

**Control de una columna de destilación.** La Figura 1 muestra un esquema simplificado de una columna de destilación para separar isopropanol (producto) de una mezcla de isopropanol y agua (alimentación) usando glicol (extractante). Las variables medidas son las temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  que deben mantenerse constantes usando las variables de control  $u_1$  y  $u_2$ , respectivamente flujos de vapor de base y lateral.

Una columna de destilación es en general un sistema complejo. Sin embargo, en este caso existe un modelo incremental linealizado de orden 4 que describe suficientemente bien las características principales del proceso [1, p. 47]. Las ecuaciones de estado de este modelo son

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Gv(t)$$

$$y(t) = Cx(t) + w(t),$$

donde

- $x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^4$ : estados internos de la columna
- $u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^2$ : entradas de control
- $v = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^2$ : perturbaciones en la alimentación
- $w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^2$ : ruidos de medición
- $y = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^2$ : temperaturas incrementales medidas

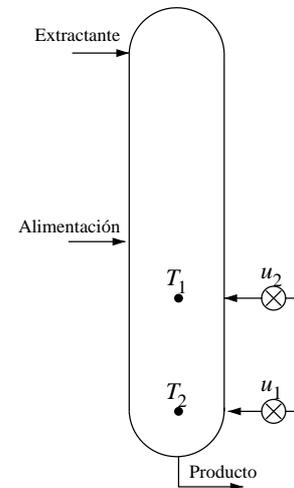


Figura 1: Columna de destilación

Las perturbaciones en la alimentación  $v(t)$  y los ruidos de medición  $w(t)$  pueden modelarse como variables aleatorias gaussianas, no correlacionadas entre sí, y con las propiedades estadísticas

$$E[v] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad E[vv^T] = V = \begin{bmatrix} 0.01 & 0 \\ 0 & 0.01 \end{bmatrix} \quad E[w] = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad E[ww^T] = W = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{bmatrix}.$$

Las matrices que definen el modelo en ecuaciones de estado son

$$A = \begin{bmatrix} -30.3 & 0 & 0 & 0 \\ 1.2 \times 10^{-4} & -6.02 & 0 & 0 \\ 0 & -3.77 & 0 & 0 \\ 0 & -2.80 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 6.15 \times 10^5 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 3.04 \\ 0 & 0.052 \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 62.2 & 5.76 \\ 0 & 5.12 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -7.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -25 \end{bmatrix},$$

correspondientes a temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  medidas en grados Celsius y tiempo en horas.

**Objetivo de control:** Regular por realimentación de salida las temperaturas incrementales  $T_1$  y  $T_2$  a las referencias  $T_1^R = 20^\circ\text{C}$  y  $T_2^R = 10^\circ\text{C}$  cumpliendo las siguientes especificaciones de desempeño:

- Máximo tiempo de establecimiento en las respuestas a escalones de referencia  $t_e < 1$  hora.
- Máximo sobrevalor en las respuestas a escalones de referencia  $< 15\%$ .
- Error de seguimiento en régimen permanente nulo, aún ante variaciones en los parámetros del modelo de hasta un 20%.
- Máxima excursión de las entradas de control  $\max |u_i| < 10, i = 1, 2$ .

**Problema:** Diseñar un controlador por realimentación de salida que cumpla el objetivo de control e implementarlo en SIMULINK sobre el modelo de la planta que se encuentra en el archivo `coldest.mdl`.

## Referencias

- [1] B. Friedland. *Control System Design*. McGraw-Hill, 1986.