

PROBLEMAS: Temas 06

1. (*Autoevaluación*) Una sopa de tomate se bombea a razón de 2000 kg/h a 22 °C a través de un intercambiador de calor donde se desea calentar hasta 40 °C. La corriente de calefacción es agua que entra a 95 °C y sale a 50 °C. La corriente de alimentación y de agua están separadas por una superficie metálica a través de la cual se transfiere calor, no hay mezcla física entre una corriente y la otra. Indique el agua necesaria. (Ver datos necesarios en Tabla A.2.1)

Solución: 711 kg/h de agua.

2. (*Autoevaluación*) Un tanque contiene 2 toneladas de almidón a 15 °C. En un momento dado se comienza a agregar almidón a razón de 1,65 m³/min (densidad almidón 91 g/l) y se quita al mismo ritmo. El almidón entrante está a 18 °C. Asimismo, se pone en marcha un calentador que adiciona 25 kcal/s. Calcule: (Ver Tabla A.2.1)

- La temperatura en el tanque cuando se alcance el estado estacionario.
- Cual debería ser el calor añadido para que el almidón alcance una temperatura de 50 °C.

Solución: a)39,2 °C b)2267 kcal/min.

3. (*Autoevaluación*) En un intercambiador de calor se desea enfriar ternera asada desde 90 °C hasta 12 °C utilizando para ello agua fría. En la empresa tenemos a nuestra disposición agua fría a 7 °C con un caudal de 600 l/h. Por motivos de seguridad se debe evitar que la temperatura del agua supere los 70 °C. Calcule: (Ver Tabla A.2.1, A.4.1.)

- La cantidad de ternera que podremos enfriar.
- Idem si las pérdidas de calor desde el intercambiador hacia el entorno son de 2000 kJ/h.

Solución: a) 658 kg/h b) 667 kg/h

4. Se quema un combustible en el horno de una caldera, liberándose 2·10⁷ J/h de calor, del cual el 90 % se emplea para producir vapor saturado a 15,7 bar a partir de agua líquida a 30 °C. ¿Cuál es el ritmo, en kg/h, de producción de vapor?

Solución: 6,75 kg/h

5. (*Autoevaluación*) Durante la deshidratación del azúcar en medio ácido en un reactor de mezcla perfecta se desprende calor a razón de 875 kcal por cada kg de mezcla que reacciona. Una empresa utiliza un reactor con camisa de refrigeración donde el calor desprendido se utiliza para calentar agua, inicialmente a 21 °C. Así, se produce vapor saturado de agua a 270 kPa. Se conoce que bajo las condiciones de trabajo establecidas las pérdidas de calor hacia el entorno son de 52000 kcal/h. Si al reactor se alimenta 3,84 kg/min de mezcla de reacción a 85 °C y salen del mismo a 135 °C calcule la cantidad de vapor producida.

Datos sobre la mezcla de reacción: densidad 1,12 kg/l, cp=1,38 kcal/kg °C

Solución: 212,5 kg/h (calculos intermedios: calor desprendido en reacción 3095 kcal/min, incremento entalpia del agua 2632,36 kJ/kg)

Nota: las Tablas a las que se hace referencia en los problemas están disponibles en "Introducción a la ingeniería de los alimentos" R.P. Singh, D.R. Heldman, Acibia, Zaragoza, 2 Ed. 2009

6. (*Autoevaluación*) Un intercambiador de calor utiliza vapor de agua a 150 kPa y 200 °C para descongelar un alimento. Determine el calor desprendido por cada kg de vapor para los siguientes casos: (Resuelva utilizando Tabla A.4.2 y A.4.3)

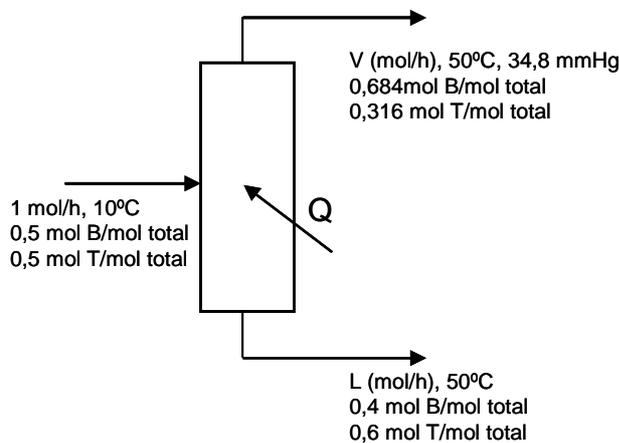
- Sale vapor de agua a presión atmosférica y 100 °C.
- Sale una corriente de agua líquida a presión atmosférica y 100 °C.
- Sale una corriente de agua líquida a presión atmosférica y 85 °C.

Solución: a) 197 kJ/kg b) 2454 kJ/kg c) 2517 kJ/kg.

7. (*Autoevaluación*) Se alimenta de forma continua una mezcla equimolar de ingrediente (B) e ingrediente (T) a 10 °C a un evaporador en el cual la mezcla se destila a 50 °C a vacío (presión 34.8 mmHg) (ver Figura). El producto líquido tiene una composición de 40% mol de B y el producto gaseoso tiene una composición de 64,8 % mol de B. ¿Cuánto calor debe transferirse a la mezcla para una alimentación de 1 mol de mezcla total a la hora?

Datos: $\overline{C}_p(B,l) = 133,3 \text{ J/mol } ^\circ\text{C}$, $\overline{C}_p(B,v) = 86,3 \text{ J/mol } ^\circ\text{C}$, $\overline{C}_p(T,l) = 158,5 \text{ J/mol } ^\circ\text{C}$,

$\overline{C}_p(T,v) = 107,2 \text{ J/mol } ^\circ\text{C}$, $\Delta \hat{H}_{vap}(B, 50^\circ\text{C}) = 30765 \text{ J/mol}$, $\Delta \hat{H}_{vap}(T, 50^\circ\text{C}) = 33470 \text{ J/mol}$



Solución: 16965 J/h

8. (*Autoevaluación*) Una empresa vitivinícola realiza la fermentación de la uva en una cuba de 22.000 litros en la cual se introducen inicialmente 20.000 litros de mosto junto con las levaduras necesarias. Supóngase que el conjunto de reacciones bioquímicas que suceden en la cuba, absorben, como calor de reacción, 138 kJ por cada kg de azúcar reaccionado. El contenido en azúcares del mosto es de 32,5 g/L, de los cuales reacciona el 92%. La mezcla inicial se encuentra a 12 °C. El proceso de fermentación se realizará a 28 °C con una duración de 20 días. Bajo estas condiciones, se conoce que se transmiten, de media, 120 [BTU/h] al entorno. Calcúlese el calor que se debe aportar a la cuba para que está opere a los 28 °C deseados.

Datos: $c_{p,mezcla} = 3,98 \text{ J/g K}$; $\rho = 990 \text{ g/L}$

Solución: $1,404 \times 10^6 \text{ [kJ]}$

Problemas adicionales

9. Se mezclan una corriente continua de agua a 10 °C y una segunda corriente a 60 °C, para dar 200 kg/h de agua a 25 °C. Los cambios de energía cinética y potencial resultan despreciables.

(a) Calcular los flujos de las dos corrientes de alimentación, suponiendo que el proceso es adiabático.

(b) Recalcular los flujos suponiendo una pérdida de calor del mezclador de 400 kJ/h.

Solución: (a) 139,9 y 60,1 kg/h, (b) 138,0 kg/h y 62,0 kg/h.

10. Una corriente que contiene 10 % de CH₄ y 90 % de aire en volumen debe calentarse desde 20 hasta 300 °C. Calcular el ritmo requerido en el suministro de calor, en kW, si el flujo de gas es de 100 mol/min.

Datos: $c_{p,aire} = 29,4 \text{ J/mol K}$, $c_{p,CH_4} = 43,2 \text{ J/mol K}$

Solución: 14,4 kW

11. Se utiliza agua para enfriar una corriente de alimento que se encuentra a 250 °C. El agua de refrigeración entra a 12 °C (presión atmosférica). Determine el calor retirado por cada kg de agua de refrigeración para las siguientes situaciones: (Resuelva utilizando Tabla A.4.2 y A.4.3)

a) Sale una corriente de agua líquida a presión atmosférica y 50 °C.

b) Sale una corriente de agua líquida a presión atmosférica y 90 °C.

c) Sale vapor de agua a presión atmosférica y 100 °C.

Solución: a) 159 kJ/kg b) 326 kJ/kg c) 2626 kJ/kg.

12. (Autoevaluación) En un reactor de mezcla perfecta, de 2500 litros de capacidad, se lleva a cabo a 80 °C una reacción endotérmica, cuyo calor de reacción es de 1000 kJ/kg. El reactor dispone de una camisa de calefacción en la cual condensa vapor de agua saturado a 20 bar. Debido al mal aislamiento del reactor, se estima que existen unas pérdidas de calor al entorno de 5000 kcal por hora. Se preve alimentar 406,25 kg/h de reactivos, a 20 °C, de los cuales reaccionará el 80%.

Calcule la cantidad de vapor necesaria, kg/h.

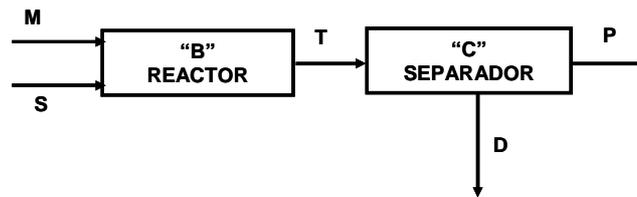
Datos de la mezcla de reacción (reactivos y productos): $\mu 1,2 \text{ cP}$; $\rho 990 \text{ g/dm}^3$; $C_p 0,78 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$.

Solución: 225,3 kg/h

13. En un punto de una instalación hidráulica se mezclan dos corrientes de agua. La primera a 20 °C y a razón de 160 l/min y la segunda a 85 °C a razón de 4,2 l/s. Cual será la temperatura de la corriente resultante? (Ver Tabla A.4.1.)

Solución: 332,5 K.

14. En el reactor de la figura se realiza una reacción de degradación de azúcar, a 25 °C. Las corrientes M y S se alimentan a 18 °C. La reacción es exotérmica desprendiéndose 200000 kJ por cada kg de azúcar degradado. Se conoce que en el reactor reaccionan 30668 g azúcar/h y que las pérdidas de calor con el exterior son de 100000 kcal/h. Suponiendo que el calor desprendido en el proceso se pudiera utilizar para calentar agua (18 °C) y generar así vapor de agua sobrecalentado a 10 bares y 420 °C, calcule la cantidad de vapor que podría producirse, en kg/h.



Datos: Propiedades de las corrientes y equipos.

	M	S	T	D	P
Caudal, kg/h	86250	5000	-	-	-
Densidad, g/dm ³	1150	1005	1150	1150	1150
Temperatura, °C	18	18	25	-	-
Calor específico, cal/(g K)	1,35	1,05	1,3	1,3	1,3
Viscosidad, cP	3	1,2	2,5	-	2,6
Concentración azúcar, mg/l	430	1,4	-	-	-

Volumen de los equipos: reactor "B", 220 m³; separador "C", 250 m³

Solución: 694 [kg/h].