

# Trabajo Práctico: Control en sistema de cultivo fed batch y continuo

## Ejercicio 1:

Considerando el proceso de respiración de *S. cerevisiae* con sistema de cultivo fed-batch:

$$\begin{cases} \dot{x} = \mu x - Dx \\ \dot{s} = -k\mu x + D(s_{in} - s) \\ \dot{V} = F_{in} \end{cases} \quad (1)$$

donde:

$$\mu(s) = \mu_{max} \frac{s}{s + K_s} \quad (2)$$

(a) Controlar el sistema con una ley exponencial a lazo abierto, para que el sistema opere a  $\mu(s) = \mu_r$  (por ejemplo  $\mu_r = 0,23h^{-1}$ . Recuerde que puede ser de utilidad contar con la ecuación de la masa de microorganismos  $X = x \cdot V$

(b) Simular el sistema controlado para los siguientes casos:

- (I) Modelo sin incertidumbre y condiciones iniciales perfectamente conocidas.
- (II) incertidumbre en  $x(0)$  de  $\pm 20\%$
- (III) incertidumbre en  $k$  de  $\pm 20\%$
- (IV) incertidumbre en  $K_s$  de  $\pm 20\%$

## Parámetros del modelo para las simulaciones:

$k_s = 1/0,48$	[g/g]
$s_{in} = 50$	[g/l]
$x_0 = 5$	[g/l]
$s_0 = 0,1$	[g/l]
$\mu_{max} = 0,46$	[1/h]
$K_s = 1,2$	[g/l]

## Ejercicio 2:

(a) Controlar el sistema con una ley de control exponencial a lazo cerrado, con un término proporcional al error de  $\mu$ , para que el sistema opere a  $\mu(s) = \mu_r$ .

(b) Repetir las simulaciones del ejercicio anterior con esta nueva ley de control. Comparar resultados. Para esto, compare el resultado de obtener  $\mu$  de su modelo con parámetros nominales (estimación a lazo abierto) o a partir del observador diseñado en la práctica anterior. Analice las diferencias.

**Ejercicio 3:** Repetir los diseños anteriores considerando un modelo cinético del tipo Haldane, dado por:

$$\mu(s) = \mu_{max} \frac{s}{K_s + s + \frac{s^2}{K_{is}}} \quad (3)$$

con  $K_{is} = 16,728 \text{ g/l}$ .

¿Qué valor de  $s_r$  se debe utilizar? Pruebe utilizar distintas condiciones iniciales de sustrato, cubriendo puntos de interés en la curva  $\mu(s)$ .

**Ejercicio 4:**

Para el proceso del ejercicio 1, considerando medidos o obtenidos por un observador tanto a la concentración de sustrato como la de biomasa:

(a) Diseñar un controlador linealizante que permita regular la concentración de sustrato en un valor de referencia. Simule considerando el caso nominal y casos con incertidumbre en los parámetros del modelo cinético y en los rendimientos. Por ejemplo, diseñe el controlador usando el modelo Monod (2) pero simule el proceso con el modelo (3).

(b) Considere como parámetro desconocido a la tasa de consumo de sustrato  $q_s = k \cdot \mu$ . Diseñe y simule una ley de adaptación para utilizar con el control linealizante del inciso anterior.