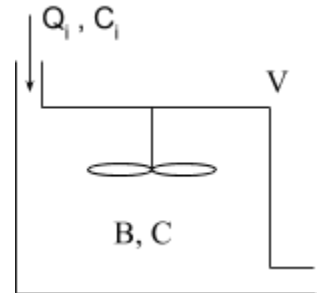


Carrera:	INGENIERIA ELÉCTRICA	Instituto de Ingeniería Eléctrica
Materia:	CONTROL	
Asignatura:	INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE CONTROL	Departamento de Sistemas y Control
Plan:	97	
Fecha:	07/04/2017	PERÍODO: ABRIL 2017

## Problema 2

En un reactor se cultivan (en forma continua) bacterias para ser utilizadas en un proceso biotecnológico. Al reactor de volumen  $V$  [m<sup>3</sup>] ingresa un caudal  $Q_i$  [m<sup>3</sup>/s] de solución nutritiva, cuya concentración másica de nutriente es  $C_i$  [g/m<sup>3</sup>]. El interior del reactor permanece siempre lleno. Como el reactor cuenta con un sistema de mezclado, se asumen concentraciones másicas  $C$  y  $B$  [g/m<sup>3</sup>] homogéneas dentro del reactor, siendo  $C$  la concentración de nutrientes y  $B$  la de biomasa de bacterias.



En un volumen local, donde la concentración de nutrientes es  $C$  y la concentración de biomasa es  $B$ , el aumento en  $B$  (por reproducción y crecimiento de las bacterias) puede modelarse como:  $\frac{dB}{dt} = k.C.B$ ; y el consumo de nutrientes que esto implica, como:  $\frac{dC}{dt} = -\alpha.k.C.B$ , donde  $k$  [m<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>] y  $\alpha$  son constantes.

- Hallar una representación en variables de estado que modele el proceso de cultivo continuo, tomando  $C_i$  y  $Q_i$  como entradas y  $B$  como salida.
- Suponiendo  $C_i = C_i^0$  y  $Q_i = Q_i^0$  constantes, y que inicialmente existen bacterias dentro del reactor, hallar el punto de operación en régimen y las condiciones para que sea posible el cultivo continuo de bacterias.
- Linealización.
  - Linealizar el modelo hallado en 1) en torno al punto de operación hallado en 2), tomando como entradas los apartamientos  $c_i = C_i - C_i^0$  y  $q_i = Q_i - Q_i^0$ , y como salida el apartamiento  $b = B - B^0$  ( $B^0$  concentración del punto de operación hallado en 2)). Expresarlo en su forma matricial.

En adelante:  $V = 1$  m<sup>3</sup>;  $k = 6,275 \times 10^{-4}$  m<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup>;  $\alpha = 2$ ;  $C_i^0 = 800$  g/m<sup>3</sup> y  $Q_i^0 = 0,001$  m<sup>3</sup>/s.

- Hallar la matriz de transferencia de este modelo lineal.
- Considerando que la concentración de la solución nutritiva que ingresa al reactor sufre pequeñas variaciones con respecto al valor de operación  $C_i^0$ , para mantener constante la concentración de biomasa en su valor de operación  $B^0$  se propone sensor el apartamiento  $b$  e implementar un controlador automático en tiempo continuo que actúe sobre el apartamiento  $q_i$ . Ante un escalón en  $c_i$ , se requiere que:
    - se cumpla asintóticamente el objetivo de control;
    - la respuesta transitoria no presente oscilaciones y sea la más rápida posible.

Hallar la función de transferencia  $G(s) = q_i(s)/b(s)$  más simple posible del controlador que cumple con lo requerido tomando como modelo de la planta, el modelo linealizado hallado en 3). Justificar detalladamente la solución.

- En vez de utilizar el controlador propuesto en 4), se utiliza un muestreador de período de muestreo  $T = 1$  s, un controlador proporcional de constante  $K_p$  en tiempo discreto y un mantenedor de orden cero (MOC) como se muestra en la figura.

En lo que sigue se supone que la entrada  $c_i$  es una señal de tiempo discreto  $c(k)$  que comanda otro MOC. Ante un escalón unitario en  $c(k)$ , ¿bajo qué condiciones el sistema alcanza un valor de régimen constante en  $b(k)$ ? ¿Cuánto vale (en función de  $K_p$ )?

