

# GUÍA 5 y 6 - Destilación Binaria y Multicomponentes Problema 4

2° Cuatrimestre - 2024

# Enunciado

Se trata una mezcla de benceno-tolueno conteniendo el 40% del primero y flujo molar de 100 kmol/h en una columna de destilación continua con reboiler y condensador totales con el objeto de separarla en productos de tope y fondo conteniendo 97% de benceno y 98% de tolueno respectivamente

Existen tres propuestas respecto de la condición de alimentación:

**Opción 1: Líquido saturado**

**Opción 2: Vapor saturado**

**Opción 3: Líquido subenfriado a  $T_F=295$  K,  $C_p=1,84$  kJ/(kg.K)**

Elija cuál de ellas propuestas resulta más adecuada en cuanto a:

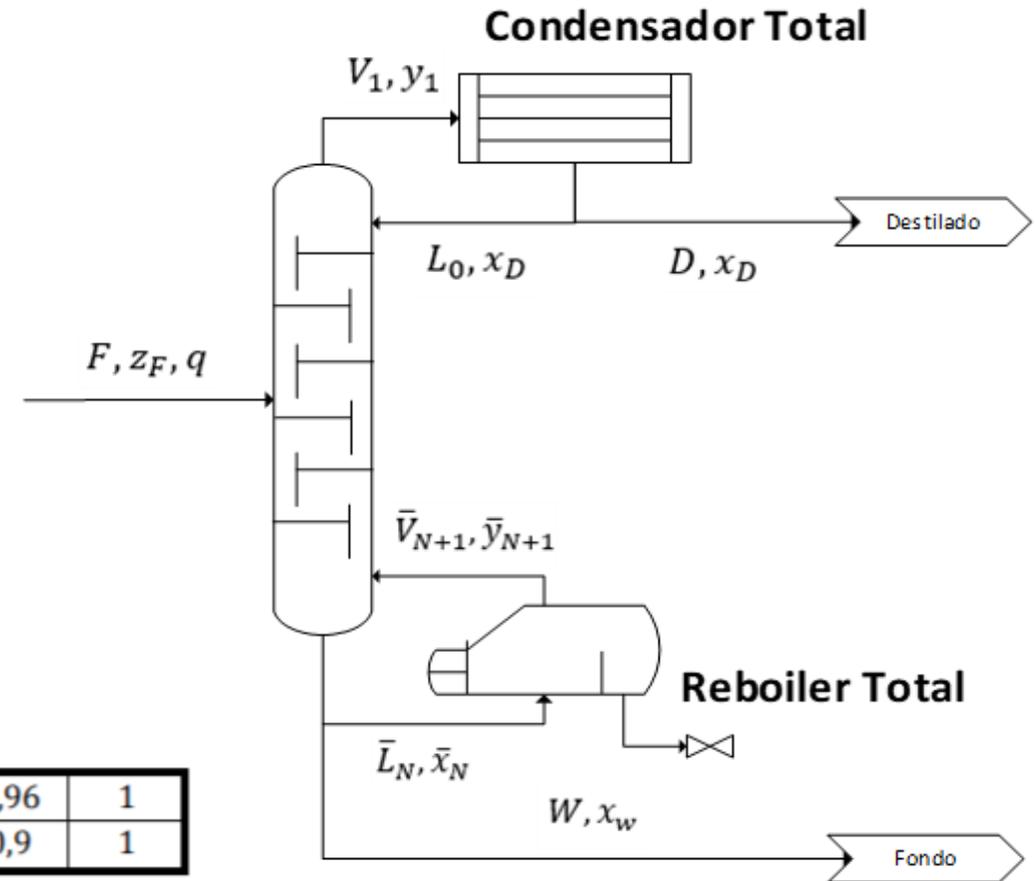
- El reflujo mínimo
- El número de etapas ideales necesarias en la zona de rectificación y en la zona de agotamiento (manteniendo el reflujo externo constante e igual a 3,5)
- El consumo energético total (manteniendo el reflujo externo constante e igual a 3,5), considerando el calor de precalentamiento en el caso de la opción 2 y el calor de subenfriamiento en el caso de la opción 3.
- Realizar una evaluación global

# Datos

- $F = 100 \text{ kmol/h}$
- $z_F = 0,4$
- $x_D = 0,97$
- $x_W = 0,02$
- $\lambda = 30 \frac{\text{MJ}}{\text{kmol}}$
- $T_{eb} = 340 \text{ K}$
- $Mr_{\text{Tolueno}} = 78$
- $Mr_{\text{Benceno}} = 92$

• Equilibrio:

|       |   |      |      |      |      |     |      |      |      |      |   |
|-------|---|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|---|
| $y^*$ | 0 | 0,22 | 0,38 | 0,51 | 0,63 | 0,7 | 0,78 | 0,85 | 0,91 | 0,96 | 1 |
| $x$   | 0 | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5 | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1 |



# Resolución

Para empezar, planteamos el BMG y BMP para obtener los caudales de D y W:

$$\begin{cases} F = D + W \\ z_F \cdot F = x_D \cdot D + x_W \cdot W \end{cases}$$

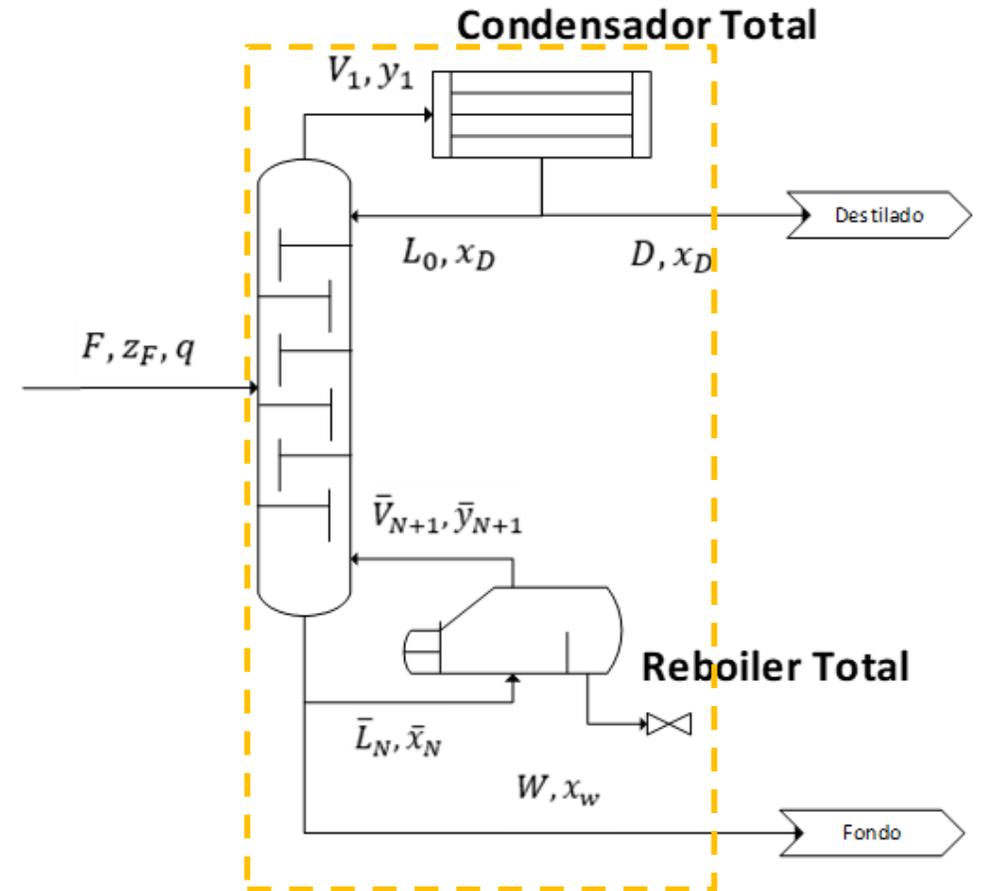
Los caudales que cierran el balance son:

$$\begin{cases} D = 40 \text{ kmol/h} \\ W = 60 \text{ kmol/h} \end{cases}$$

La alimentación podría ser:

$$\begin{cases} \text{Opc. 1: Líquido saturado} \longrightarrow q = 1 \\ \text{Opc. 2: Vapor saturado} \longrightarrow q = 0 \\ \text{Opc. 3: Líquido subenfriado a } T = 295\text{K} \longrightarrow q = 1,238 \end{cases}$$

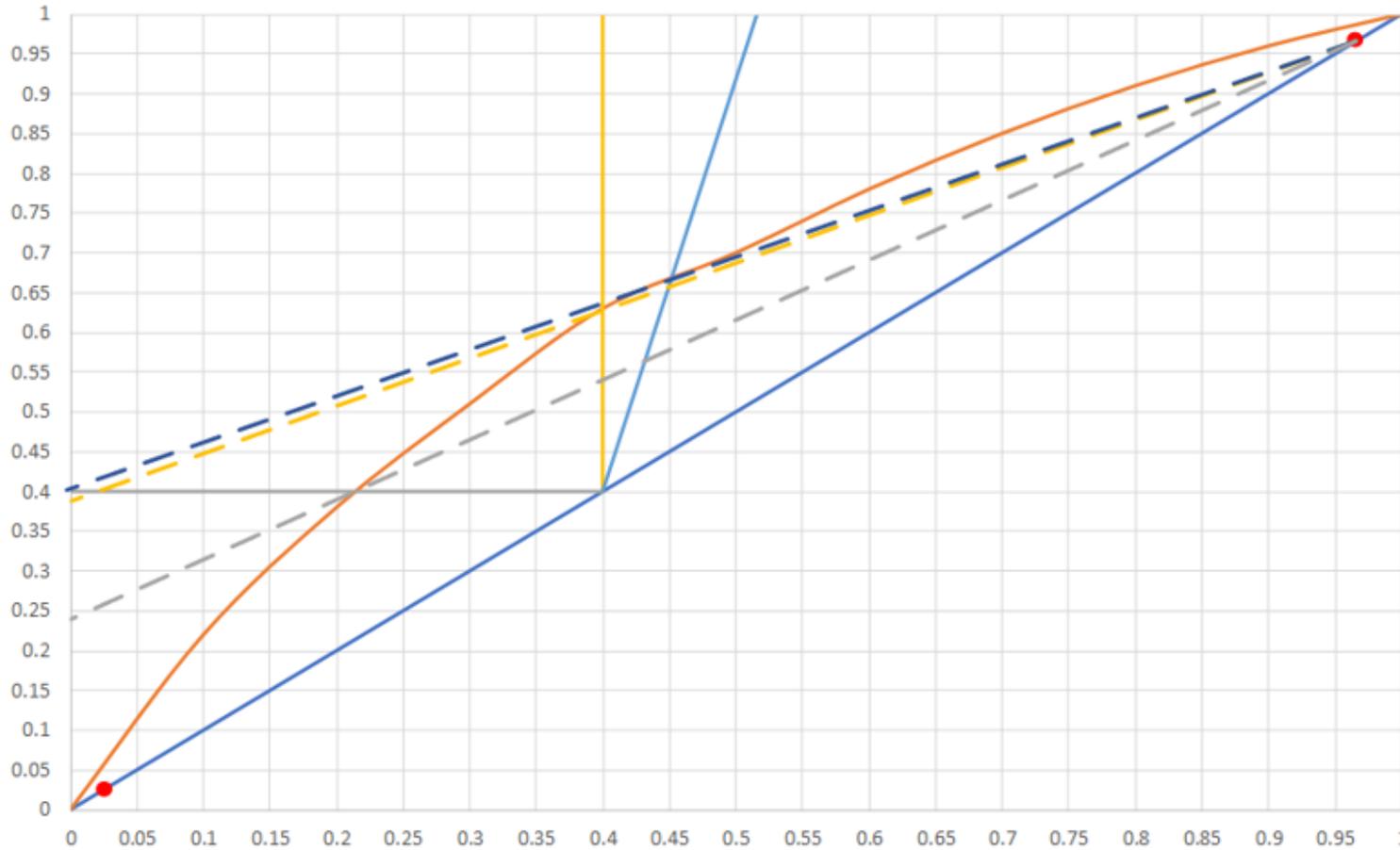
$$q = \frac{H_V - H_F}{H_V - H_L} = \frac{\lambda \cdot F + F_M \cdot C_p \cdot (T_{sat} - T_F)}{\lambda \cdot F}$$



# Resolución

- **Reflujo mínimo**

Graficando el equilibrio, extremos de la torre y cada recta de alimentación:

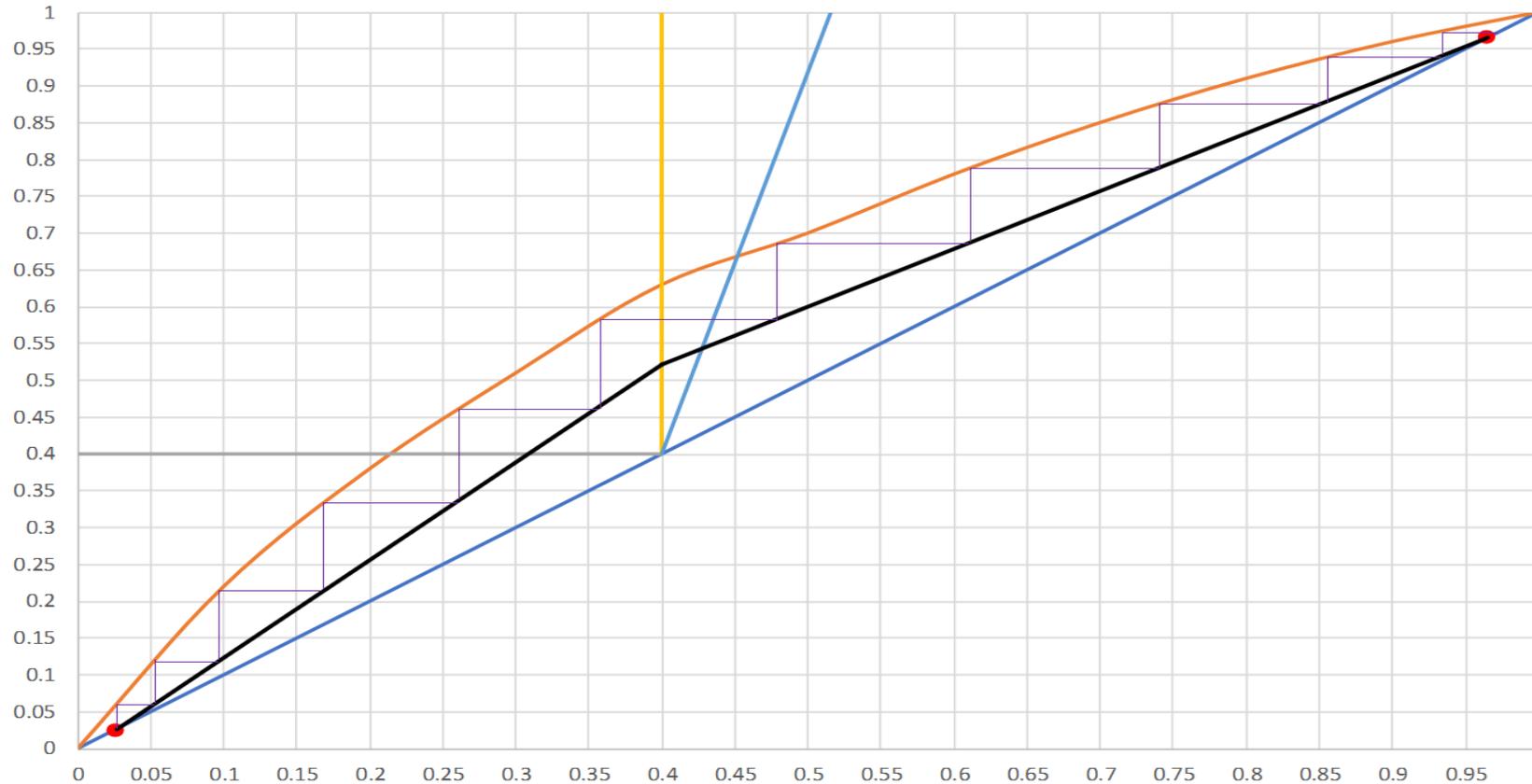


| Opción |              | $R_{\min}$ |
|--------|--------------|------------|
| 1      | Liq. Sat.    | 1,55       |
| 2      | Vap. Sat.    | 3,04       |
| 3      | Liq. Subenf. | 1,43       |

# Resolución

- **N° etapas (con  $R = 3,5$ ) – Líquido Saturado**

La ordenada será igual en cada caso, pero dependiendo de la alimentación, se modificará la extensión de la ROS y la ROI:

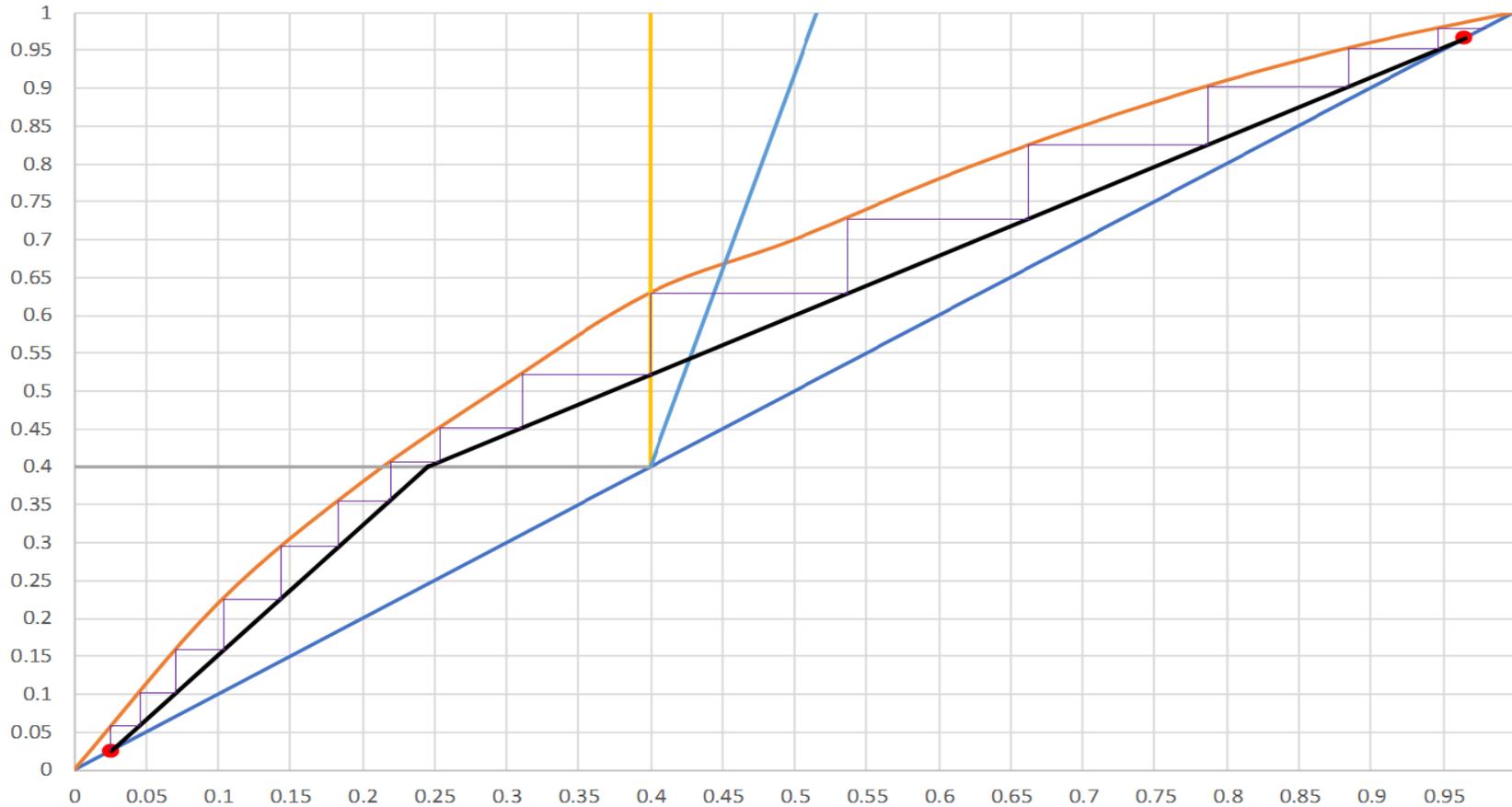


| Opción | N       | N <sub>Rect</sub> | Agot |   |
|--------|---------|-------------------|------|---|
| 1      | Liq.Sat | 11                | 5    | 6 |

# Resolución

- N° etapas (con  $R = 3,5$ ) – Vapor Saturado

La ordenada será igual en cada caso, pero dependiendo de la alimentación, se modificará la extensión de la ROS y la ROI:

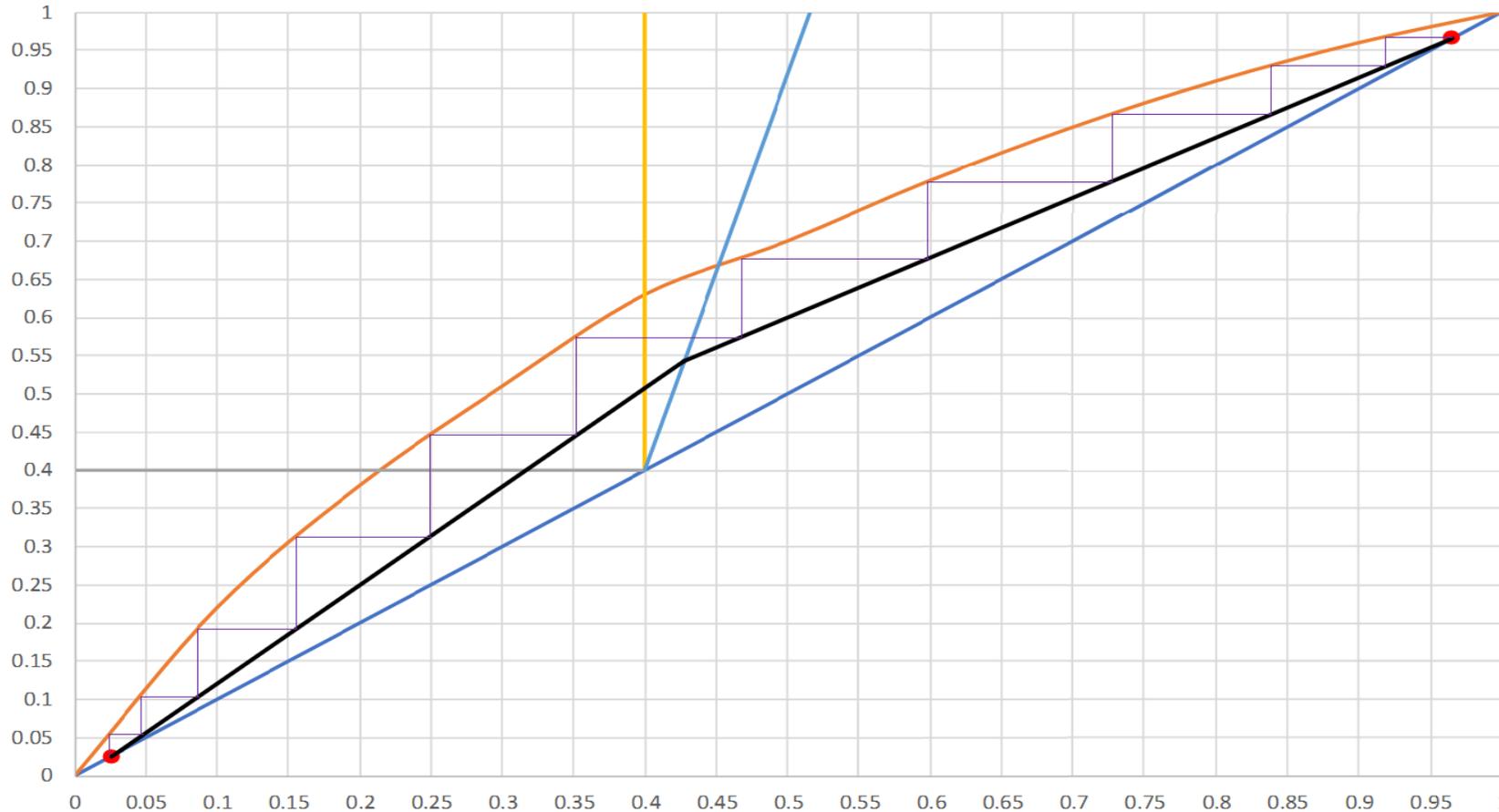


| Opción | N        | $N_{Rec}$ <sub>t</sub> | Ago | t |
|--------|----------|------------------------|-----|---|
| 1      | Liq. Sat | 11                     | 5   | 6 |
| 2      | Vap. Sat | 15                     | 8   | 7 |

# Resolución

- **N° etapas (con  $R = 3,5$ ) – Líquido Subenfriado**

La ordenada será igual en cada caso, pero dependiendo de la alimentación, se modificará la extensión de la ROS y la ROI:



| Opción | N           | N <sub>Rect</sub> | Agot |   |
|--------|-------------|-------------------|------|---|
| 1      | Liq. Sat    | 11                | 5    | 6 |
| 2      | Vap. Sat    | 15                | 8    | 7 |
| 3      | Liq. Subenf | 11                | 5    | 6 |

# Resolución

- **Consumo Energético en reboiler, condensador y acondicionador de entrada**

Como el Reflujo es único para las tres opciones:

$$R_{OP} = 3,5 = \frac{L_0}{D} \longrightarrow L_0 = 140 \text{ kmol/h} \longrightarrow Q_{cond} = \lambda \cdot (L_0 + D) = 5400 \text{ MJ/h}$$

Para la carga del reboiler, debemos calcular el caudal de líquido o de vapor circulando por la parte inferior de la columna:

|   | Opción           | V'  | Q <sub>reb</sub> |
|---|------------------|-----|------------------|
| 1 | Liq. Saturado    | 180 | 5400             |
| 2 | Vap. Saturado    | 80  | 2400             |
| 3 | Liq. Subenfriado | 204 | 6115             |

$$V' = V - (1 - q) \cdot F = (L_0 + D) - (1 - q) \cdot F$$

Además, para las opciones 2 y 3 debemos acondicionar la alimentación (se asume que se parte de líquido saturado):

$$Q_{Acond2} = \lambda \cdot F = 3000 \text{ MJ/h} \longrightarrow \text{Vaporización de toda la alimentación}$$

$$Q_{Acond3} = F \cdot c_p \cdot \Delta T = 715,4 \text{ MJ} \longrightarrow \text{Subenfriamiento desde líquido saturado (340 K) hasta 295 K}$$

# Resolución

- Consumo Energético en reboiler, condensador y precalentador

|   | Opción           | $Q_{\text{Cond}}$ | $Q_{\text{Reb}}$ | $Q_{\text{Acond}}$ | BALANCE |
|---|------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------|
| 1 | Liq. Saturado    | 5400              | 5400             | -                  | 0       |
| 2 | Vap. Saturado    | 5400              | 2400             | +3000              | 0       |
| 3 | Liq. Subenfriado | 5400              | 6115             | -715               | 0       |

# Evaluación Global

|   | Opción           | $R_{\min}$ | N  | $Q_{\text{Cond}}$ | $Q_{\text{Reb}}$ | $Q_{\text{Acond}}$ |
|---|------------------|------------|----|-------------------|------------------|--------------------|
| 1 | Liq. Saturado    | 1,55       | 11 | 5400              | 5400             | -                  |
| 2 | Vap. Saturado    | 3,04       | 15 | 5400              | 2400             | +3000              |
| 3 | Liq. Subenfriado | 1,43       | 11 | 5400              | 6115             | -715               |

**¿QUÉ ALIMENTACIÓN ELIGIRÍAN?**



# ¿PREGUNTAS?