

Caso 5.16

Uma mistura de benzeno, tolueno e xilenos é separada por rectificação contínua em duas colunas. Na primeira, obtém-se "benzeno" como produto de topo; o tolueno e os xilenos, retirados pela base, são separados na 2ª coluna, sendo o "tolueno" obtido no topo e os "xilenos" na base. Durante um período de 12 horas de operação são removidos das colunas os seguintes produtos:

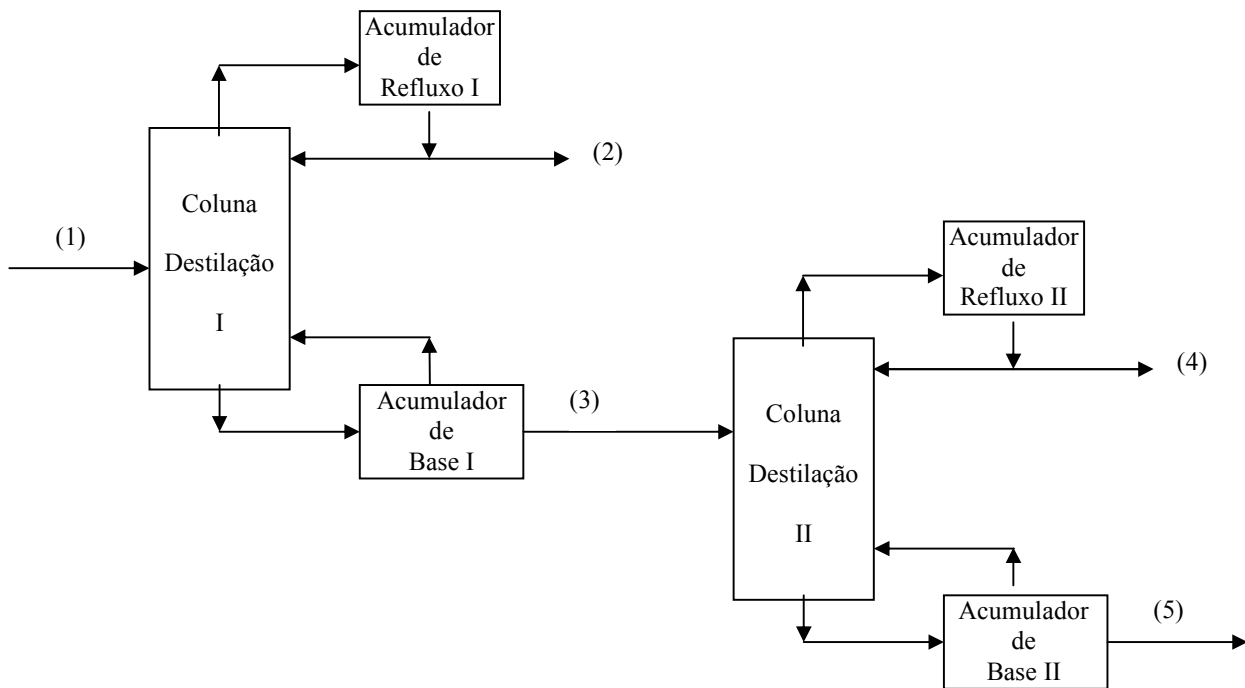
| | | 1ª. coluna Produto topo | 2ª. coluna Produto topo | 2ª. coluna Produto base |
|-------------------------------|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Caudal (kg) | | 35 000 | 24 000 | 40 900 |
| Composição em % mássica | Benzeno | 98,5 | 1,0 | - |
| | Tolueno | 1,5 | 98,5 | 0,7 |
| | Xilenos | - | 0,5 | 99,3 |

Durante este período o nível de líquido nos acumuladores varia, podendo ser avaliado por indicadores de nível:

| | Massa de líquido kg /cm | Nível inicial (cm) | Nível final (cm) |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|
| Acumulador de refluxo da 1ª coluna | 36 | 91 | 147 |
| Acumulador de refluxo da 2ª coluna | 52 | 203 | 165 |
| Acumulador de base da 1ª coluna | 69 | 152 | 114 |
| Acumulador de base da 2ª coluna | 27 | 132 | 137 |

Calcular:

- O caudal mássico horário médio da corrente de base da 1ª coluna. (R: 5,26 ton/h)
- A massa e a composição média da alimentação durante o período de operação de 12 horas. (R: 97,45 ton; % benzeno: 37,6% m/m)



As colunas de destilação são dos equipamentos mais importantes e mais comuns na Indústria Química.

Nestas colunas há uma entrada (alimentação) e duas saídas.

Por baixo sai um líquido que segue para o ebulidor (acumulador de base). Do ebulidor sai uma corrente líquida (produto de base (3)) e uma corrente gasosa que vai reentrar na coluna de destilação.

Por cima sai uma corrente gasosa que segue para o condensador (acumulador de refluxo). O líquido condensado é dividido em duas partes. Uma é descarregada para o exterior (produto de topo (2)) e a outra é reenviada para dentro da coluna de destilação (refluxo).

Neste problema temos duas colunas de destilação em série, em que o produto de base da 1ª coluna sai ser a alimentação da 2ª coluna de destilação.

Num período de 12 h temos:

| | | |
|--------------|----------|--|
| Corrente (2) | 35000 kg | 98,5 % de benzeno 1,5 % de tolueno |
| Corrente (4) | 24000 kg | 1 % de benzeno 98,5 % de tolueno 0,5 % de xileno |
| Corrente (5) | 40900 kg | 0,7 % de tolueno 93,3 % de xileno |

Alínea a) Calcular o caudal mássico horário da corrente de base da 1ª coluna.

$$(3) = (4) + (5) + A_{cB} 2 + A_{cR} 2$$

| | | | |
|--------------|----------|---------|-----------------------------------|
| Corrente (4) | 24000 kg | Benzeno | $24000 \times 0,01 = 240$ kg |
| | | Tolueno | $24000 \times 0,985 = 23640$ kg |
| | | Xileno | $24000 \times 0,005 = 120$ kg |
| Corrente (5) | 40900 kg | Tolueno | $40900 \times 0,007 = 286,3$ kg |
| | | Xileno | $40900 \times 0,993 = 40613,7$ kg |

$A_{cB} 2$

| | | | |
|---|---------------------------|--------------------------------|---|
| $132 \text{ cm} \rightarrow 137 \text{ cm}$ | $\Delta h = 5 \text{ cm}$ | $5 \times 27 = 135 \text{ kg}$ | Tolueno = $135 \times 0,007 = 0,95 \text{ kg}$ |
| | | | Xileno = $135 \times 0,993 = 134,06 \text{ kg}$ |

$A_{cR} 2$

| | | | |
|---|-----------------------------|------------------------------------|--|
| $203 \text{ cm} \rightarrow 165 \text{ cm}$ | $\Delta h = -38 \text{ cm}$ | $-38 \times 52 = -1976 \text{ kg}$ | Benzeno = $-1976 \times 0,01 = -19,76 \text{ kg}$ |
| | | | Tolueno = $-1976 \times 0,985 = -1946,36 \text{ kg}$ |
| | | | Xileno = $-1976 \times 0,005 = -9,88 \text{ kg}$ |

$$(3) = (4) + (5) + A_{cB} 2 + A_{cR} 2$$

| | |
|--|-------------------|
| Benzeno (3) = $240 + 0 + 0 - 1976 = 220,24$ kg | 0,35 % |
| Tolueno (3) = $23640 + 286,3 + 0,95 - 1946,36 = 21980,89$ kg | 34,86 % |
| Xileno (3) = $120 + 40613,7 + 134,08 - 9,88 = 40857,88$ kg | 64,79 % |
| Total = Corrente (3) | 63059,01 kg 100 % |

$$\text{Corrente (3)} = 63059,01 \text{ kg}/12 \text{ h} = 4254,92 \text{ hg/h} = 5,25 \text{ ton/h}$$

Alínea a) Calcular a massa e a composição da alimentação da 1ª coluna.

$$(1) = (2) + (3) + A_{cB} 1 + A_{cR} 1$$

| | | | |
|--------------|----------|---------|---------------------------------|
| Corrente (2) | 35000 kg | Benzeno | $35000 \times 0,985 = 34475$ kg |
| | | Tolueno | $35000 \times 0,015 = 525$ kg |

Ac_B 1 (usando os dados para a corrente (3) obtidos na Aínea a)

$$152 \text{ cm} \rightarrow 114 \text{ cm} \quad \Delta h = -38 \text{ cm} \quad -38 \times 69 = -2622 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Benzeno} &= -2622 \times 0,0035 = -9,18 \text{ kg} \\ \text{Tolueno} &= -2622 \times 0,3486 = -914,03 \text{ kg} \\ \text{Xileno} &= -2622 \times 0,6479 = -1698,79 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ac_R 1

$$91 \text{ cm} \rightarrow 147 \text{ cm} \quad \Delta h = 56 \text{ cm} \quad 56 \times 2016 = 2016 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Benzeno} &= 2016 \times 0,985 = 1985,76 \text{ kg} \\ \text{Tolueno} &= 2016 \times 0,015 = 30,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$(1) = (2) + (3) + \text{Ac}_B 1 + \text{Ac}_R 1$$

$$\text{Benzeno (1)} = 34475 + 220,24 - 9,18 + 1985,76 = 36671,82 \text{ kg} \quad 37,63 \%$$

$$\text{Tolueno (1)} = 525 + 21980,89 - 914,03 + 30,24 = 21622,10 \text{ kg} \quad 22,18 \%$$

$$\text{Xileno (1)} = 0 + 40857,88 - 1698,79 + 0 = 39159,09 \text{ kg} \quad 40,18 \%$$

$$\text{Total} = \text{Corrente (1)} \quad 97453,01 \text{ kg} \quad 100 \%$$

$$\text{Corrente (1)} = 97453,01 \text{ kg}/12 \text{ h} = 97,453 \text{ ton}/12 \text{ h}$$