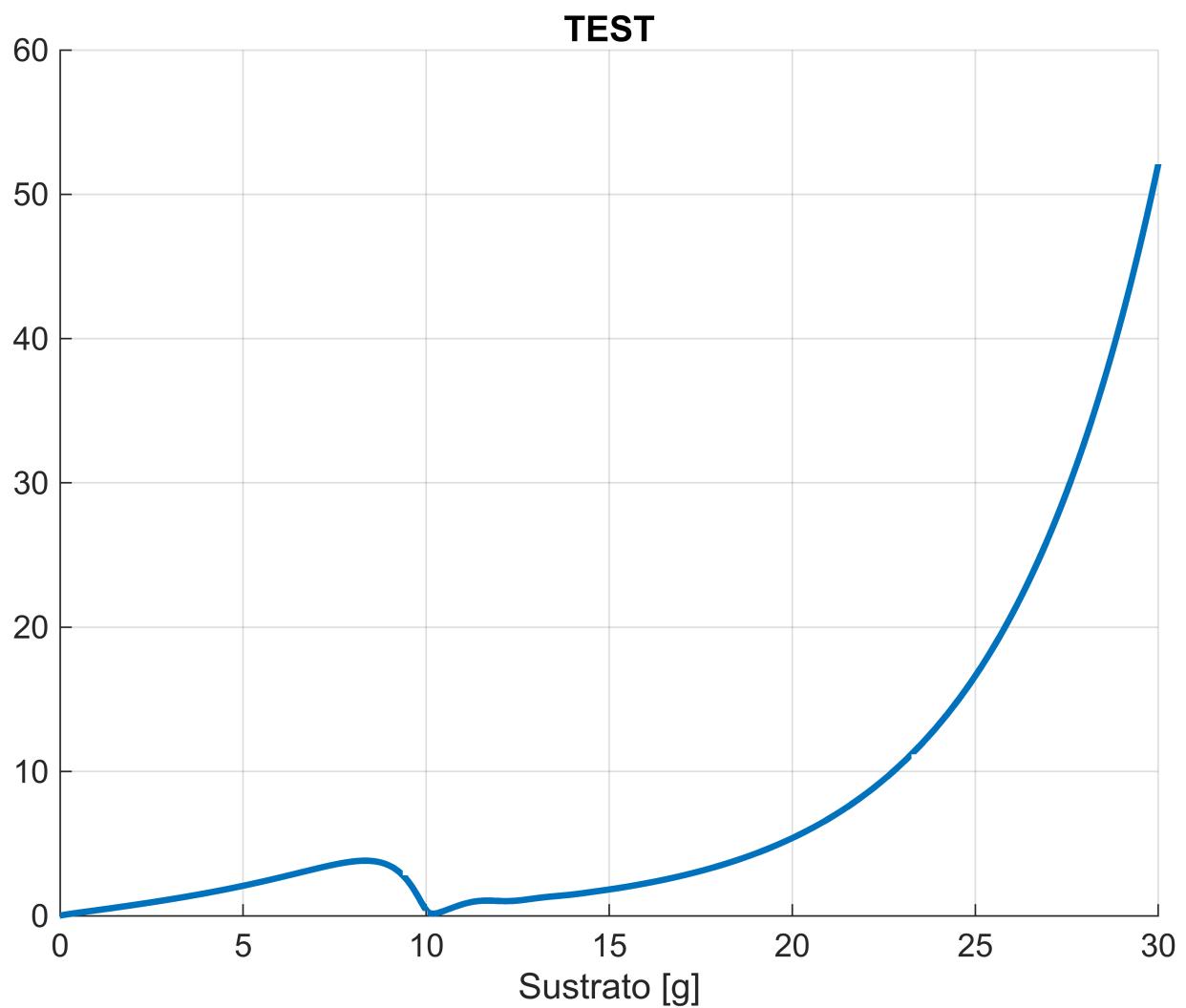
Errores relativos



**Control a lazo cerrado Haldane (integrador)**

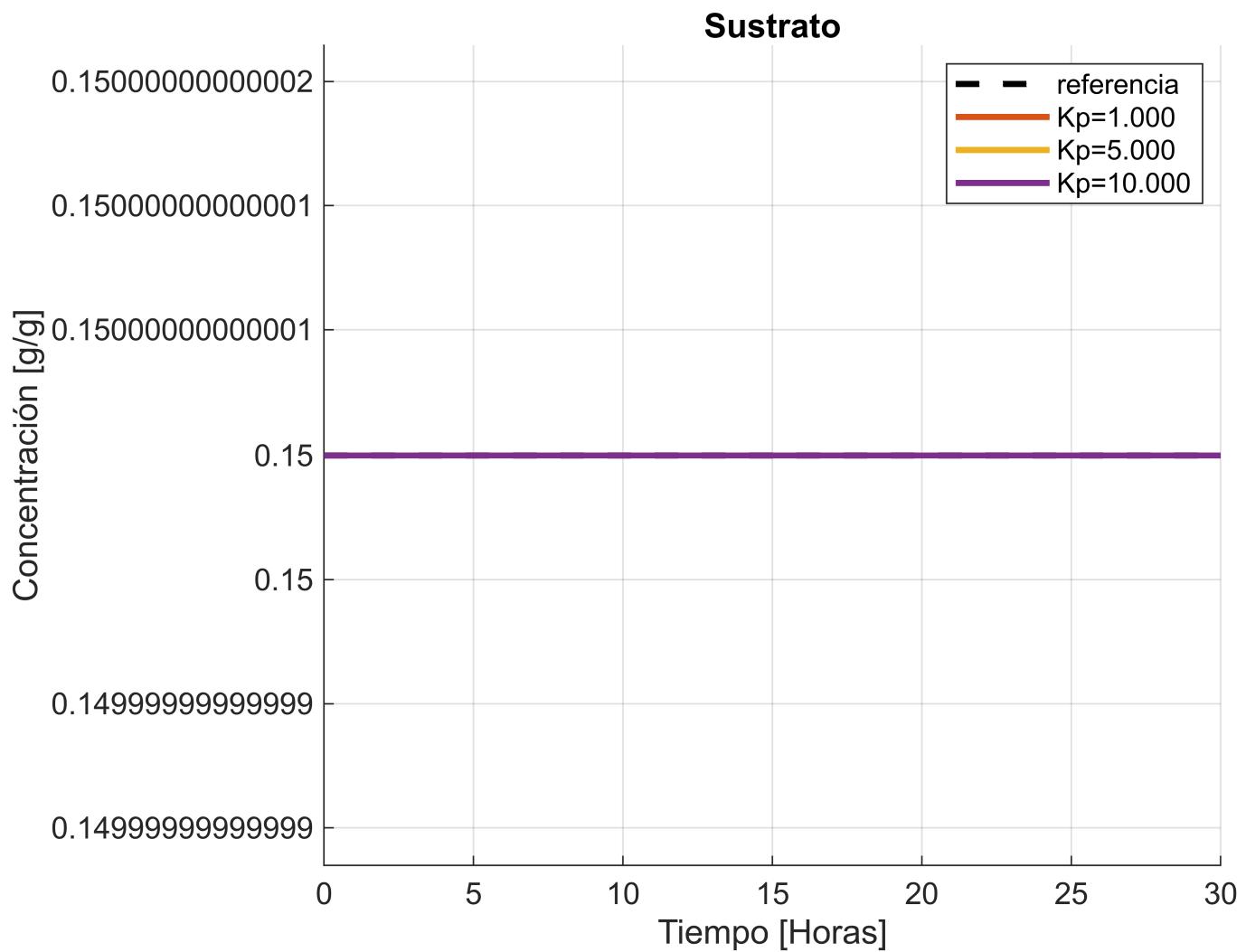


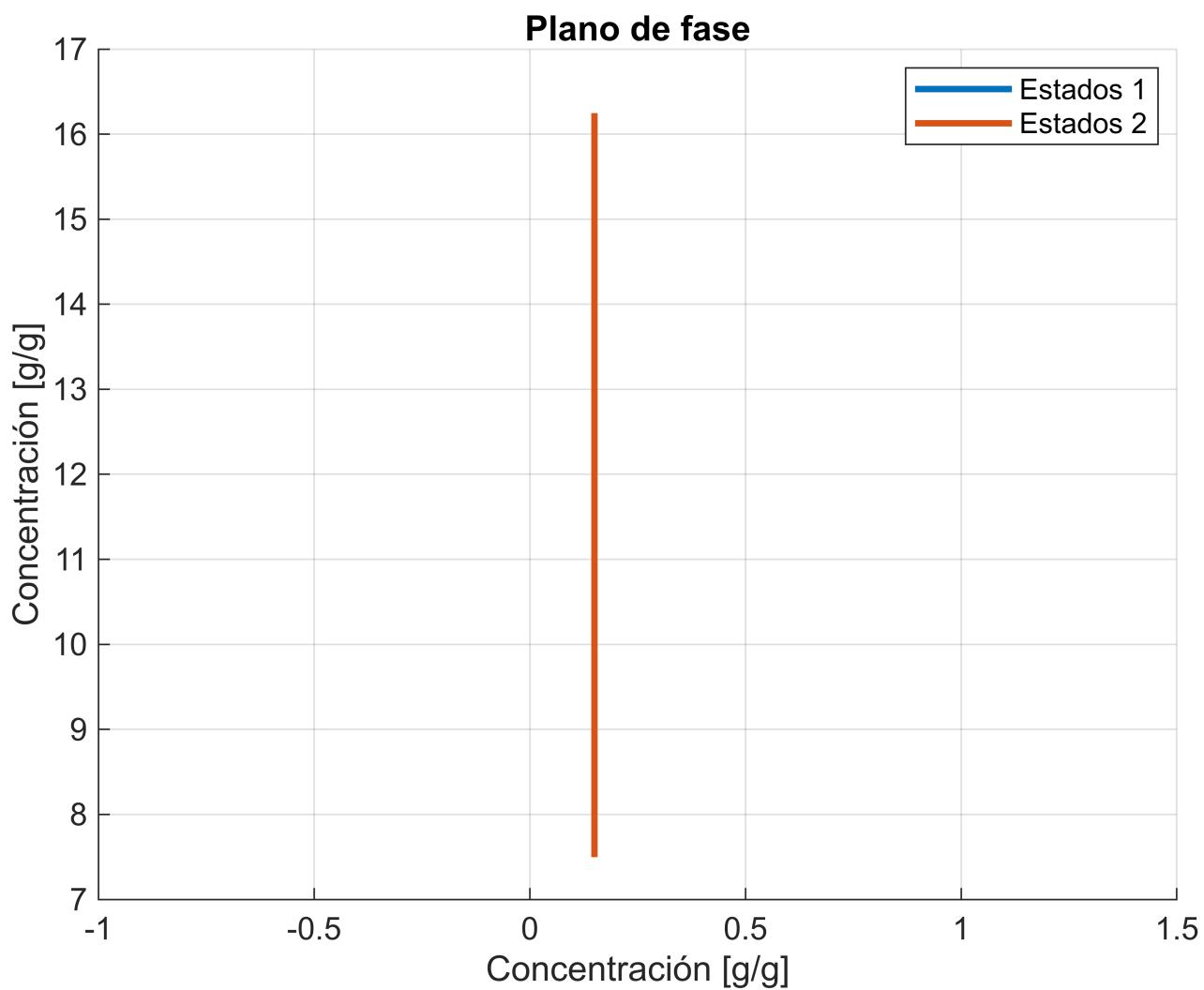


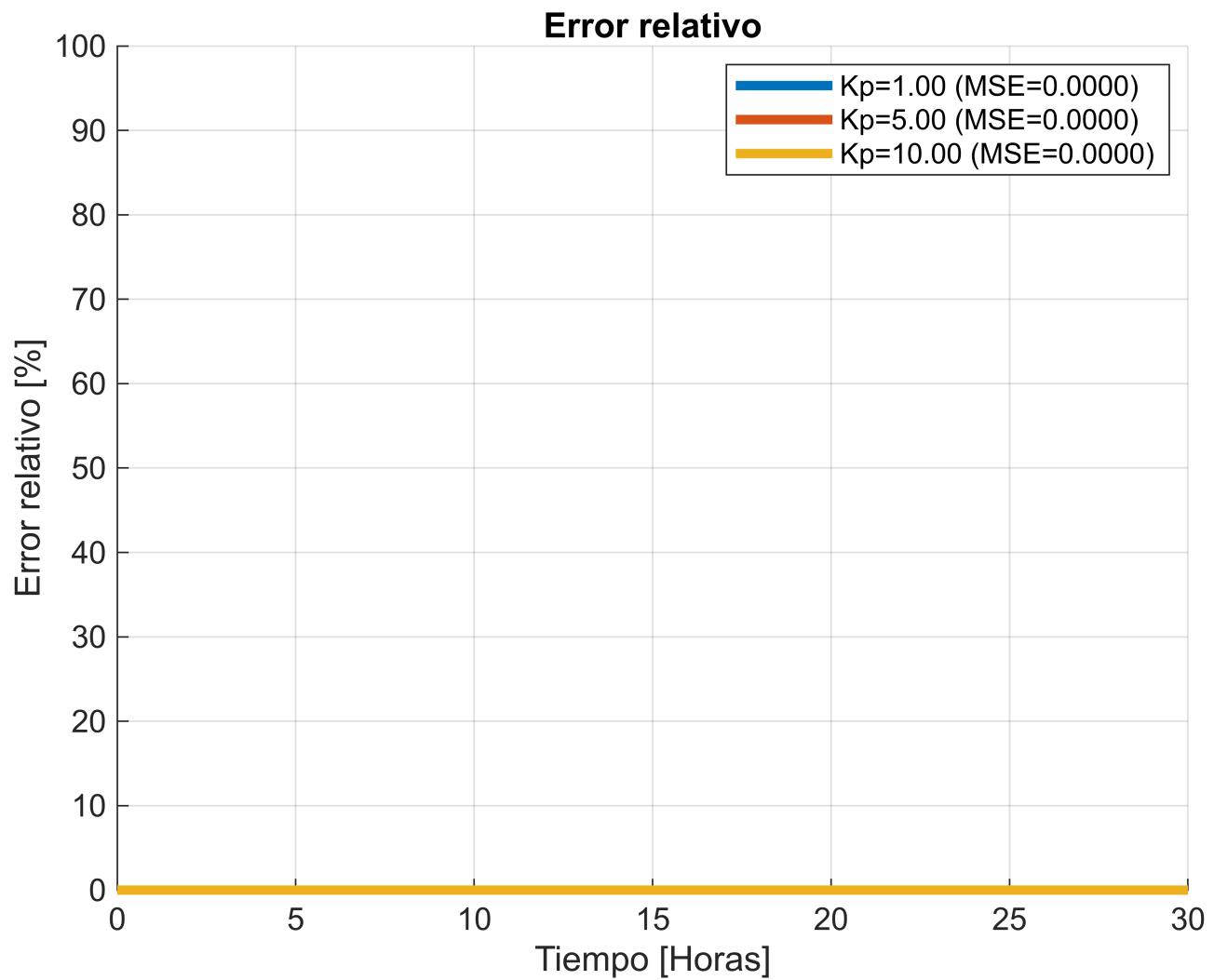


## Control linealizante

Se quiere regular la concentración de sustrato implementando un control linealizante



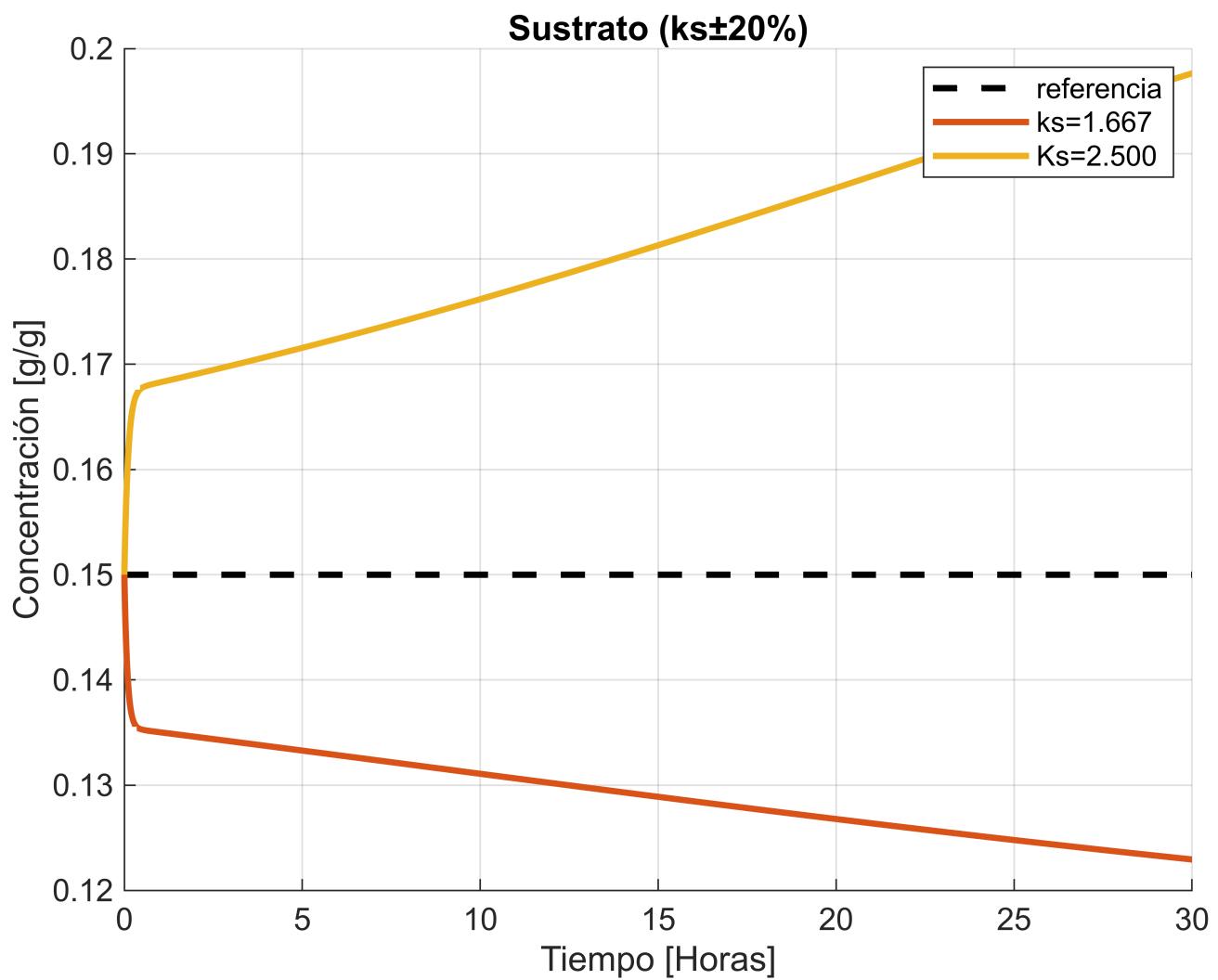


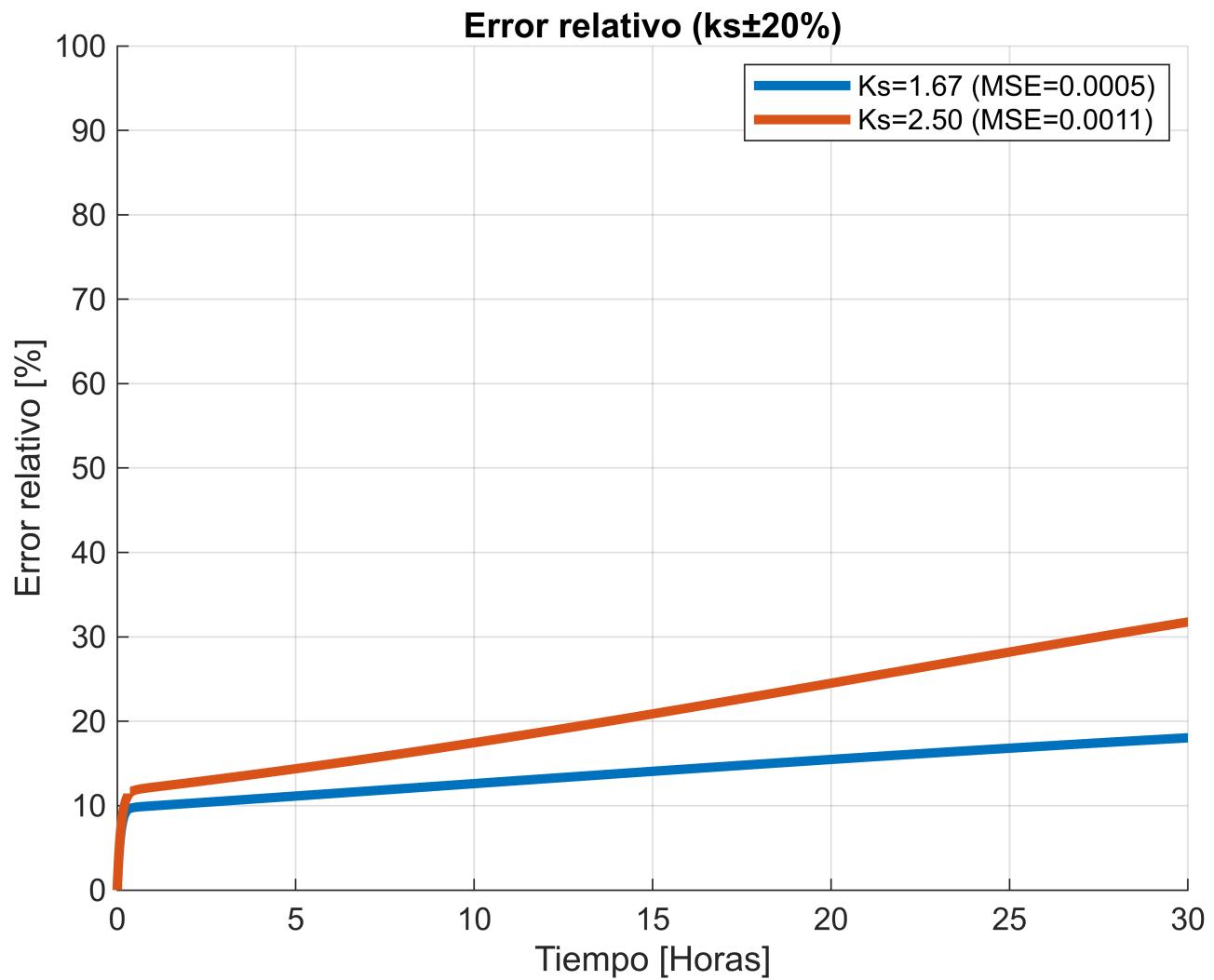


### Control linealizante con variaciones en los parámetros

Que pasa si se tienen variaciones del 20% en los parámetros del controlador

### Variaciones en ks

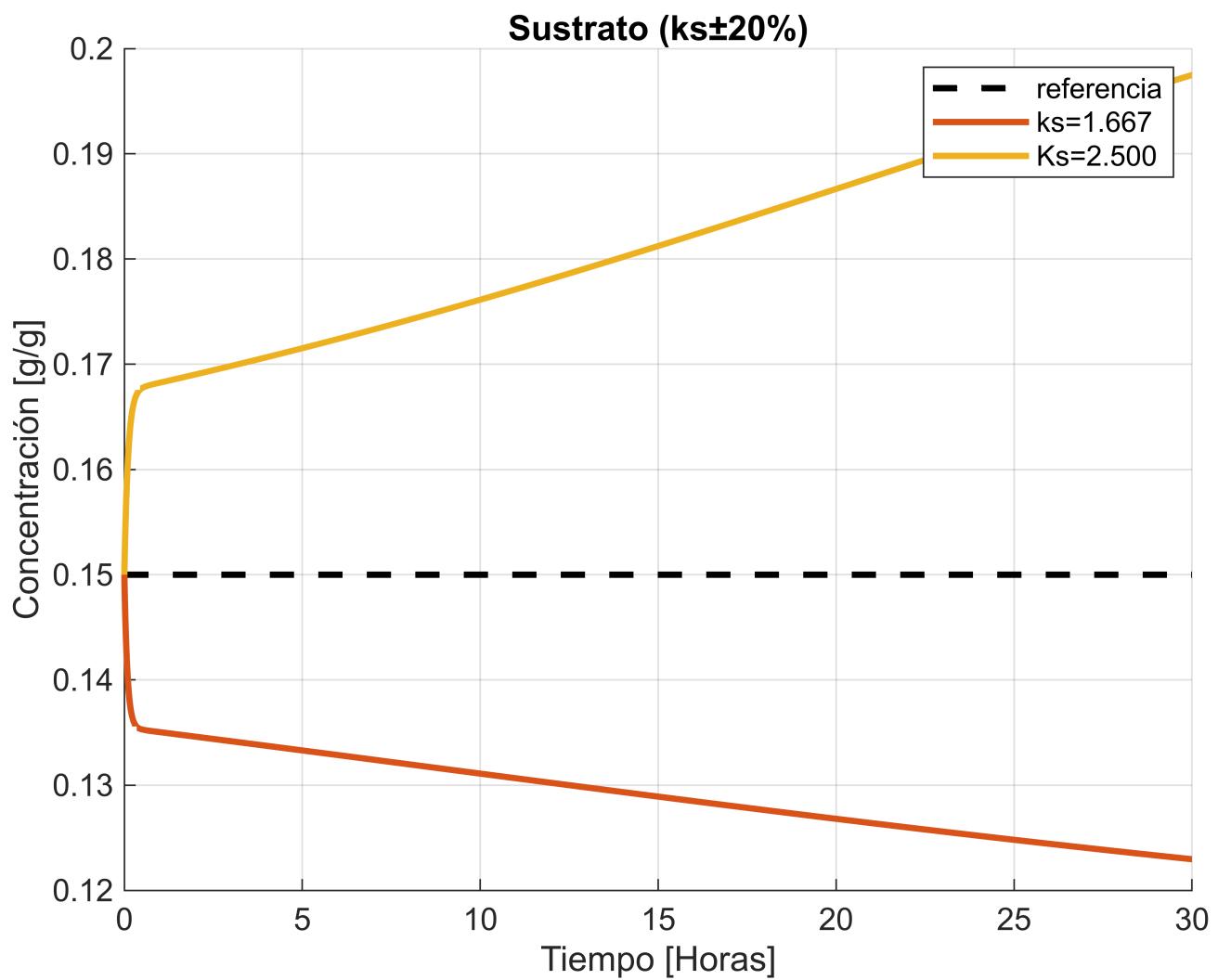


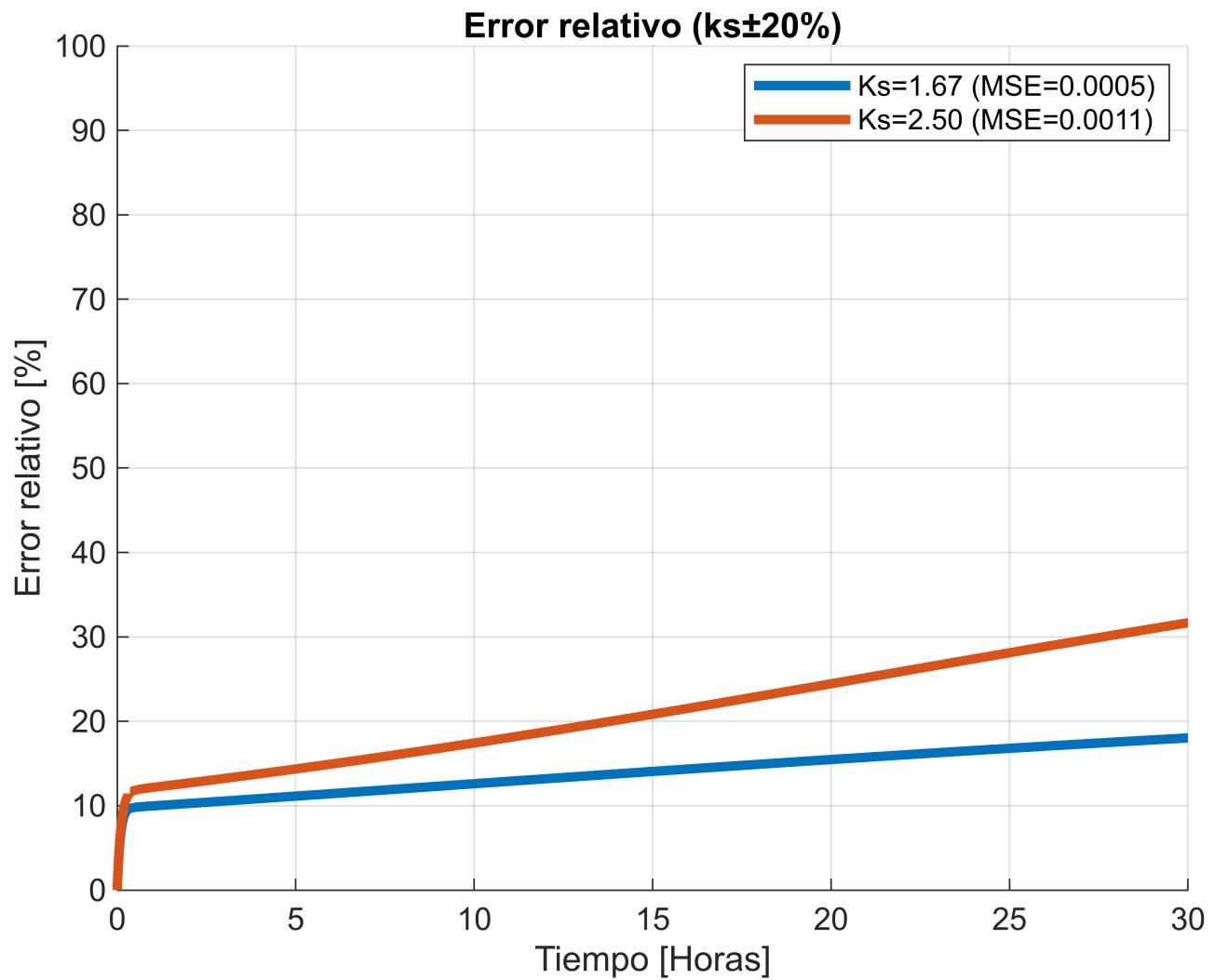


Es muy dependiente de  $ks$ . Varía demasiado. Pero se puede arreglar bastante con un ajuste proporcional ( $kp$ )

### **Variaciones en $Ks$ con el modelo de Haldane (en simulacion)**

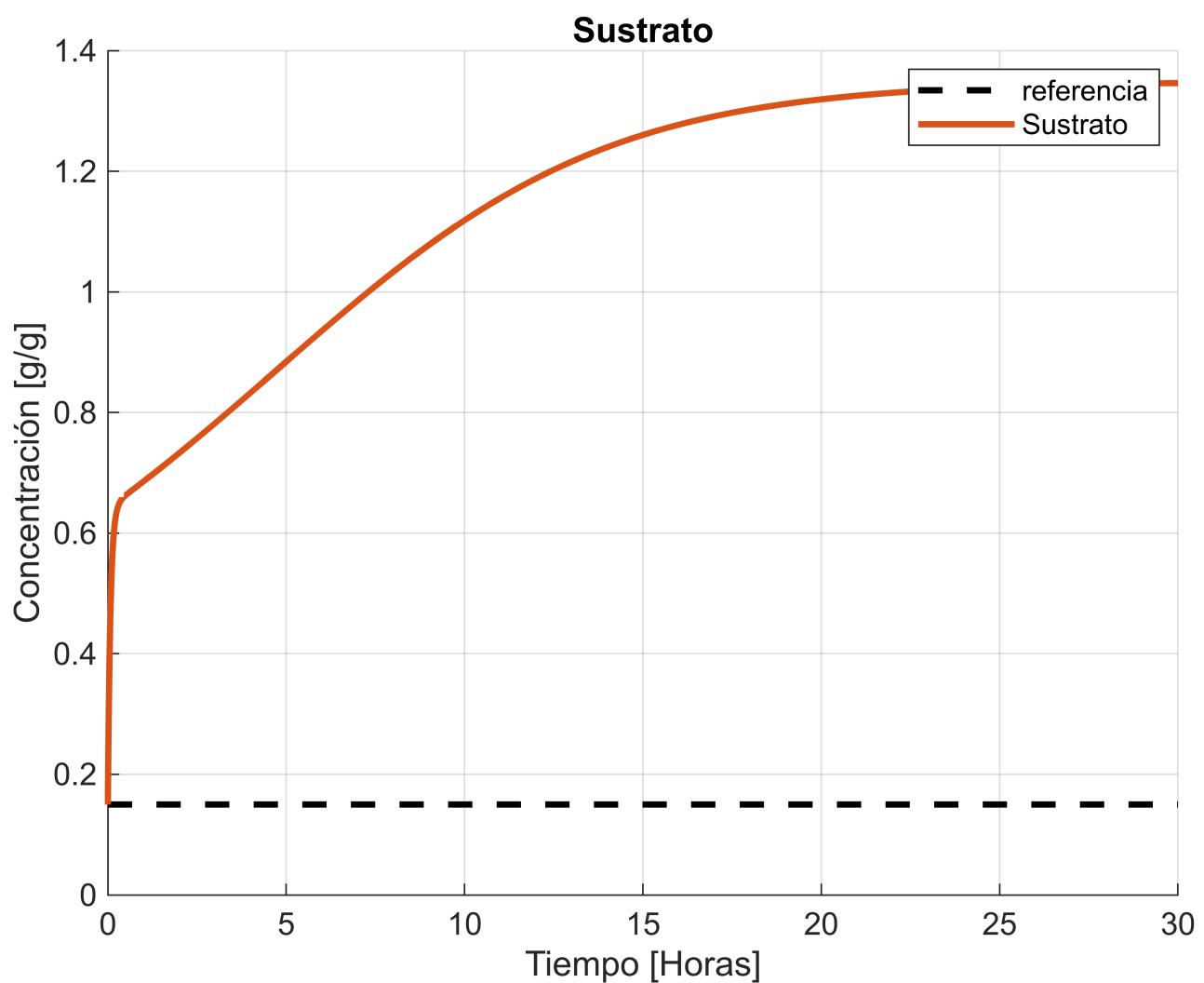
Se emplea el modelo de Monod para diseñar el controlador, pero se simula empleando el modelo cinético de Haldane

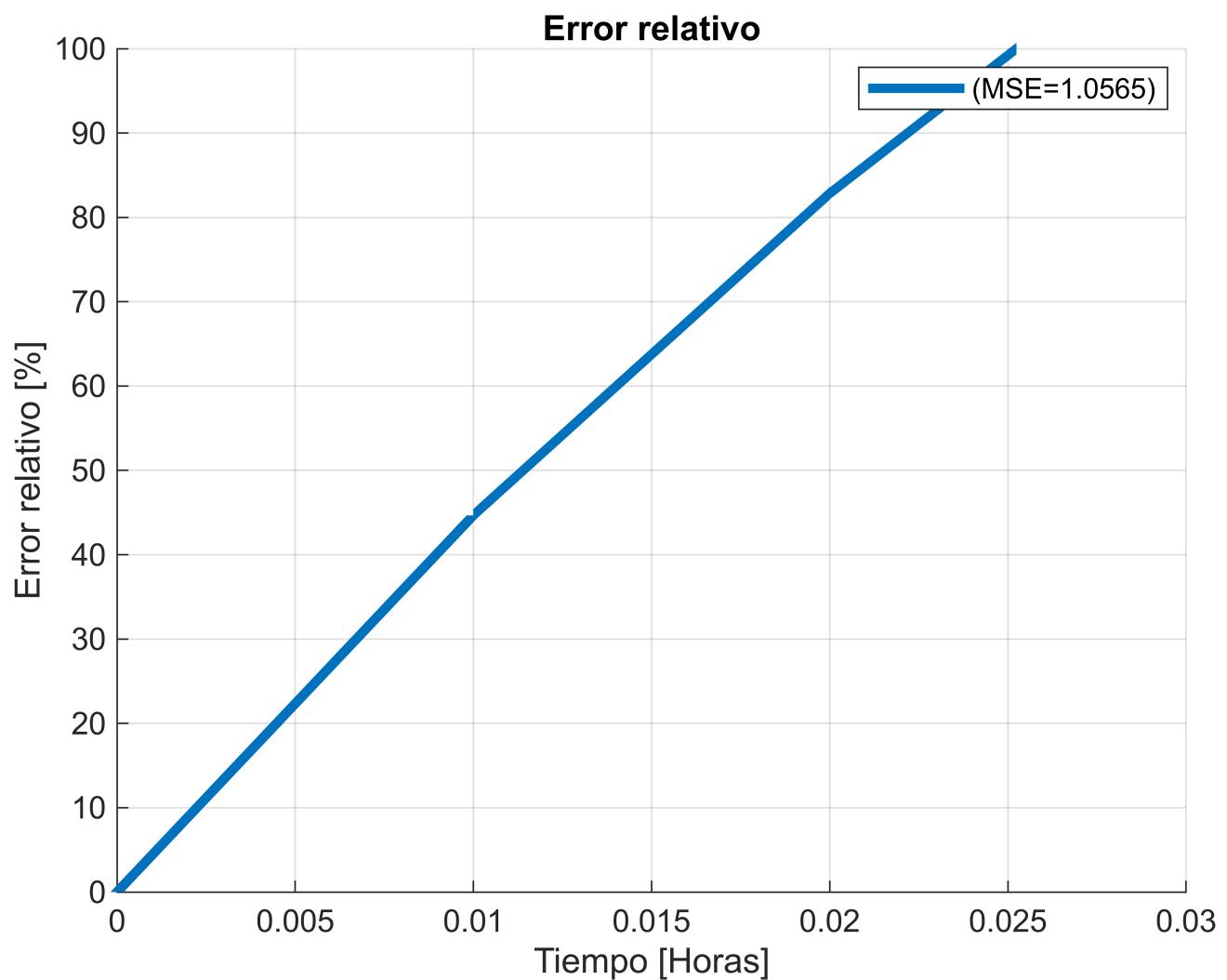




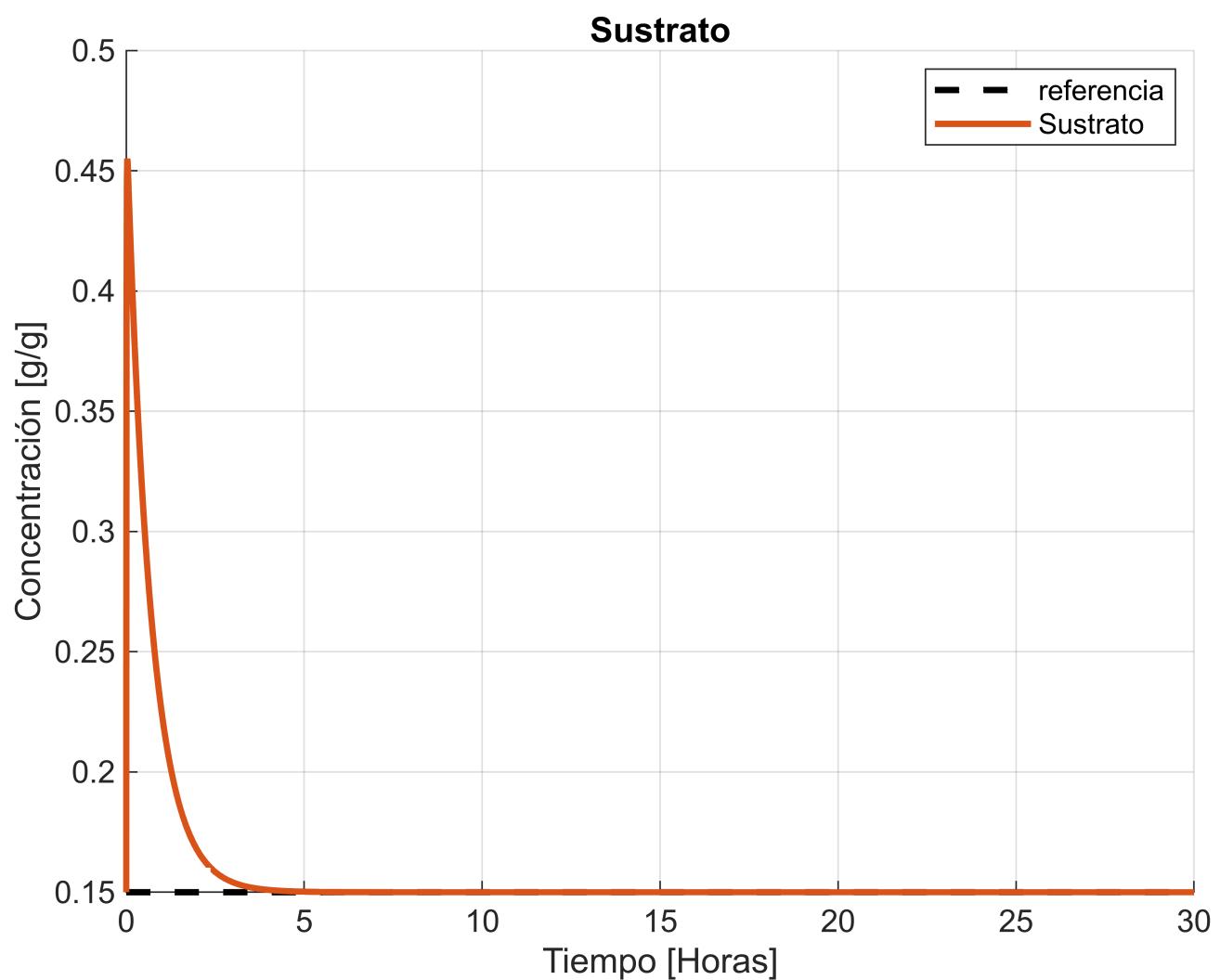
### No se el consumo de sustrato

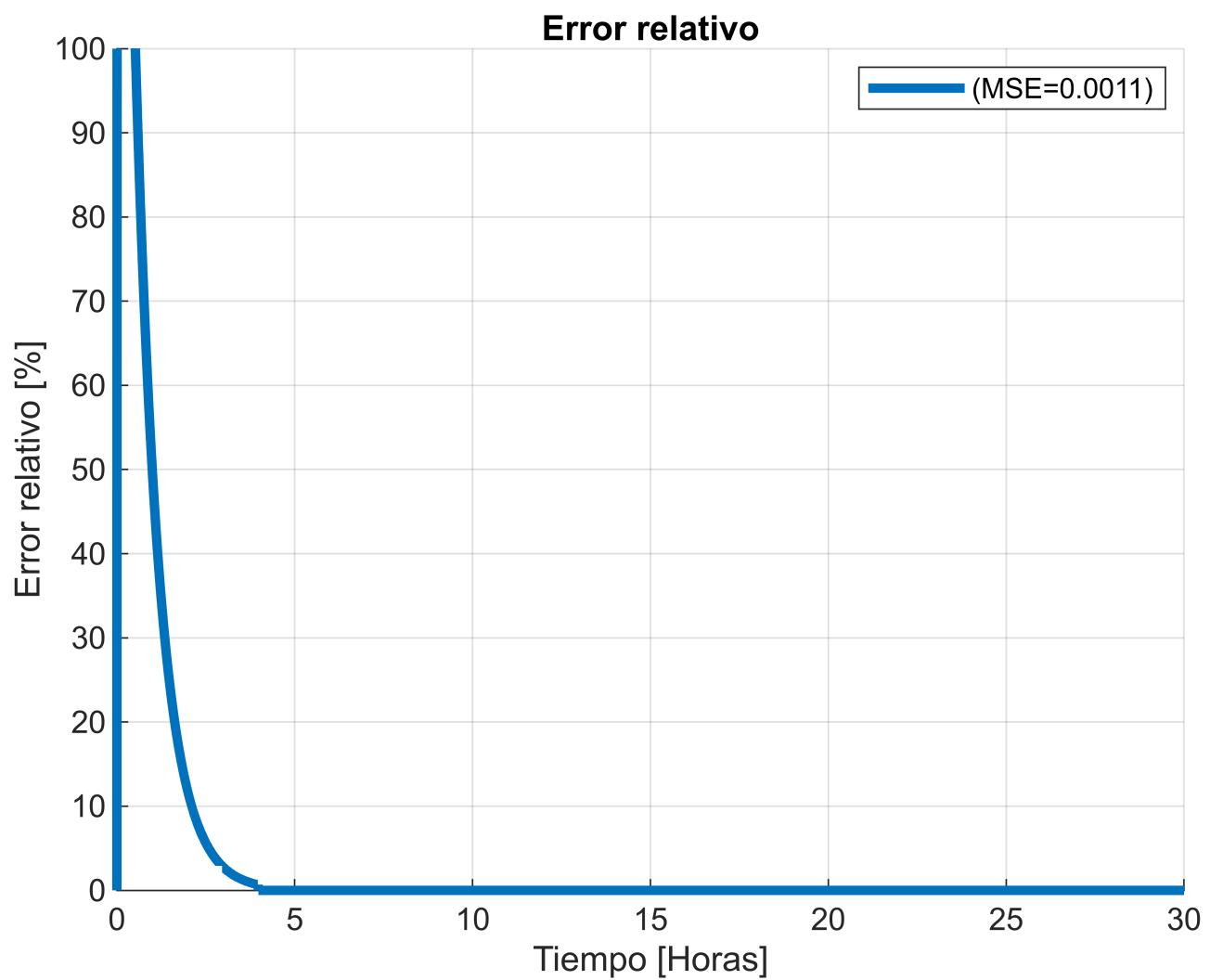
El consumo de sustrato es  $q_s = k * \mu(s)$ , y se asume desconocido. Por lo que simplemente lo ignoro del controlador





Al ignorar este término, efectivamente lo que ocurre es que incrementa el error al estado estacionario. Por lo que incluyo un integrador





Lo que hice fue considerar que el error es proporcional e integrativo con respecto a los parámetros que si puedo medir, entonces ahí el error se eliminó por completo en el estado estacionario