



fcfm

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
QUÍMICA, BIOTECNOLOGÍA
Y MATERIALES

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Auxiliar Pre-Control 2

IQ3301 – Análisis de Procesos

**Sistemas de varias fases y
balance de energía estacionario**

Pregunta 1



Pregunta 1

En la Planta Sacch's Ltda se está implementando un reactor biológico para la producción continua de etanol utilizando la levadura *Saccharomyces cerevisiae* inmovilizada (se mantiene al interior del reactor sin multiplicarse, ni salir). El reactante principal es fructosa, y en condiciones anaeróbicas, la levadura produce una mezcla de glicerol(l), etanol(l), CO₂(g) y H₂O(l). El sistema cuenta con un estanque de almacenamiento que contiene 200 kg de una solución al 15% en masa de glucosa, destinada a alimentar el reactor biológico. Inicialmente, la solución en el estanque está a 10 °C, pero es necesario calentarla a 30 °C antes de ingresar al reactor, por lo que se requiere un proceso de calentamiento de la solución de fructosa

Pregunta 1

a) Una vez alcanzada la temperatura deseada en el estanque (30°C), se implementa un sistema continuo de calentamiento de solución de glucosa en el mismo estanque, que implica la entrada de una corriente de solución de glucosa (a la misma concentración, proveniente de otro estanque de almacenamiento) y se abre la válvula de salida del estanque para la alimentación al reactor, siendo ambos flujos de 12 kg/h . Si la temperatura de la corriente a la entrada del estanque es 10°C y la salida se quiere mantener en 30°C , ¿Cuál debiese ser la potencia del serpentín eléctrico para mantener la temperatura dentro del estanque y a la salida de éste en 30°C , considerando que las pérdidas de calor por superficie del estanque son de 75 [J/s] ?

Datos

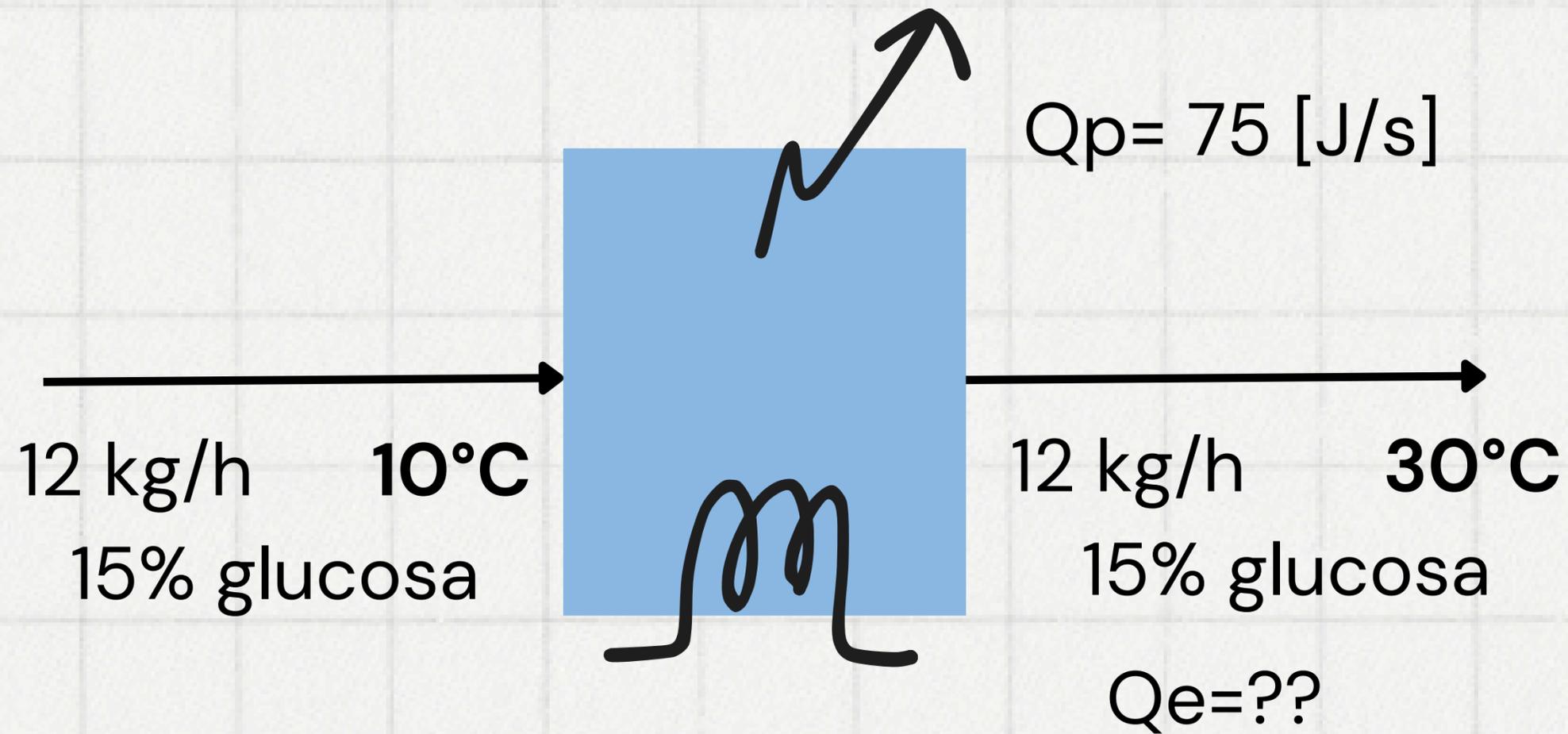
- $T_{ref} = 25[^\circ C]$
- $h^\circ_{f,glucosa} = 15,6[\frac{kJ}{g}]$
- $h^\circ_{f,CO_2} = 0[\frac{kJ}{g}] = h^\circ_{f,H_2O}$
- $h^\circ_{f,etanol} = 29,71[\frac{kJ}{g}]$
- $h^\circ_{f,glicerol} = 18[\frac{kJ}{g}]$
- $\lambda_{H_2O,30^\circ C} = 2430[\frac{kJ}{kg}]$

Pregunta 1

- $C_{p,sol,glucosa} = 3,6 + 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot T[\frac{J}{K \cdot g}]$
- $c_{p,CO_2} = 0,83[\frac{J}{g \cdot ^\circ C}]$
- $c_{p,etanol} = 2,84[\frac{J}{g \cdot ^\circ C}]$
- $c_{p,glicerol} = 2,40[\frac{J}{g \cdot ^\circ C}]$
- $c_{p,H_2O(g)} = 1,86[\frac{J}{g \cdot ^\circ C}]$
- $c_{p,H_2O(l)} = 4,2[\frac{J}{g \cdot ^\circ C}]$

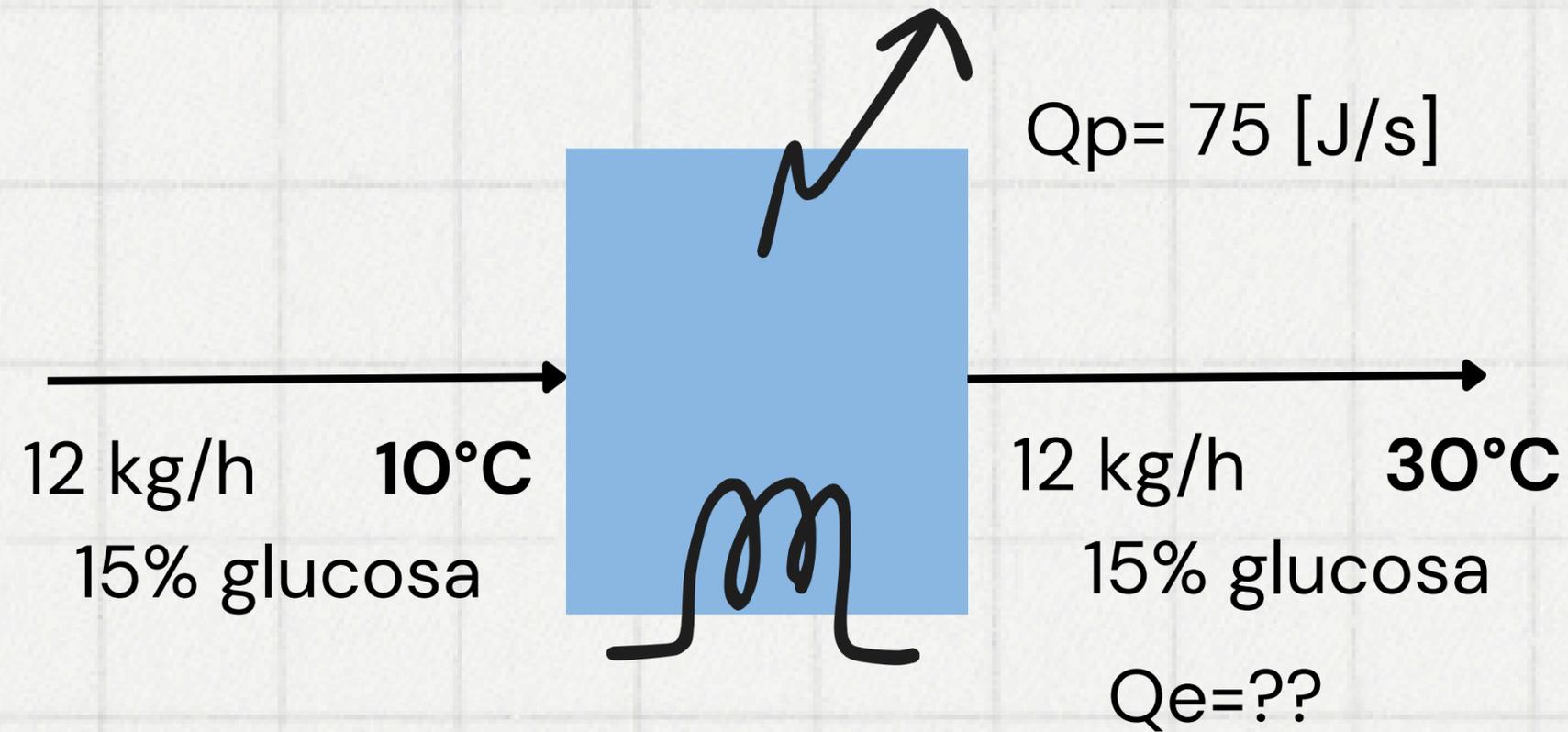
Pregunta 1

a)



Pregunta 1

a)



Balance de energía

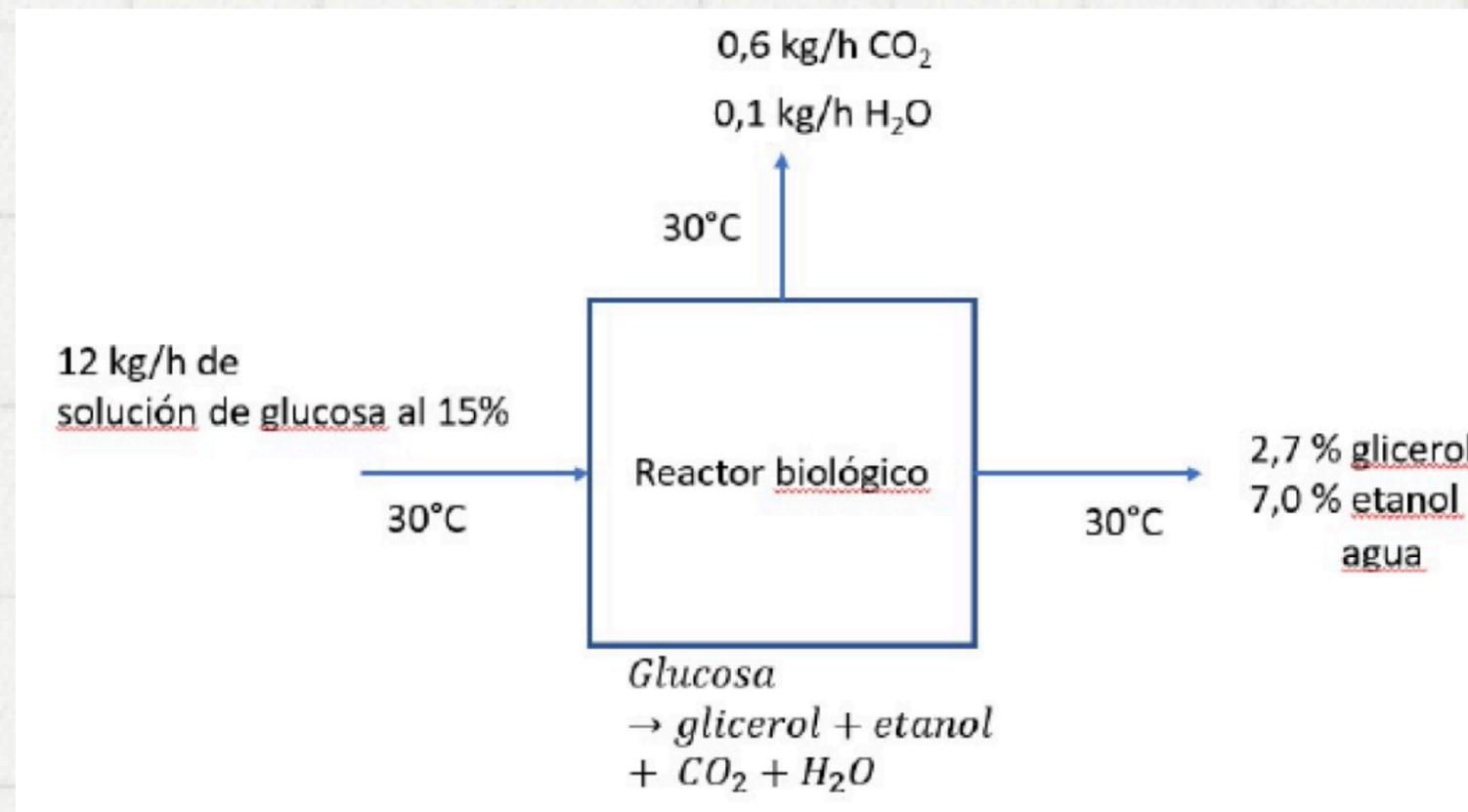
$$\Delta E = m_e(\hat{H} + \hat{E}_K + \hat{E}_P)_e - m_s(\hat{H} + \hat{E}_K + \hat{E}_P)_s + Q - W$$

Entalpía

$$H_i = \dot{m}_i \cdot h_{f,i}^o + \dot{m}_i \cdot c_{p,i}(T_i - T_{ref}) + \dot{m}_i \cdot \Delta H_{v,i}$$

Pregunta 1

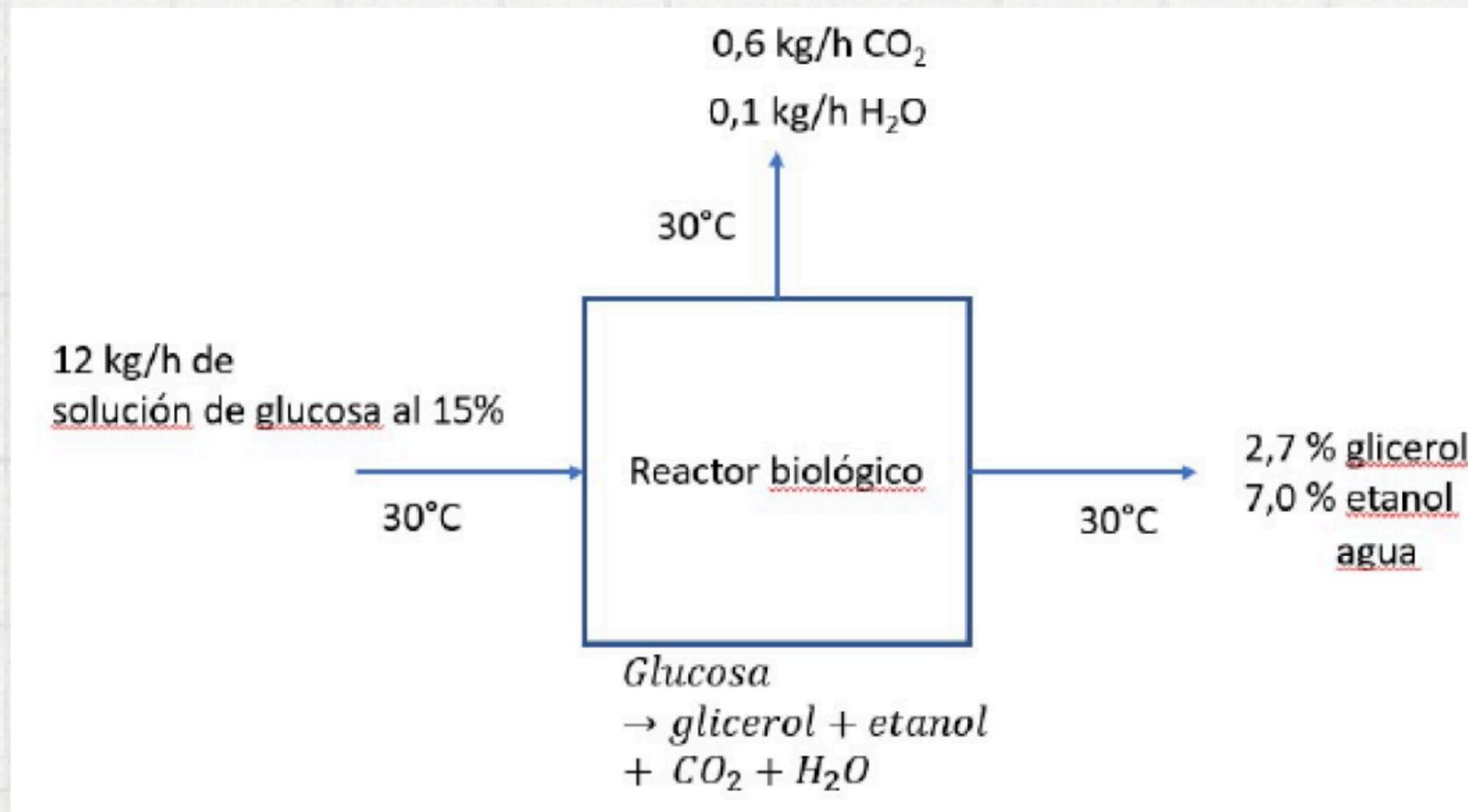
b) El reactor biológico continuo, operando en estado estacionario, es alimentado con la solución de glucosa proveniente del estanque de almacenamiento a 30°C y produce una mezcla de glicerol (l), etanol (l), CO₂ (g) y H₂O (l). Sin embargo, dadas las condiciones del reactor, el agua producida en la reacción se evapora y se elimina en la corriente gaseosa junto con el CO₂ según el diagrama. ¿Qué flujo [kg/h] de etanol y glicerol se producen?



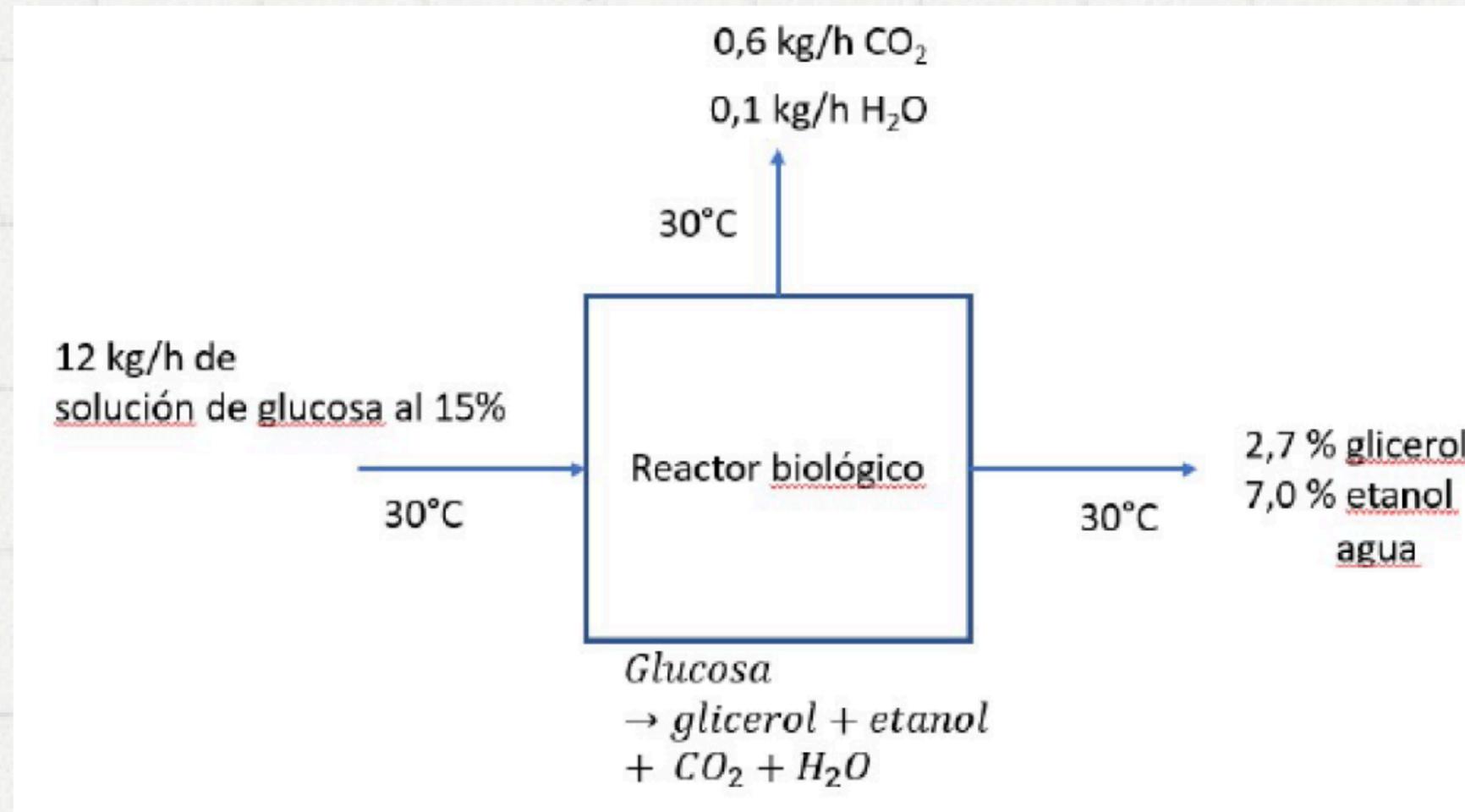
Pregunta 1

c) Considerando la pregunta anterior ¿Cuánto calor es necesario retirar o adicionar para mantener la temperatura del reactor constante en 30°C? Indicar si es necesario retirar o adicionar calor.

Hint: Para la entalpía de entrada asumir $H_{in} = m' \text{ glucosa} \cdot h_{f,\text{glucosa}} + m' \text{ solución} \cdot c_p \cdot (T - T_{ref})$



Pregunta 1



$$H_i = \dot{m}_i \cdot h_{f,i}^o + \dot{m}_i \cdot c_{p,i} (T_i - T_{ref}) + \underbrace{\dot{m}_i \cdot \Delta H_{v,i}}_{\text{cambio de fase}}$$

Pregunta 2

Pregunta 2

El acetato de etilo ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$) se puede utilizar para extraer ácido acético de agua contaminada mediante un proceso de extracción líquido-líquido a 25°C y 1 bar de presión. Suponga que en la empresa donde usted trabaja se desea extraer ácido acético desde una corriente acuosa utilizando acetato de etilo como extractante.

El acetato de etilo a utilizar proviene de otro sector de la empresa donde mediante la reacción de deshidrogenación del etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ o EtOH) se produce dicho compuesto. Sin embargo, en el reactor donde se lleva a cabo la producción de acetato de etilo ocurre una reacción indeseada, en la cual se produce acetaldehído (CH_3CHO). Las reacciones que ocurren son:



Pregunta 2

En cuanto a las condiciones del proceso, la alimentación fresca de etanol (EtOH) es equivalente a 500 mol/h (F1). La conversión por pasada del reactor es del 50 %, es decir, solo la mitad del etanol que entra al reactor reacciona en cada ciclo de operación. Además, la relación de flujos entre el acetato de etilo producido (F7) y el acetaldehído formado (F8) es de 14. El acetato de etilo producido en este proceso se utiliza posteriormente para extraer ácido acético de una corriente acuosa, que no está representada en el diagrama de flujo del reactor, pero se sabe que tiene un flujo de 300 mol/h, con un 35% de agua.

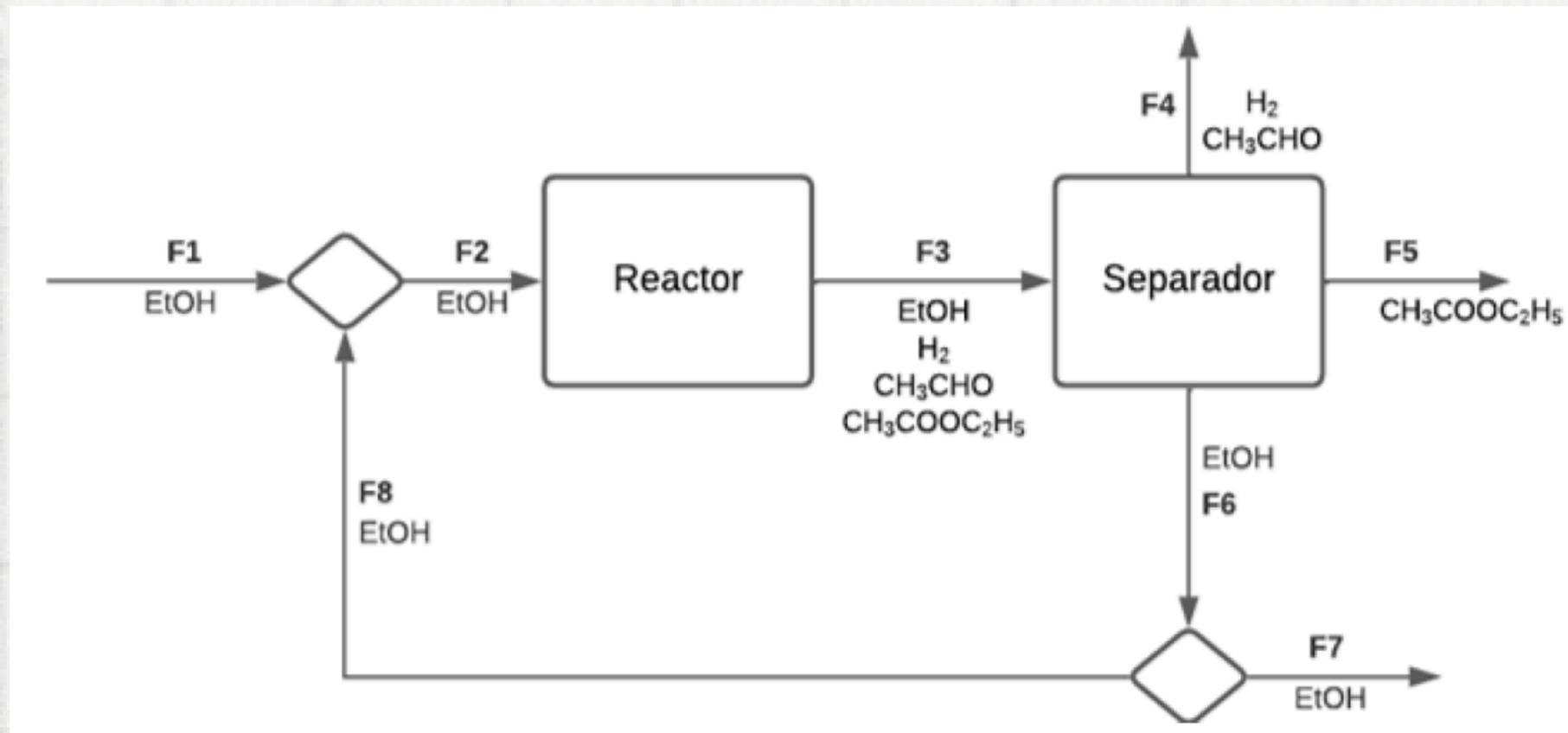
- Calcule el flujo de acetato de etilo puro que se produce en la empresa.
- Calcule la composición y el flujo de las corrientes de extracto y refinado que salen del proceso de extracción líquido-líquido.
- Calcule la recuperación de ácido acético en la corriente de extracto.
- Evalúe las consecuencias que tendría en el proceso de extracción aumentar la concentración de ácido acético en la alimentación del sistema.

Parte A

a) Calcule el flujo de acetato de etilo puro que se produce en la empresa.

Datos:

- $F1 = 500 \text{ mol/h}$
- Conversión por pasada 0.5
- Selectividad del reactor 0.8



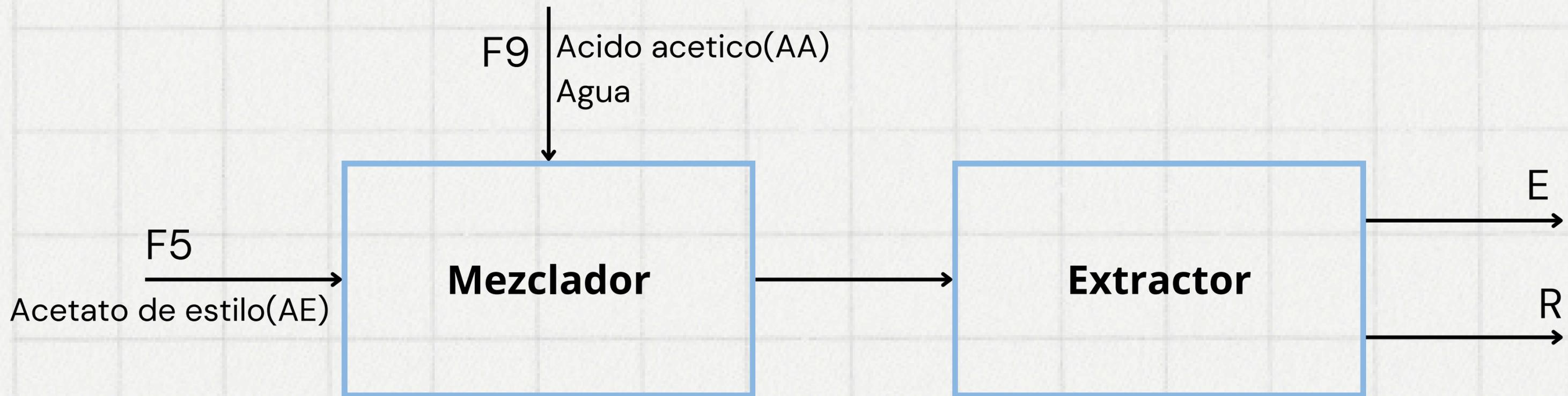


Parte B

b) Calcule la composición y el flujo de las corrientes de extracto y refinado que salen del proceso de extracción líquido-líquido.

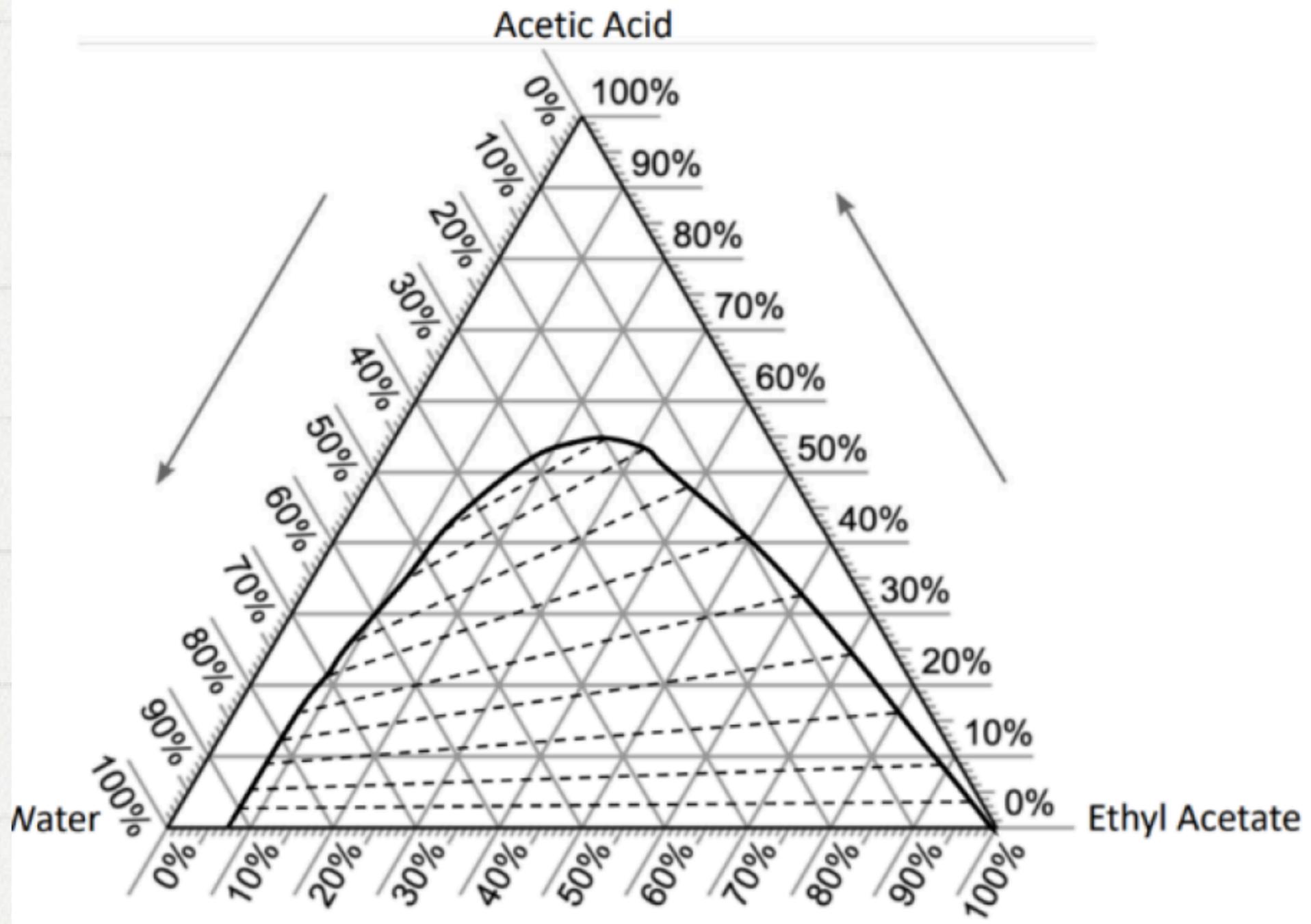
Parte B

b) Calcule la composición y el flujo de las corrientes de extracto y refinado que salen del proceso de extracción líquido-líquido.



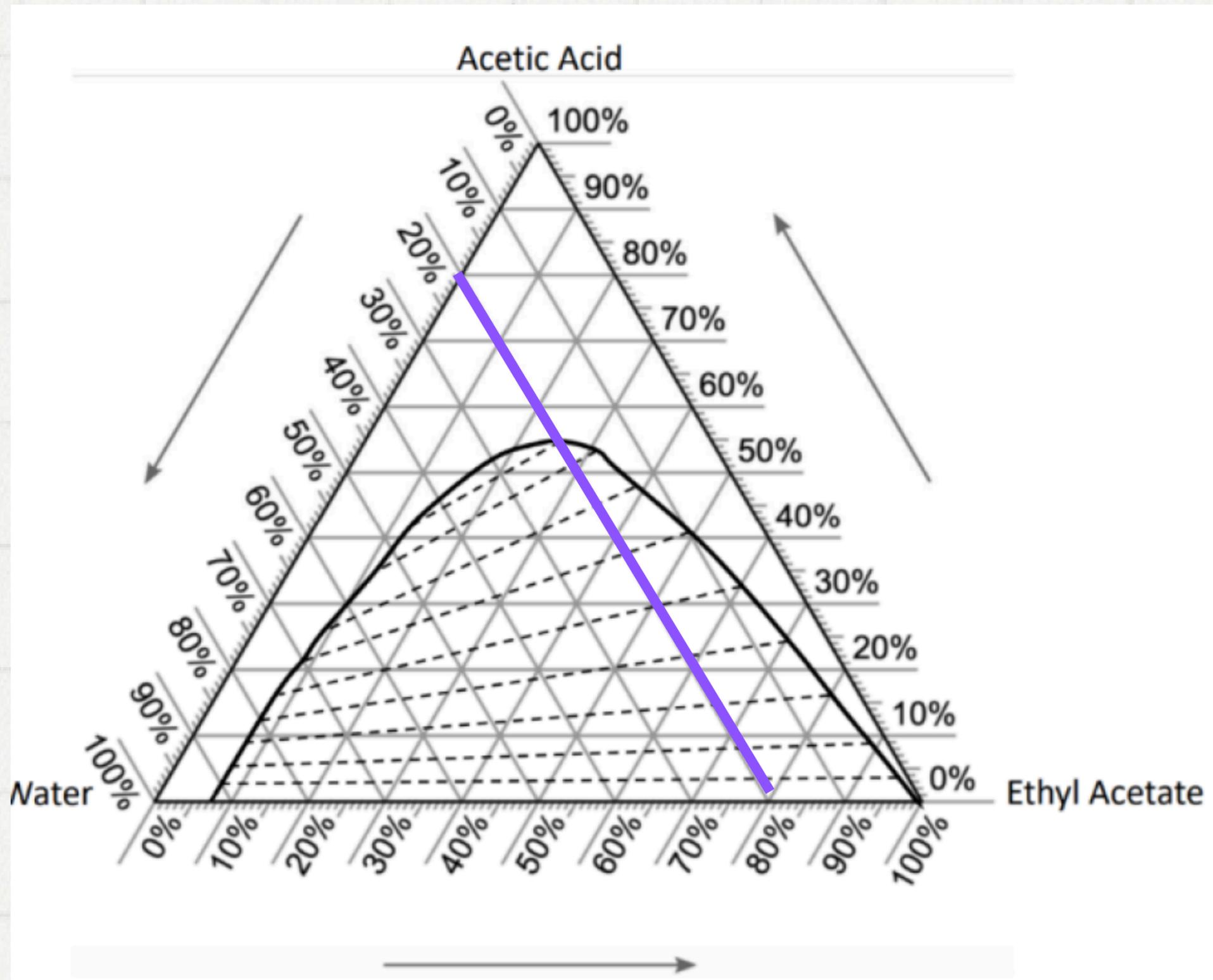


Parte B



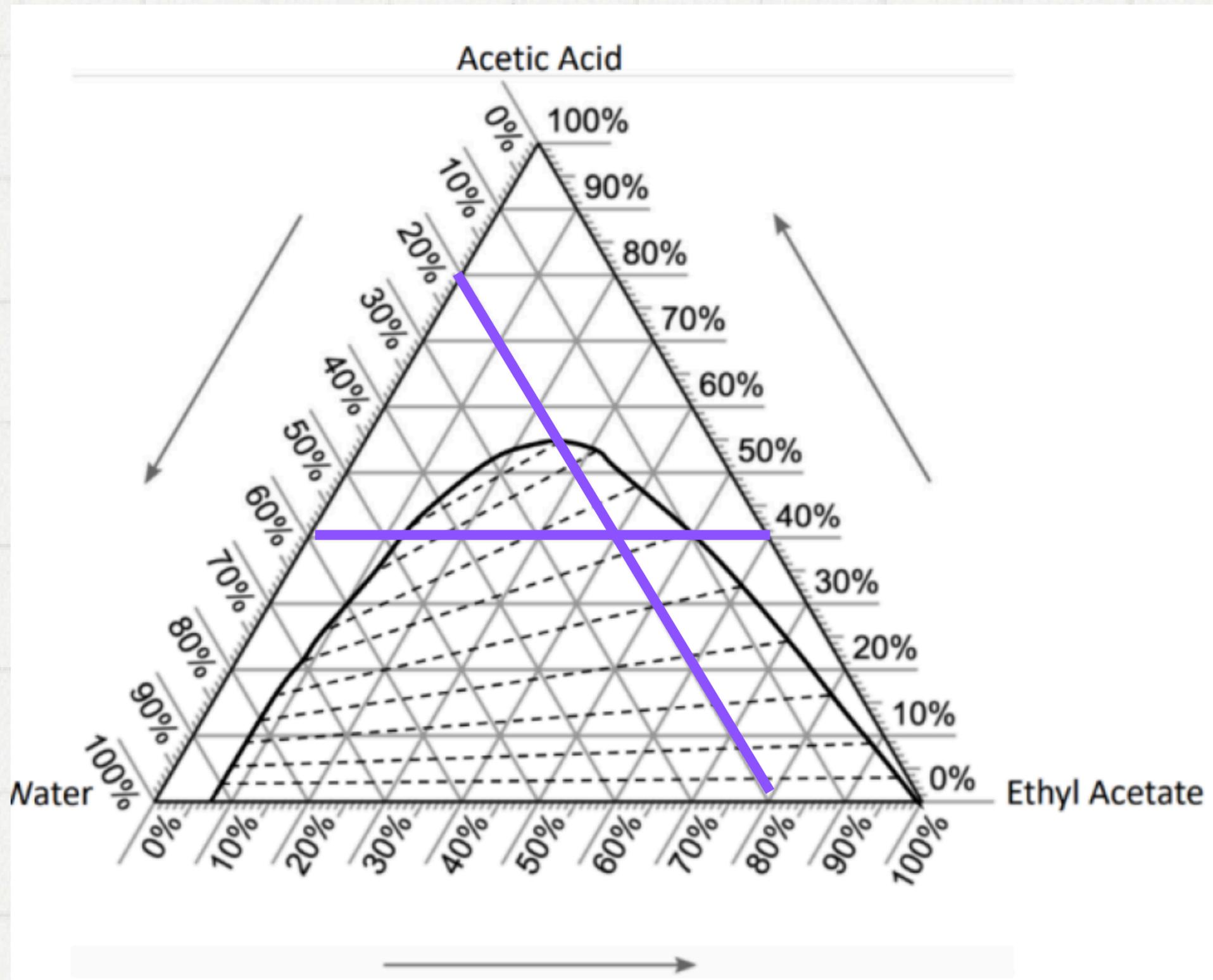


Parte B



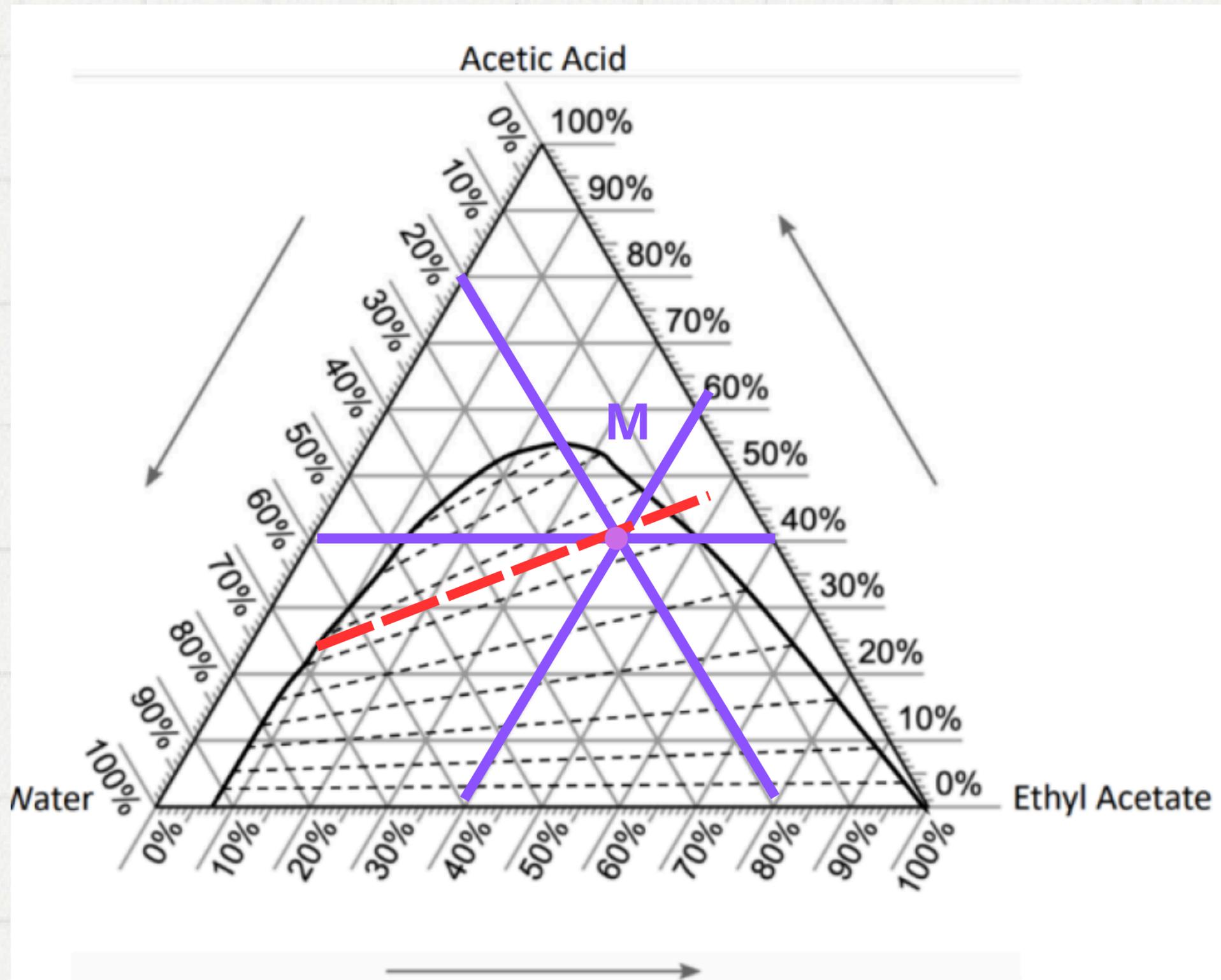


Parte B

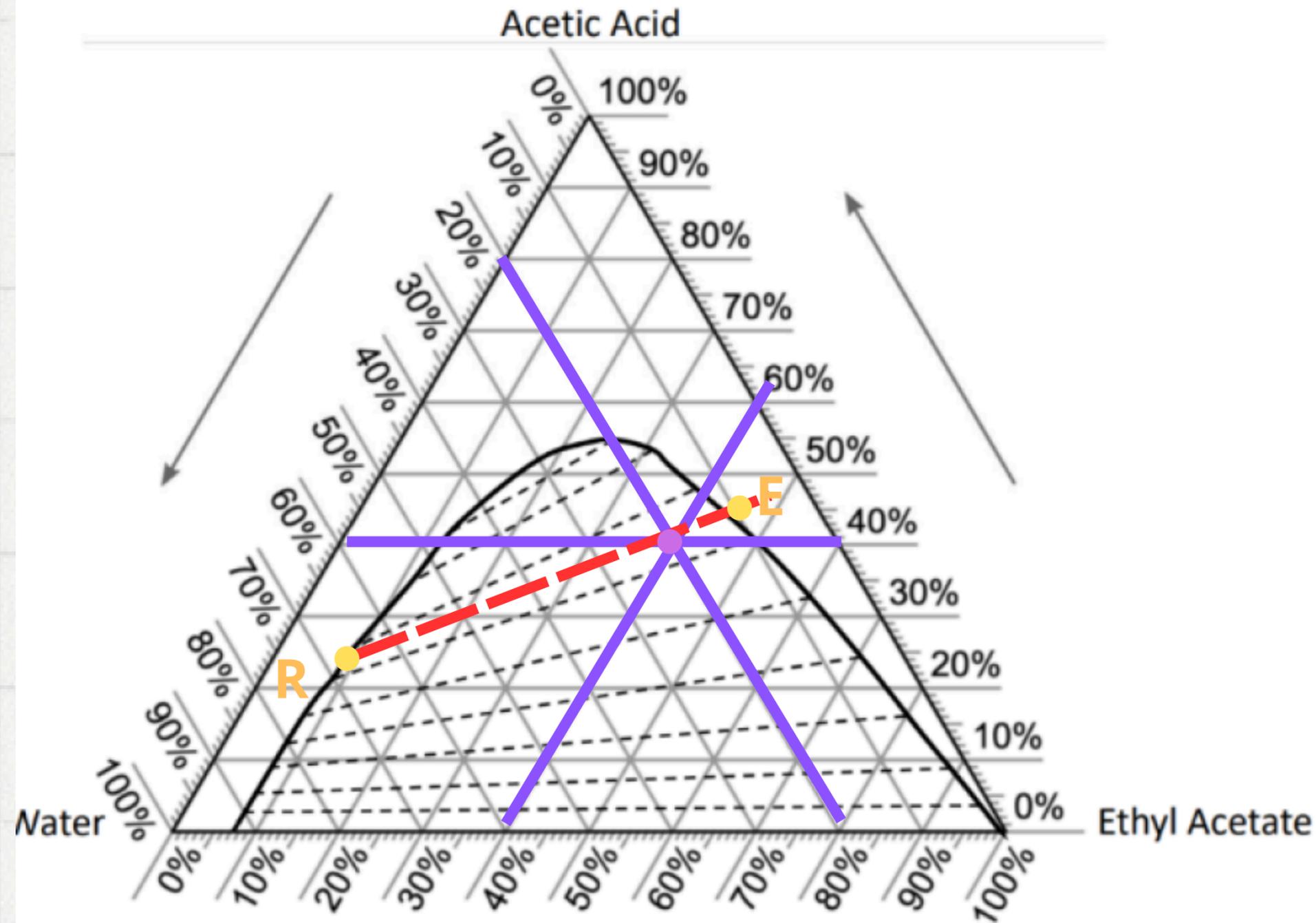




Parte B



Parte B



Corriente de refinado:

Acido Acetico: 25%
Agua: 68%
Acetato de etilo: 25%

Corriente de extracto:

Acido Acetico: 43%
Agua: 10%
Acetato de etilo: 47%



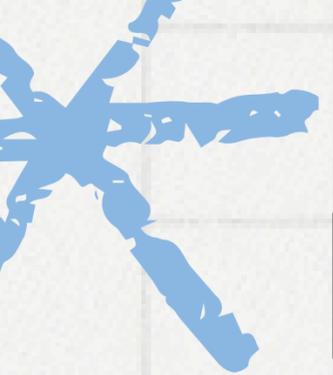
Parte C

c) Calcule la recuperación de ácido acético en la corriente de extracto.

Recuperación fraccionaria

$$R_f = \frac{\text{Moles componente deseado } i \text{ en Producto } j}{\text{moles componente } k \text{ en la Alimentación}}$$

$$R_f = \frac{X_e * E}{X_f * F}$$

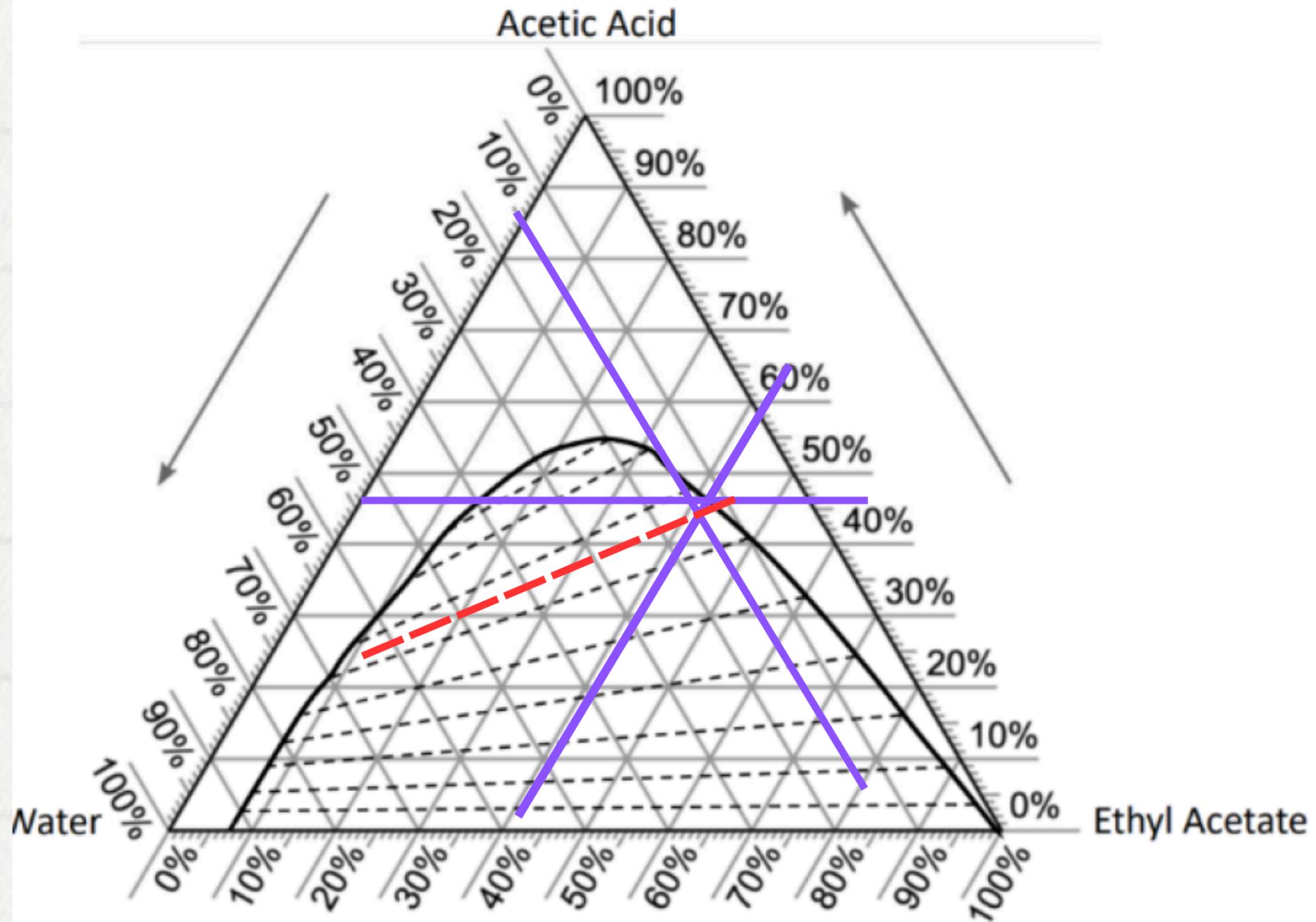


Parte D

d) Evalúe las consecuencias que tendría en el proceso de extracción aumentar la concentración de ácido acético en la alimentación del sistema.



Parte D





fcfm

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
QUÍMICA, BIOTECNOLOGÍA
Y MATERIALES

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Auxiliar Pre-Control 2

IQ3301 – Análisis de Procesos

**Sistemas de varias fases y
balance de energía estacionario**