

Principios de extracción Líquido-Líquido

IIQ2023 - Operaciones Unitarias II

José Rebolledo Oyarce

15 de Abril de 2021



- Recordatorio de Clase Anterior
- Objetivos de la Clase
- Introducción a Extracción Líquido-Líquido
 - Diagrama Ternario
 - Tipos de Sistemas Ternarios
 - Balance en una operación de una etapa
 - Balance en una operación con flujo cruzado

Objetivos de la Clase

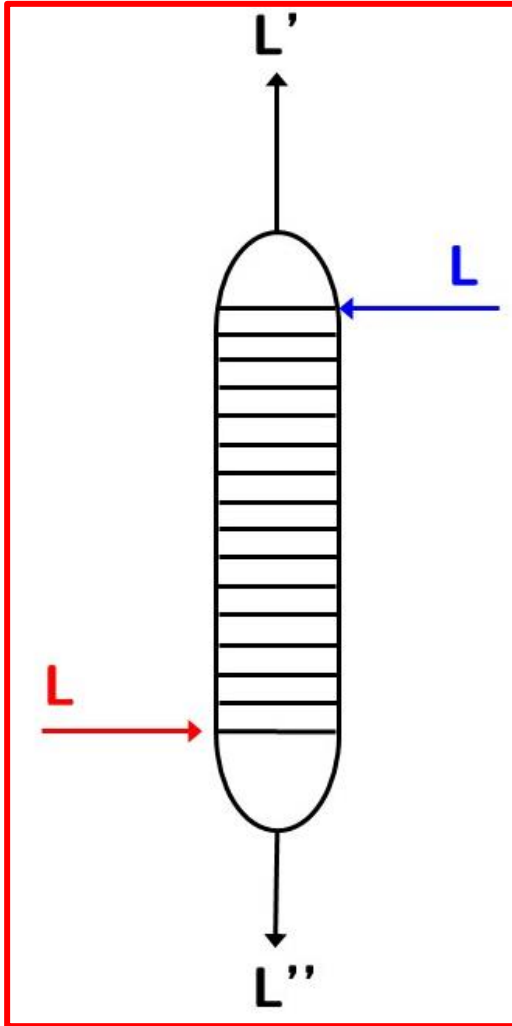
- Reconocer algunas limitaciones de la operación de destilación y comprender los fundamentos fisicoquímicos de la extracción líquido-líquido.
- Comprender los principios de la extracción en una etapa.
- Comprender el concepto de selectividad.
- Comprender el concepto de múltiples etapas en la extracción líquido-líquido

Problemas de la Destilación

Hay veces en que la destilación no se puede efectuar para realizar una separación:

- Los componentes presentan baja volatilidad
- Los componentes en la solución tienen esencialmente la misma volatilidad
- Los componentes son sensibles a altas temperaturas
- Costos involucrados

Solución: Extracción Líquido-Líquido



Agente separador: Materia (solvente líquido)

Ejemplo: Separación de compuestos luego de una fermentación

Diagrama Ternario: Uso de coordenadas triangulares

Consideremos una mezcla de tres compuestos A, B y C, estrictamente un gráfico que muestra las concentraciones de la mezcla en coordenadas cartesianas es:

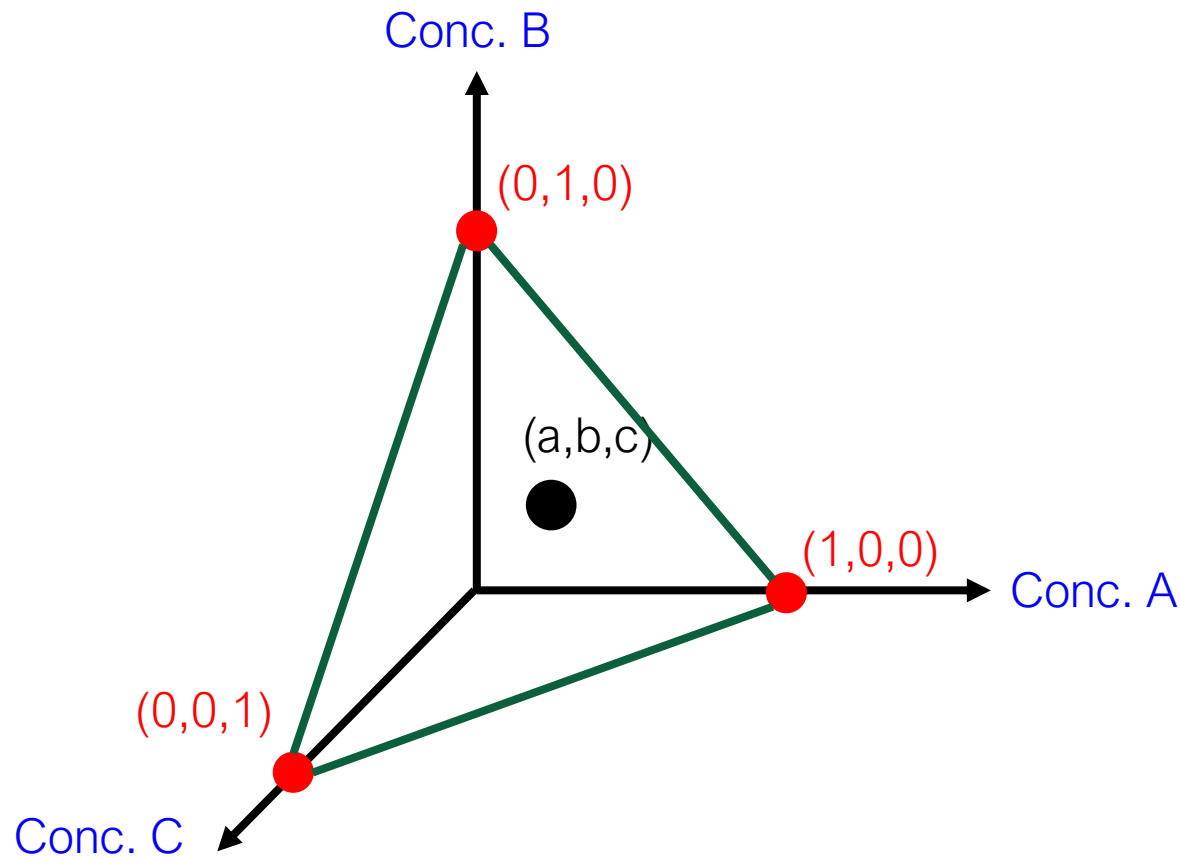
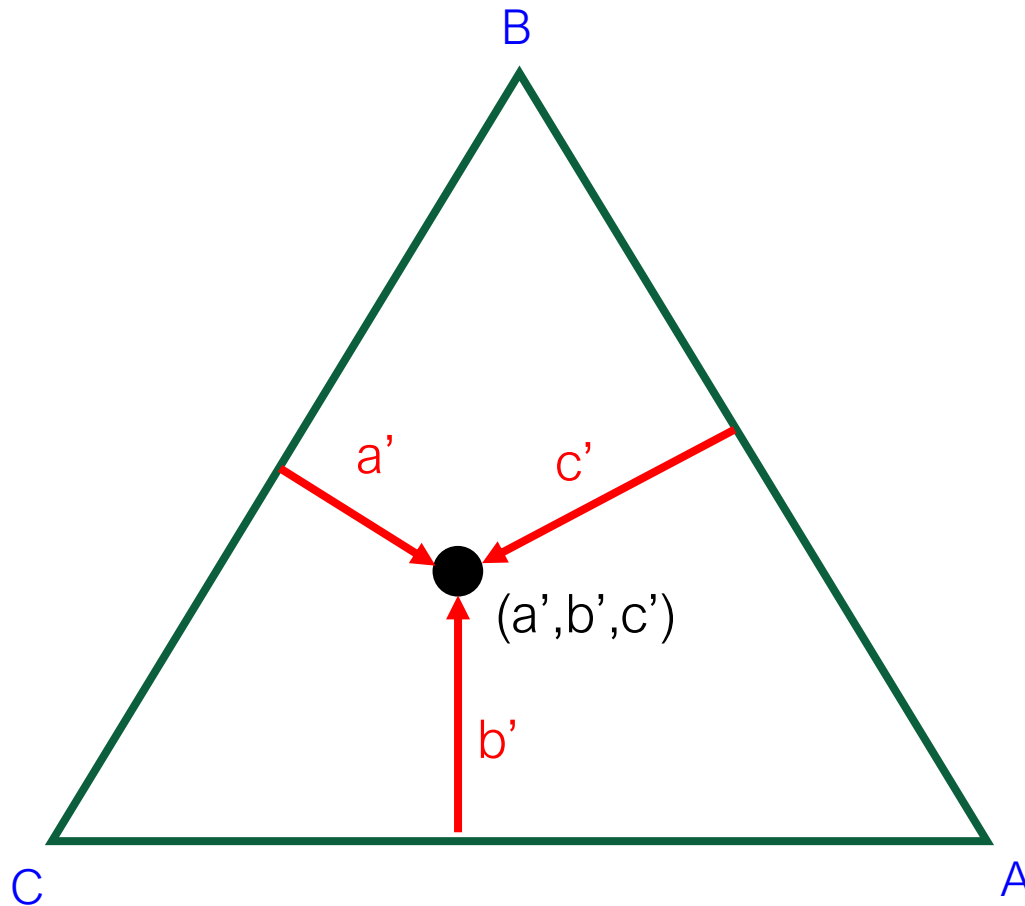


Diagrama Ternario: Uso de coordenadas triangulares

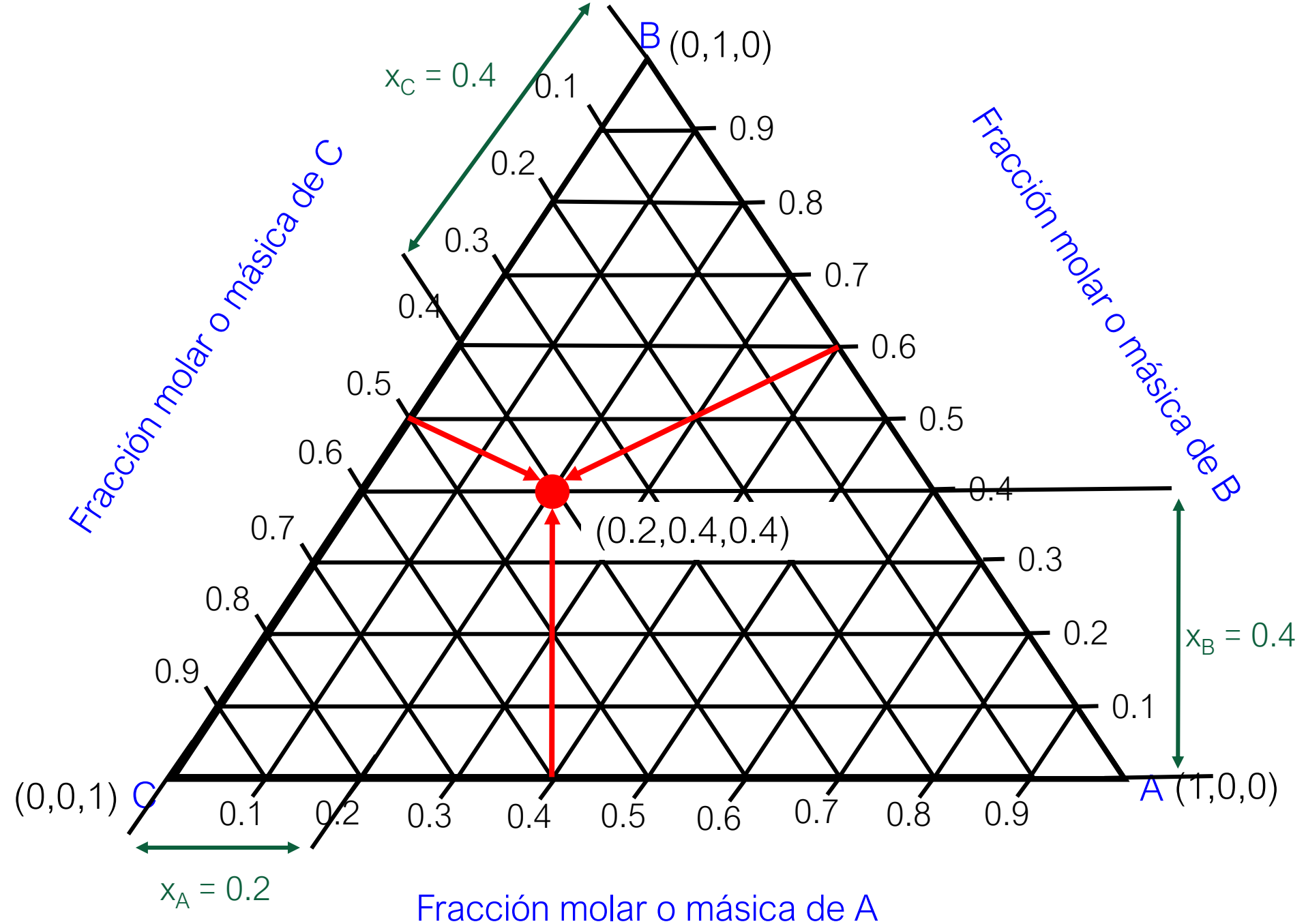
Este triángulo se puede extraer de las coordenadas cartesianas, entonces el punto (a,b,c) se traslada al punto (a',b',c') en el diagrama triangular:



$$a' = a \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$b' = b \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$c' = c \frac{\sqrt{3}}{2}$$



¿Qué pasa si tenemos una solución binaria B y C y la mezclamos con una solución que contiene A?

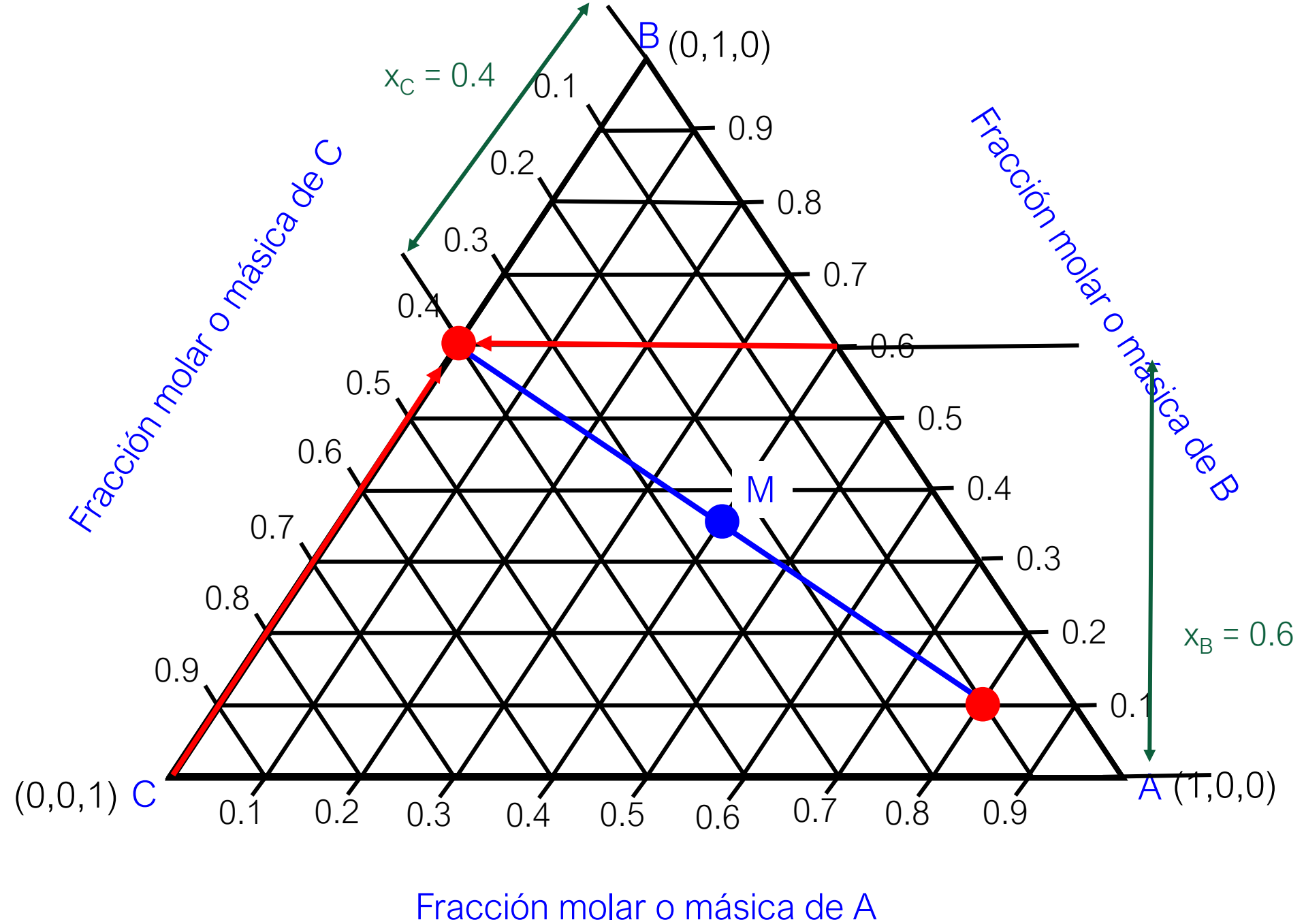
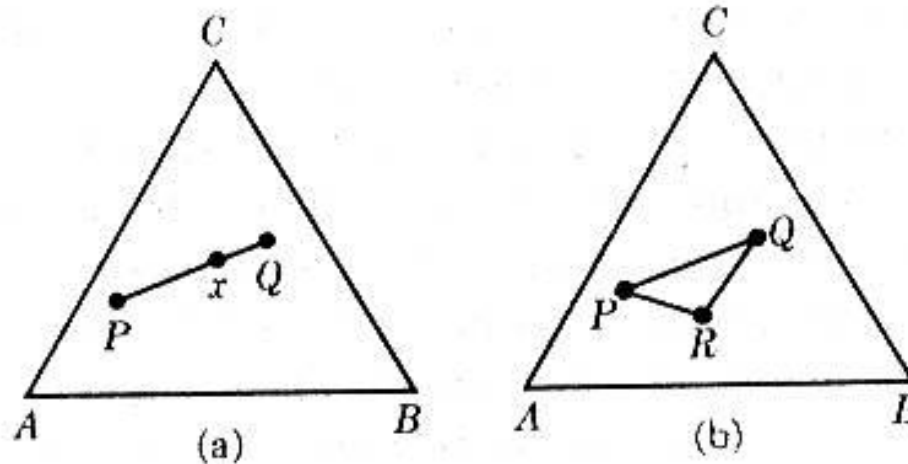


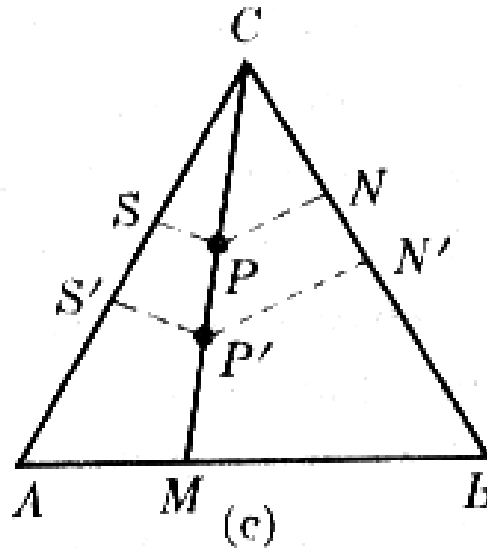
Diagrama Ternario: Mezclas y regla de la palanca



Si se mezclan 2 sistemas con composiciones P y Q, la composición de la mezcla obtenida pertenece a recta que une P y Q y se cumple regla de la palanca.

Si se mezclan 3 sistemas representados por P, Q y R la composición de la mezcla estará situada en triángulo PQR.

Visualización de proporciones en un diagrama ternario

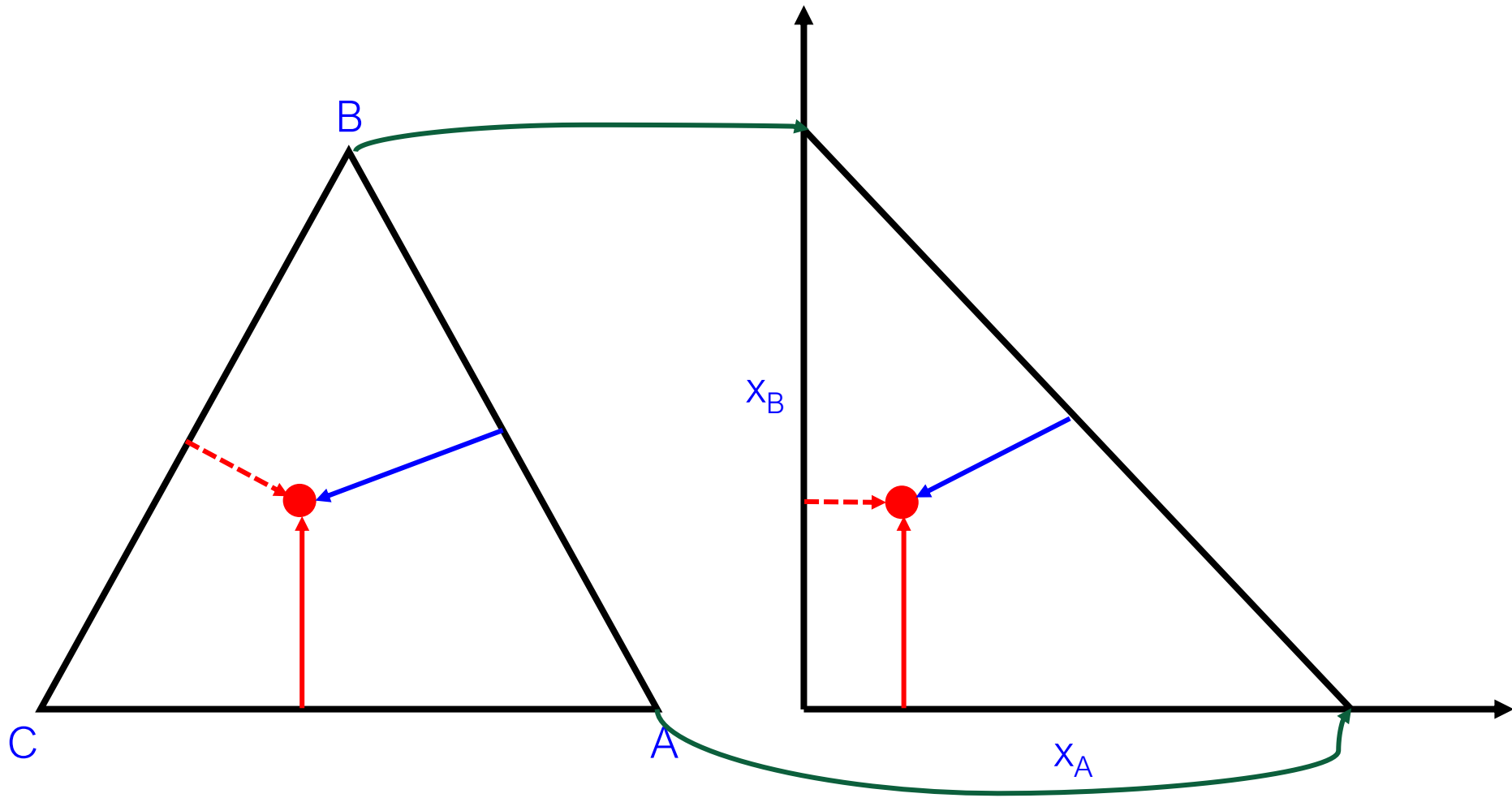


Todos los sistemas representados por puntos sobre una línea a través de un vértice contienen los otros 2 componentes en la misma relación

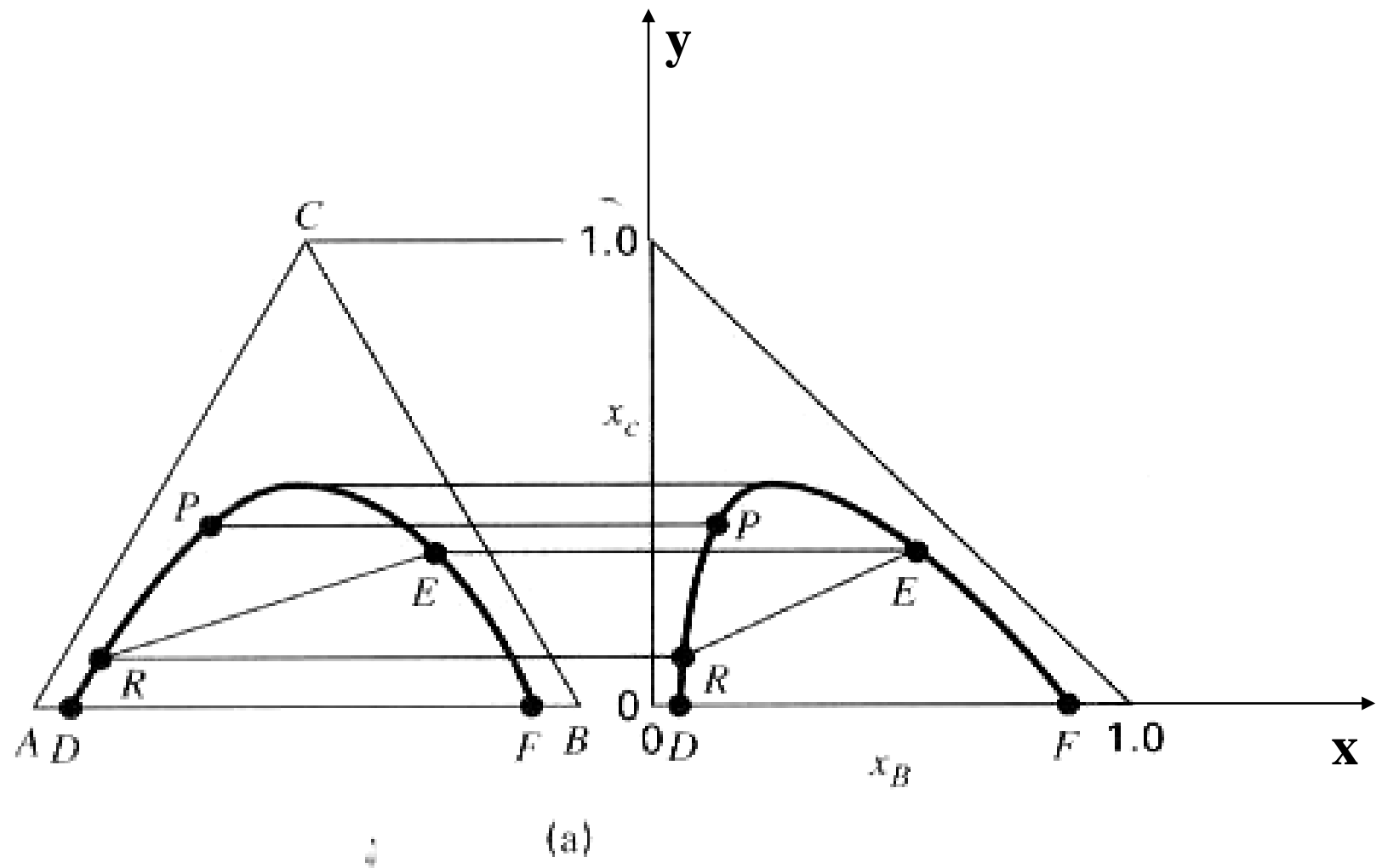
$$\frac{PS}{P'S'} = \frac{CP}{C'P'} \quad y \quad \frac{PN}{P'N'} = \frac{CP}{C'P'}$$

$$\frac{PS}{P'S'} = \frac{PN}{P'N'} \quad o \quad \frac{PS}{PN} = \frac{P'S'}{P'N'}$$

Tipos de diagramas: triángulo equilátero y triángulo rectángulo

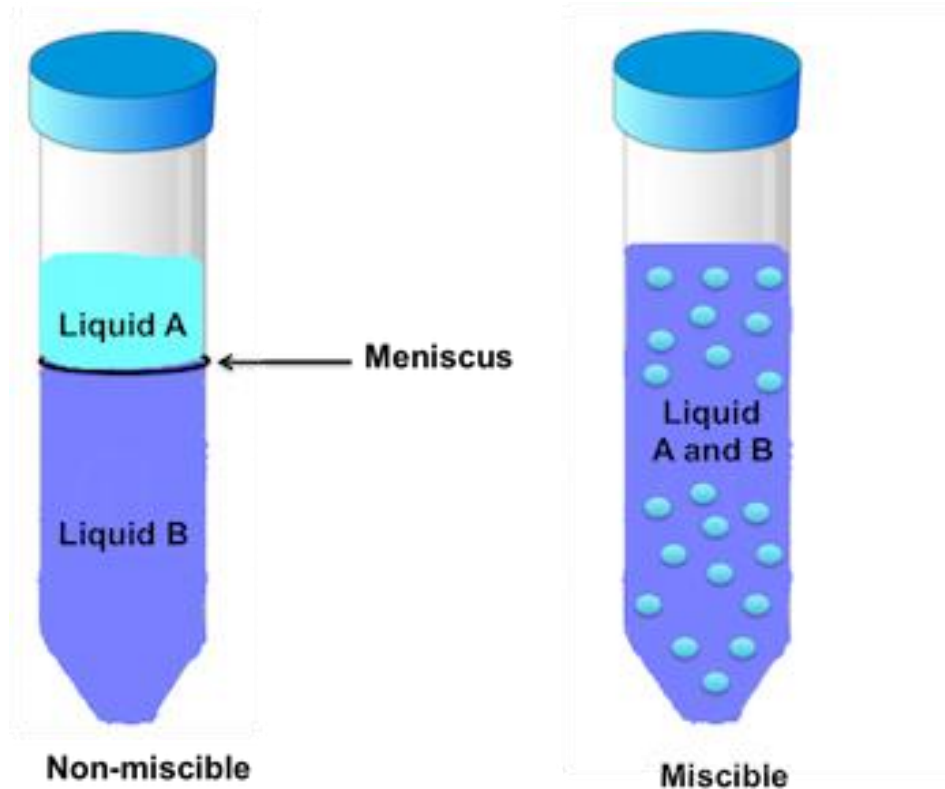


Tipos de diagramas: triángulo equilátero y triángulo rectángulo



¿Qué pasan en las mezclas líquidas?

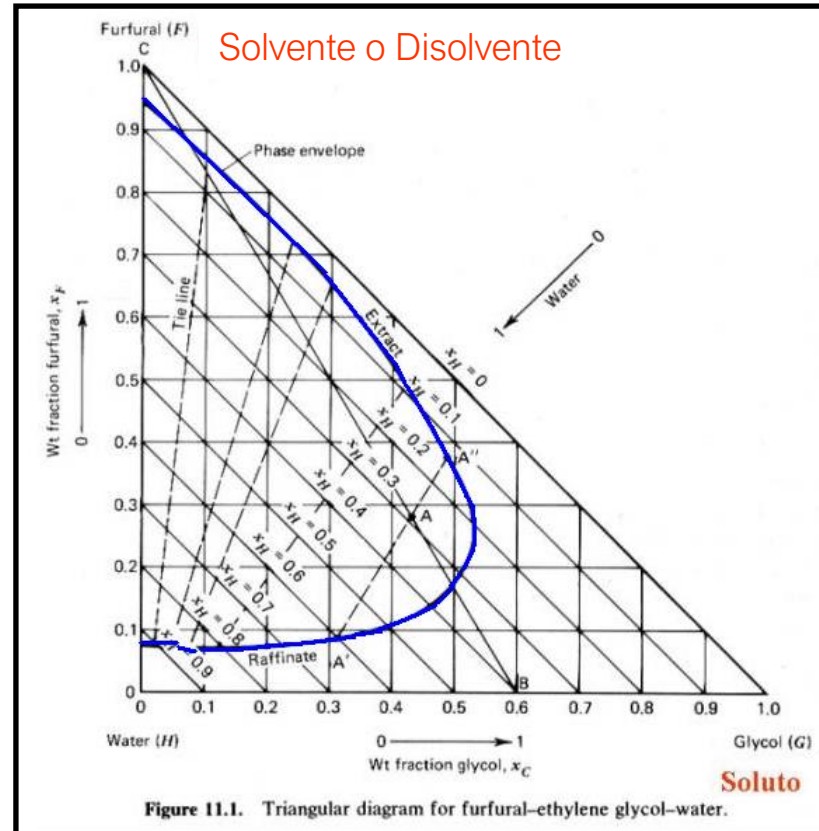
Se generan **fases** diferentes
que no se mezclan



Los compuestos **no** son
distinguen en la mezcla

Sistema Tipo I

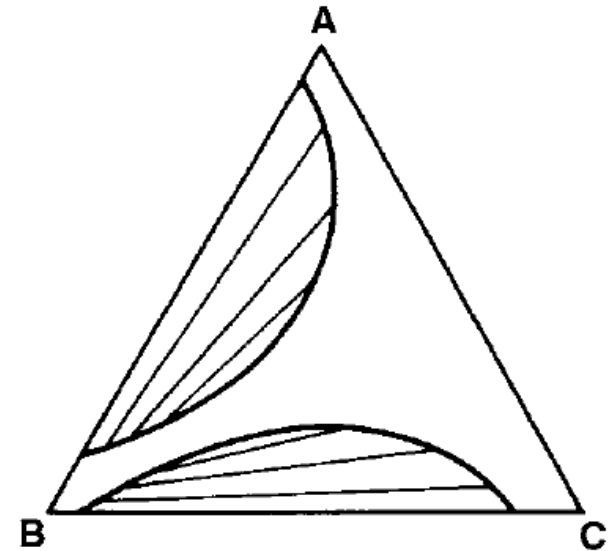
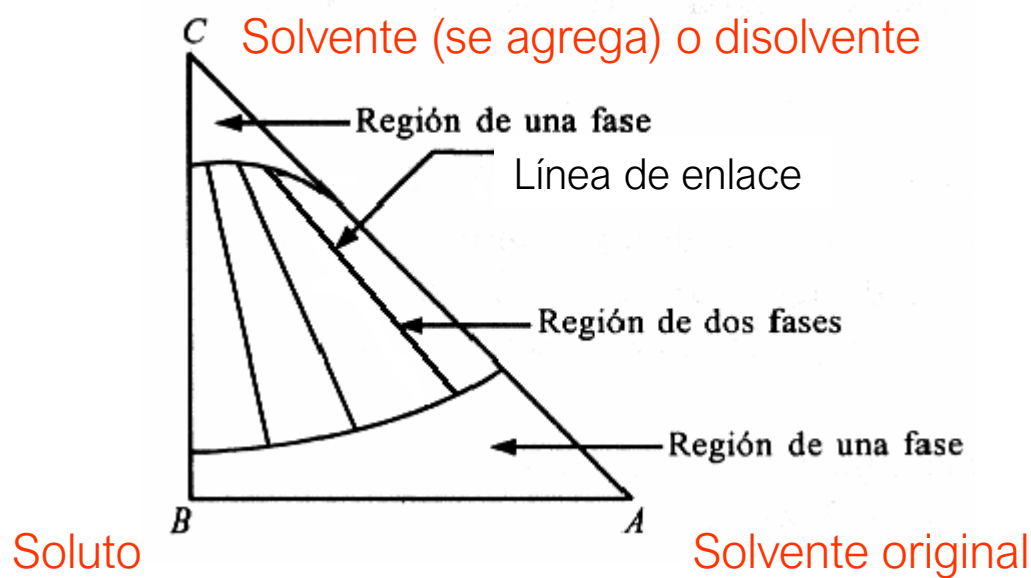
Los Sistema Tipo I son aquellos en que en la mezcla ternaria sólo existe **un par de líquidos** parcialmente miscibles.



En este caso el furfural y el agua son parcialmente miscibles

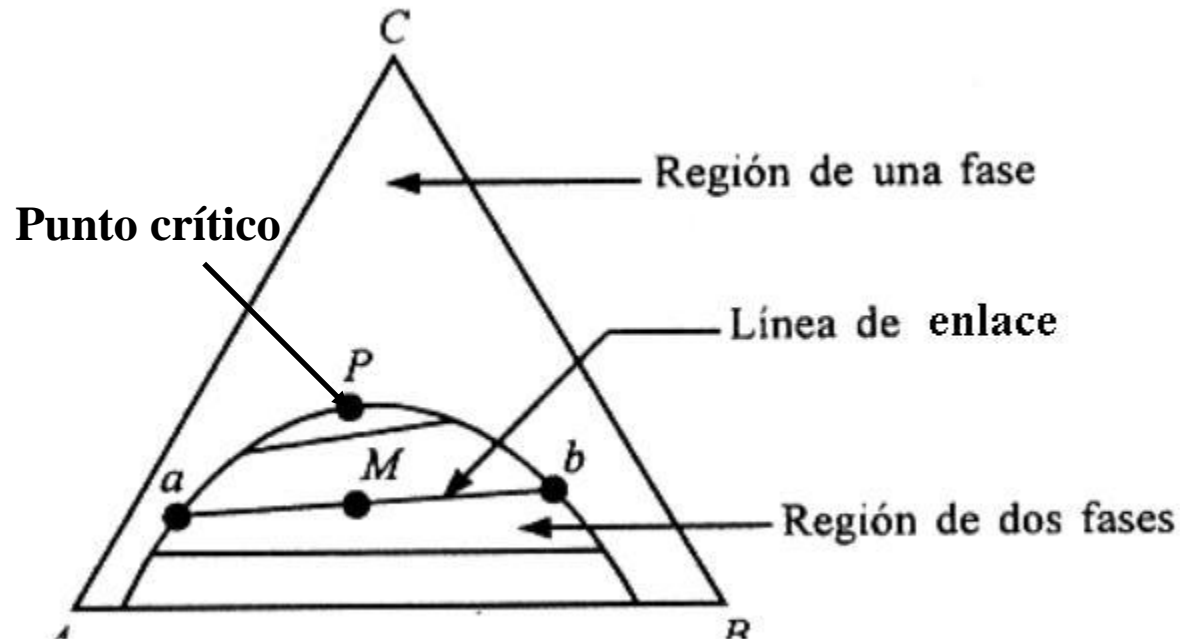
Sistema Tipo II

Los Sistema Tipo II son aquellos en que en la mezcla ternaria **existen 2 pares** de líquidos inmiscibles.



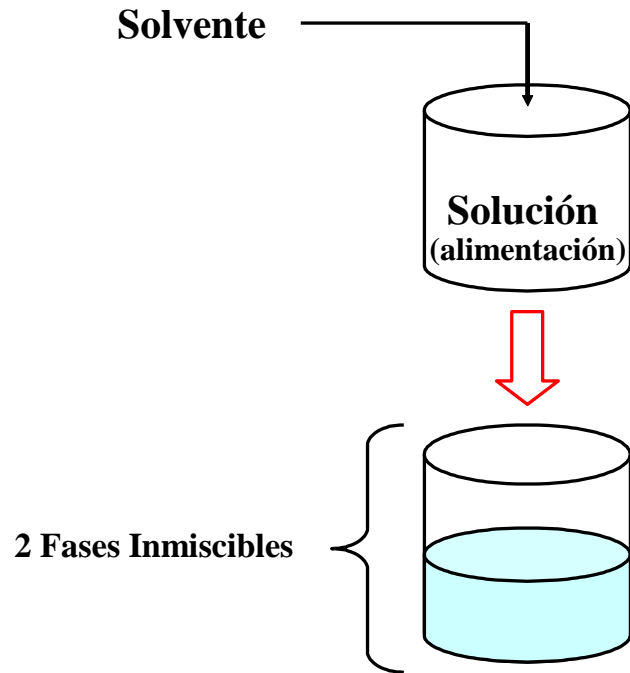
En este caso tanto C y B, como C y A son parcialmente miscibles

Punto Crítico en un Diagrama Ternario

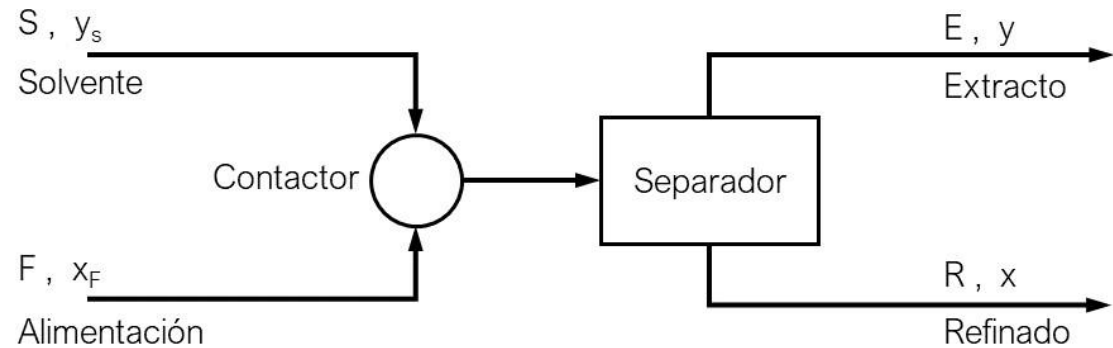


Es el punto en el cual convergen las líneas de enlace

Diagrama de un proceso de una etapa



La fase líquida que contiene la mayor concentración de solvente se conoce como el **extracto**.



La otra fase líquida, que contiene una concentración pequeña de solvente es el **refinado**.

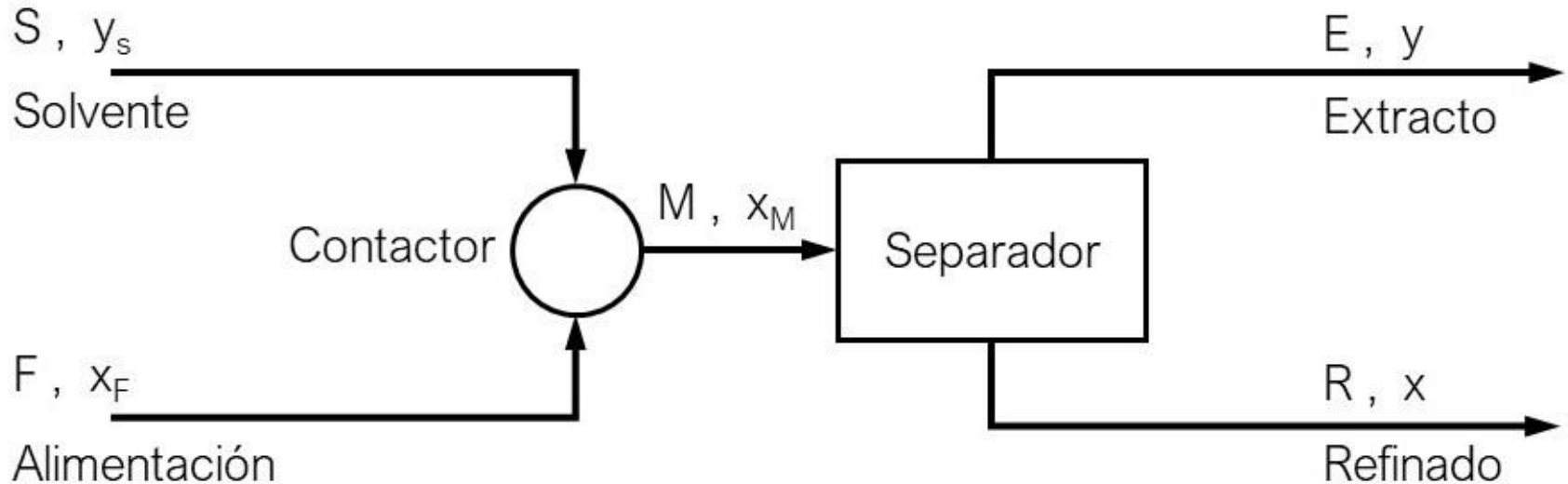
Nomenclatura:

F, S, E, R flujos másicos.

x_F, x son las fracciones en peso del soluto que se va a extraer en alimentación y refinado.

y_s, y son las fracciones en peso del soluto que se va a extraer en solvente y extracto.

Balance de Materia



Balances:

$$\text{B.M.} \quad : \quad F + S = M = E + R$$

$$\text{B.M. Solute} \quad : \quad Fx_F + Sy_s = Mx_M = Ey + Rx$$

Según análisis visto el punto M con composición x_M se localiza en línea que une composiciones x_F y y_s . Además, la x_M se localiza en línea que une composiciones x e y .

La ubicación de M en diagrama ternario se puede determinar a partir de las cantidades relativas de alimentación y de solvente.

Balance de Materia

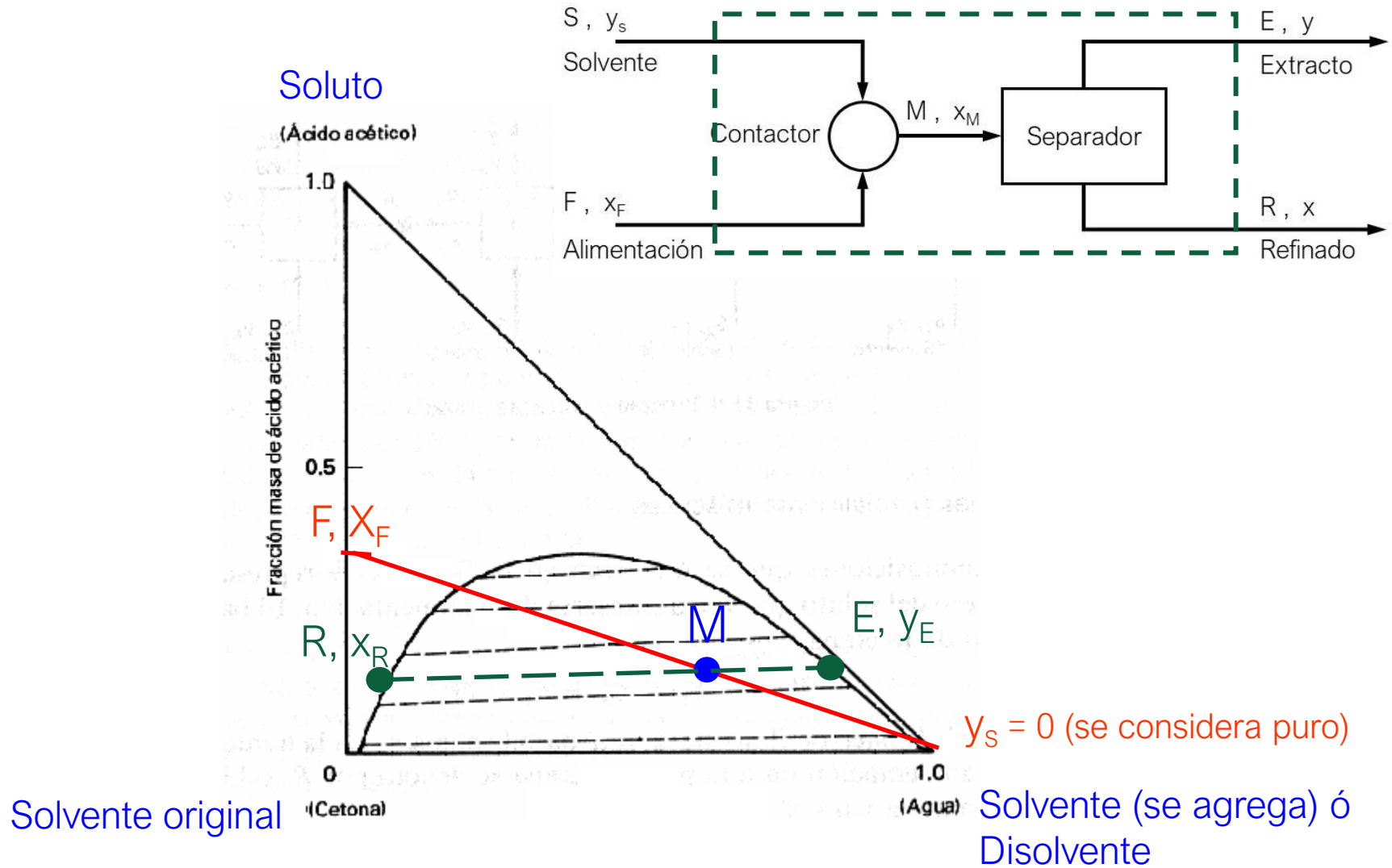
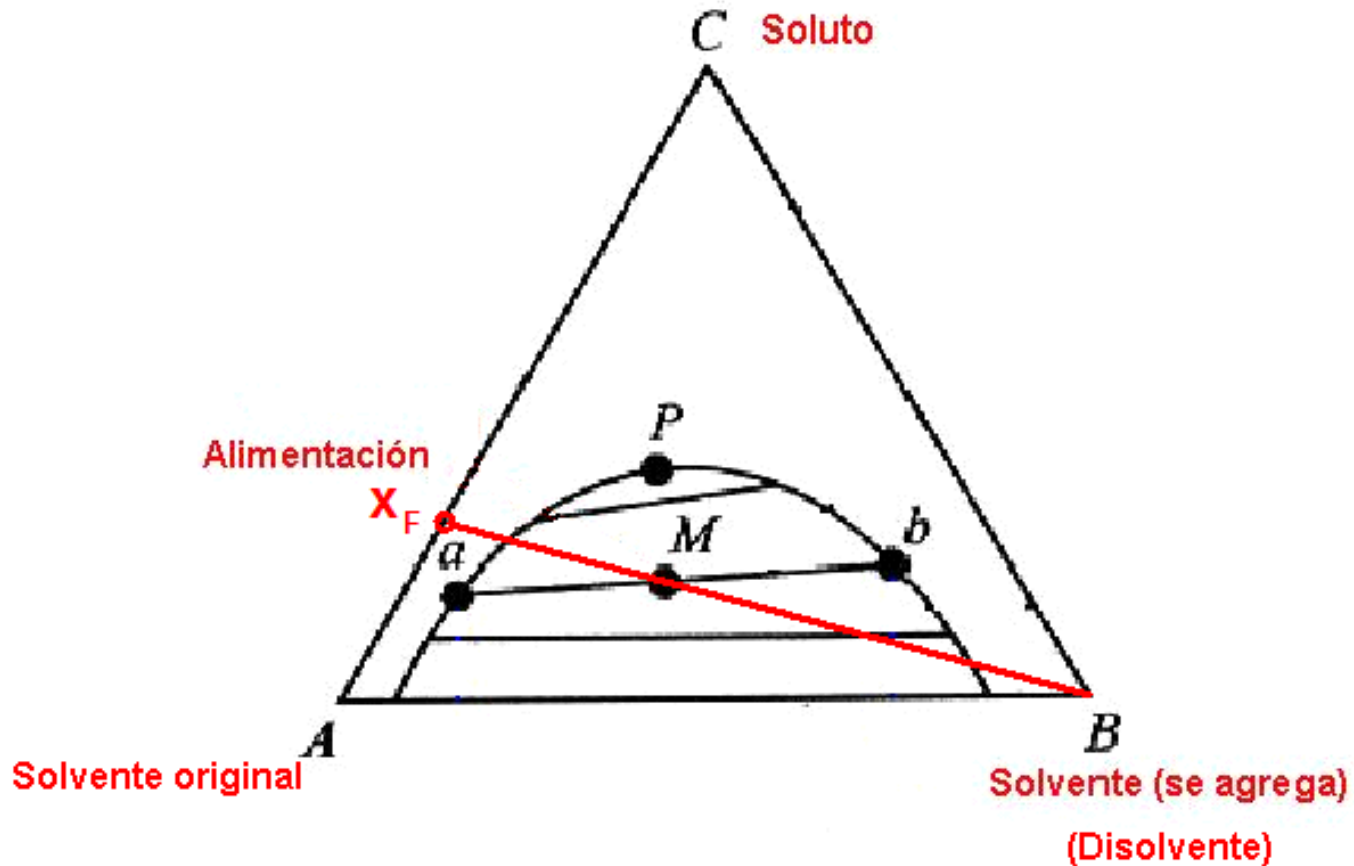


Diagrama con triángulo equilátero



En este caso A y C forman la mezcla original

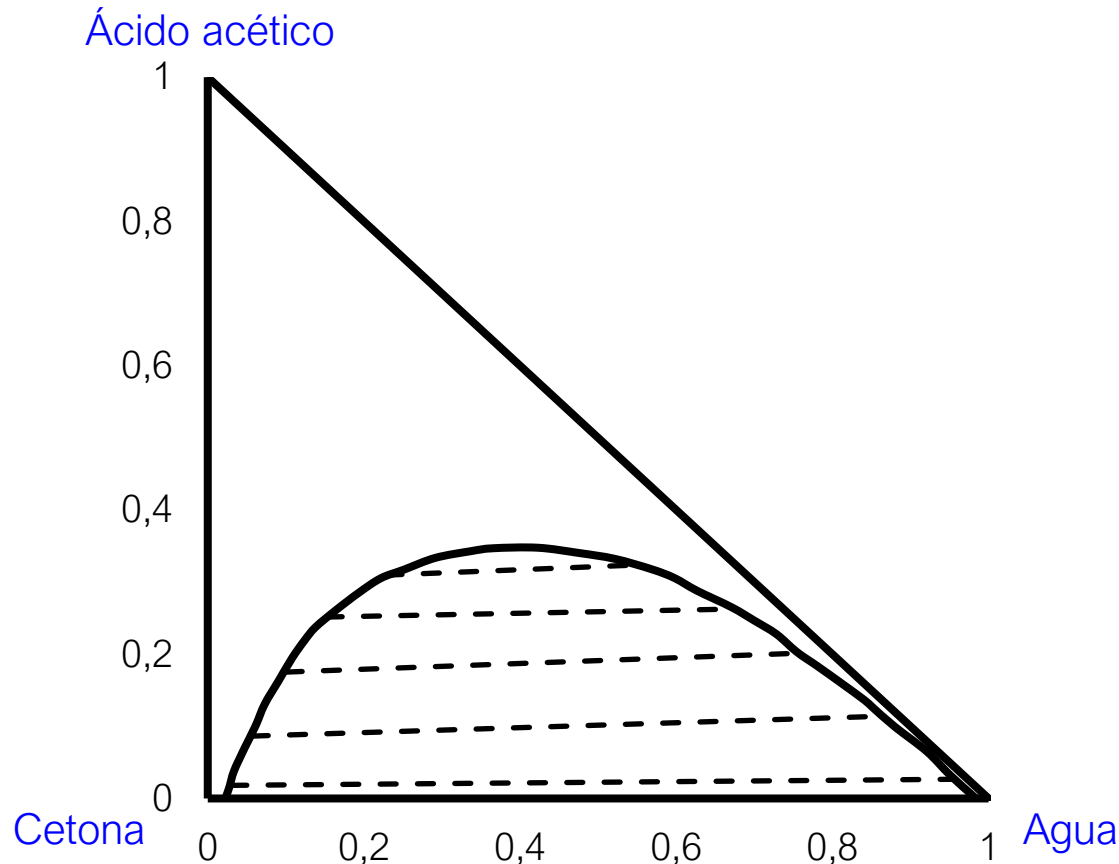
$$K_{Di} = \frac{x_i^E}{x_i^R}$$

23

Ejemplo:

En un proceso continuo de extracción de una sola etapa se mezclan 50 kg/min de agua con 50 kg/min de solución compuesta por ácido acético (35% en peso) y metil isobutil cetona (65% en peso).

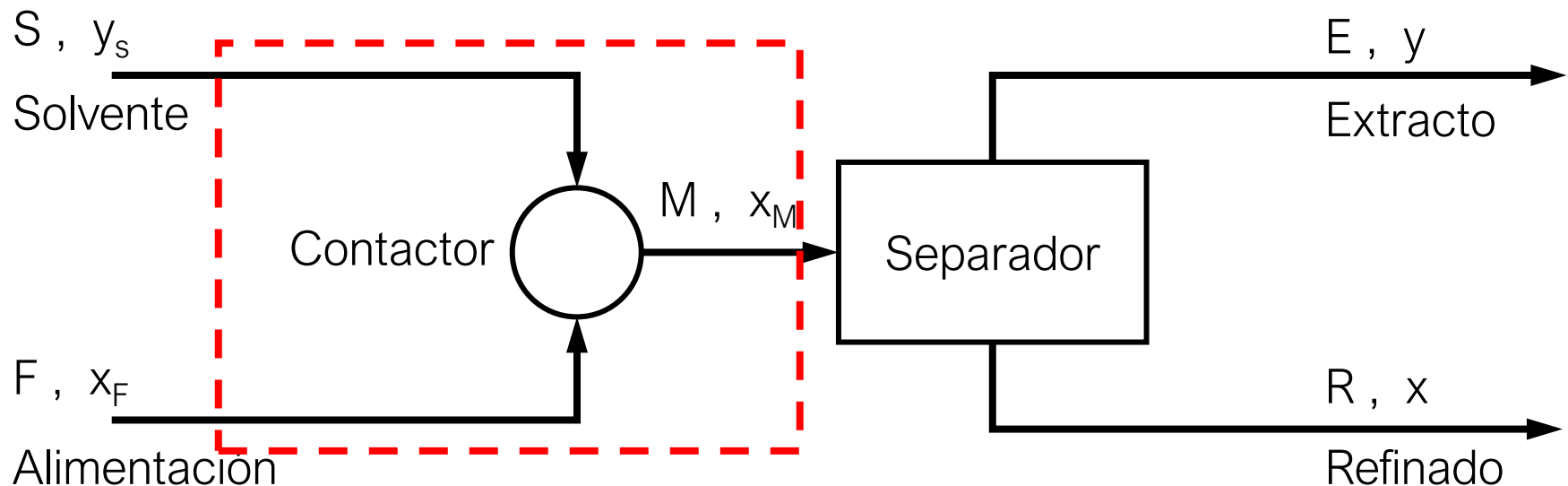
Determinar cantidad de ácido acético en la mezcla total, las composiciones del extracto y del refinado, y los flujos de extracto y refinado.



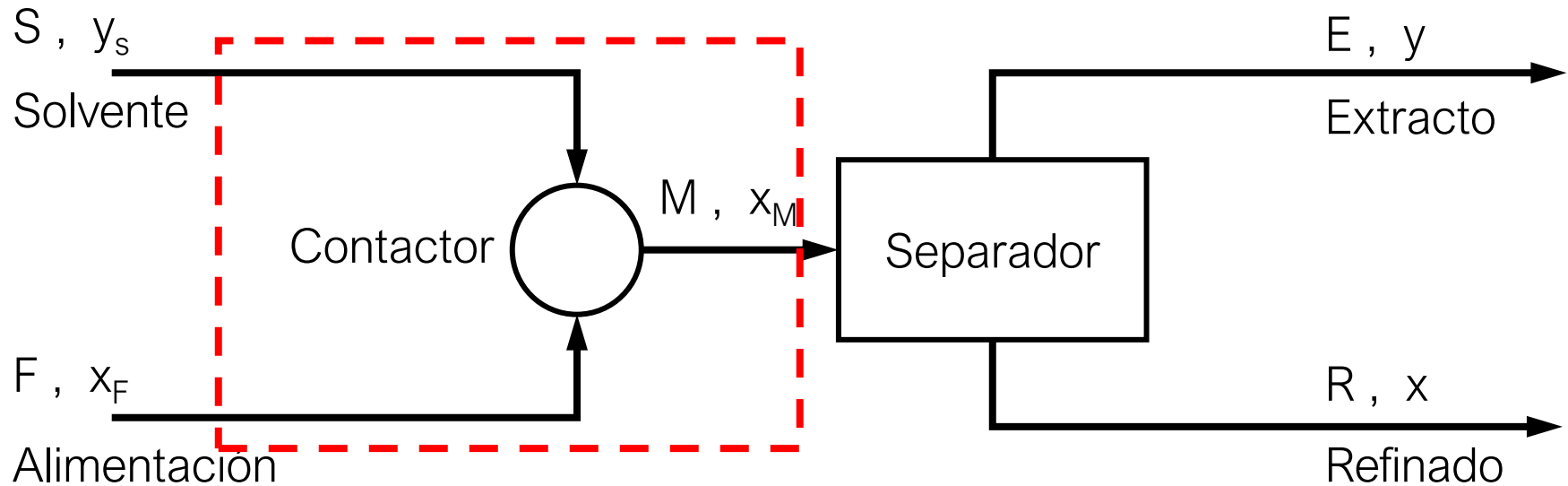
Ejemplo:

En un proceso continuo de extracción de una sola etapa se mezclan 50 kg/min de agua con 50 kg/min de solución compuesta por ácido acético (35% en peso) y metil isobutil cetona (65% en peso).

Determinar cantidad de ácido acético en la mezcla total, las composiciones del extracto y del refinado, y los flujos de extracto y refinado.



Ejemplo:

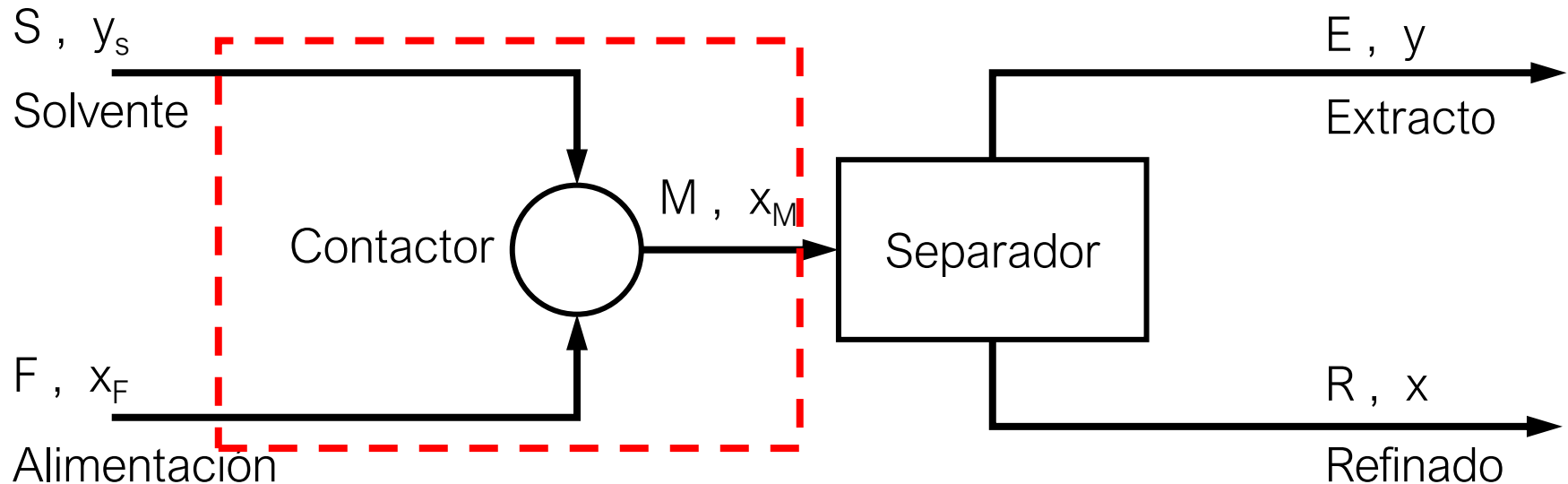


Balance de Global de Materia:

$$S + F = M$$

$$50 \frac{kg}{min} + 50 \frac{kg}{min} = M = 100 \frac{kg}{min}$$

Ejemplo:



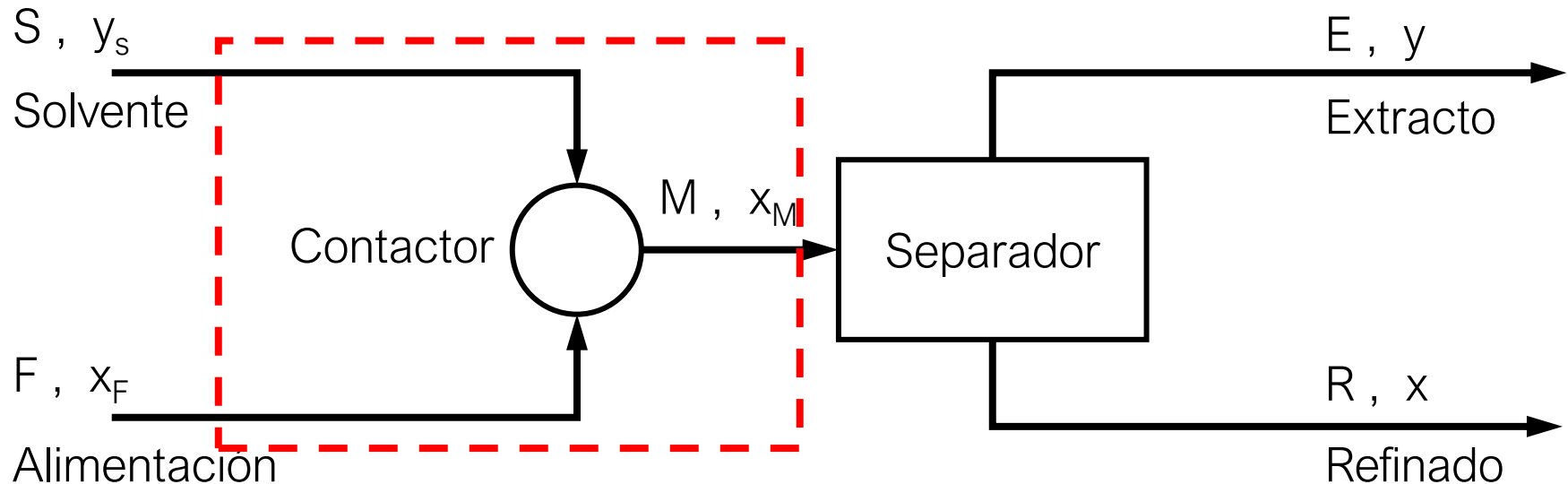
Balance de Materia para el compuesto Agua:

$$S y_{agua} + F x_{F,agua} = M x_{M,agua}$$

$$50(1.0) + 50(0.0) = M x_{M,agua} = 50 \frac{kg}{min}$$

(50% de agua
en la mezcla)

Ejemplo:



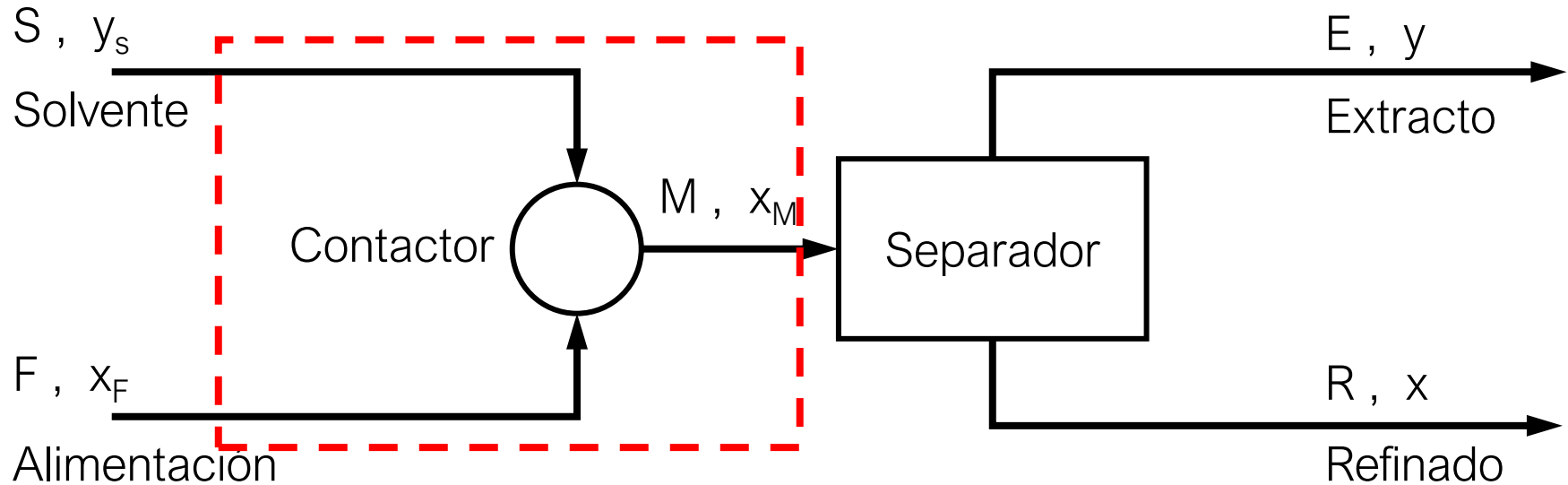
Balance de Materia para el compuesto Ácido Acético:

$$S y_{ac.acetico} + F x_{F,ac.acetico} = M x_{M,ac.acetico}$$

$$50(0.0) + 50(0.35) = M x_{M,ac.acetico} = 17.5 \frac{kg}{min}$$

(17.5% de ac. acetico
en la mezcla)

Ejemplo:



Balance de Materia para el compuesto Cetona:

$$S y_{cetona} + F x_{F,cetona} = M x_{M,cetona}$$

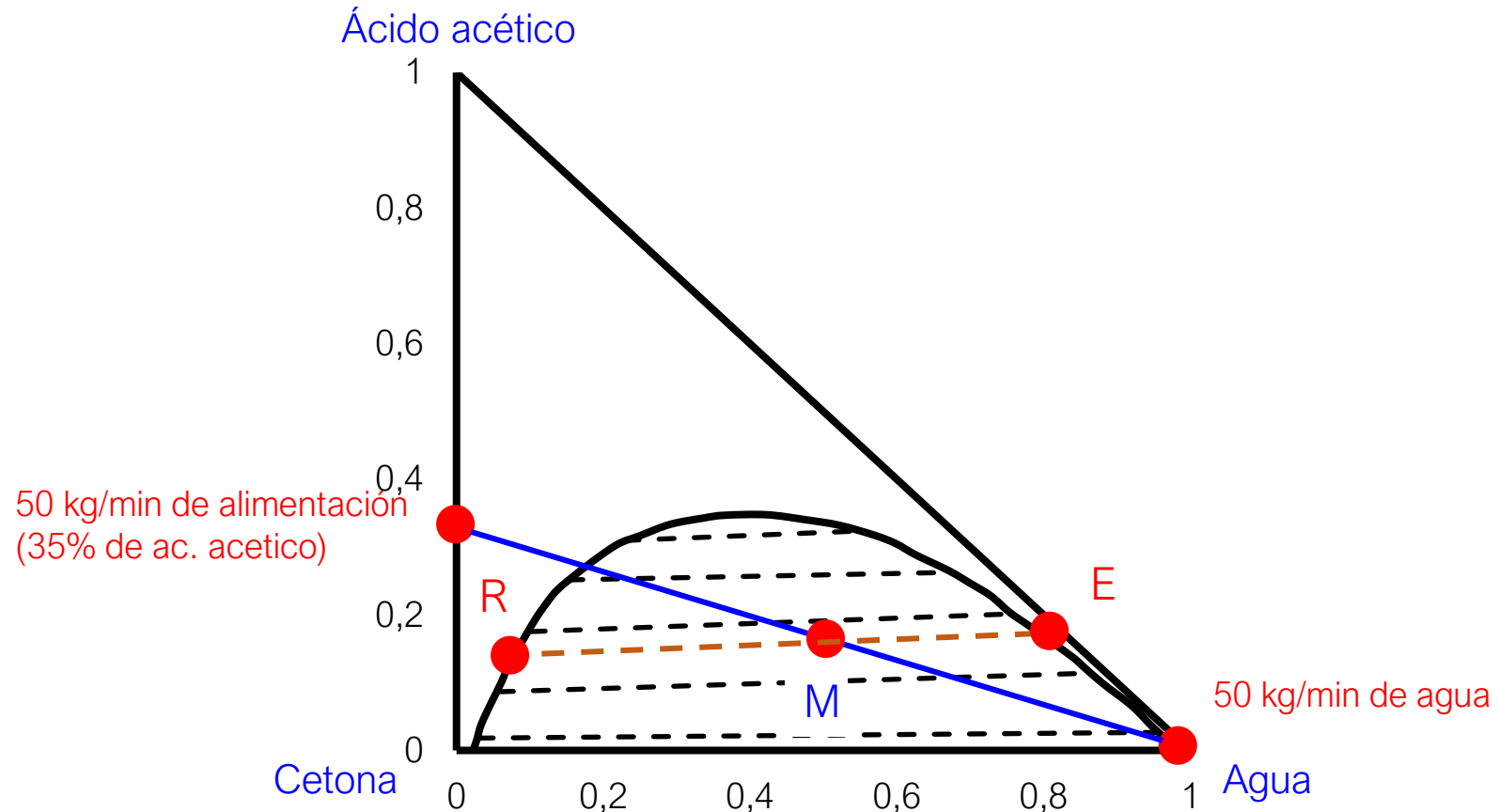
$$50(0.0) + 50(0.65) = M x_{M,cetona} = 32.5 \frac{kg}{min}$$

(32.5% de cetona
en la mezcla)

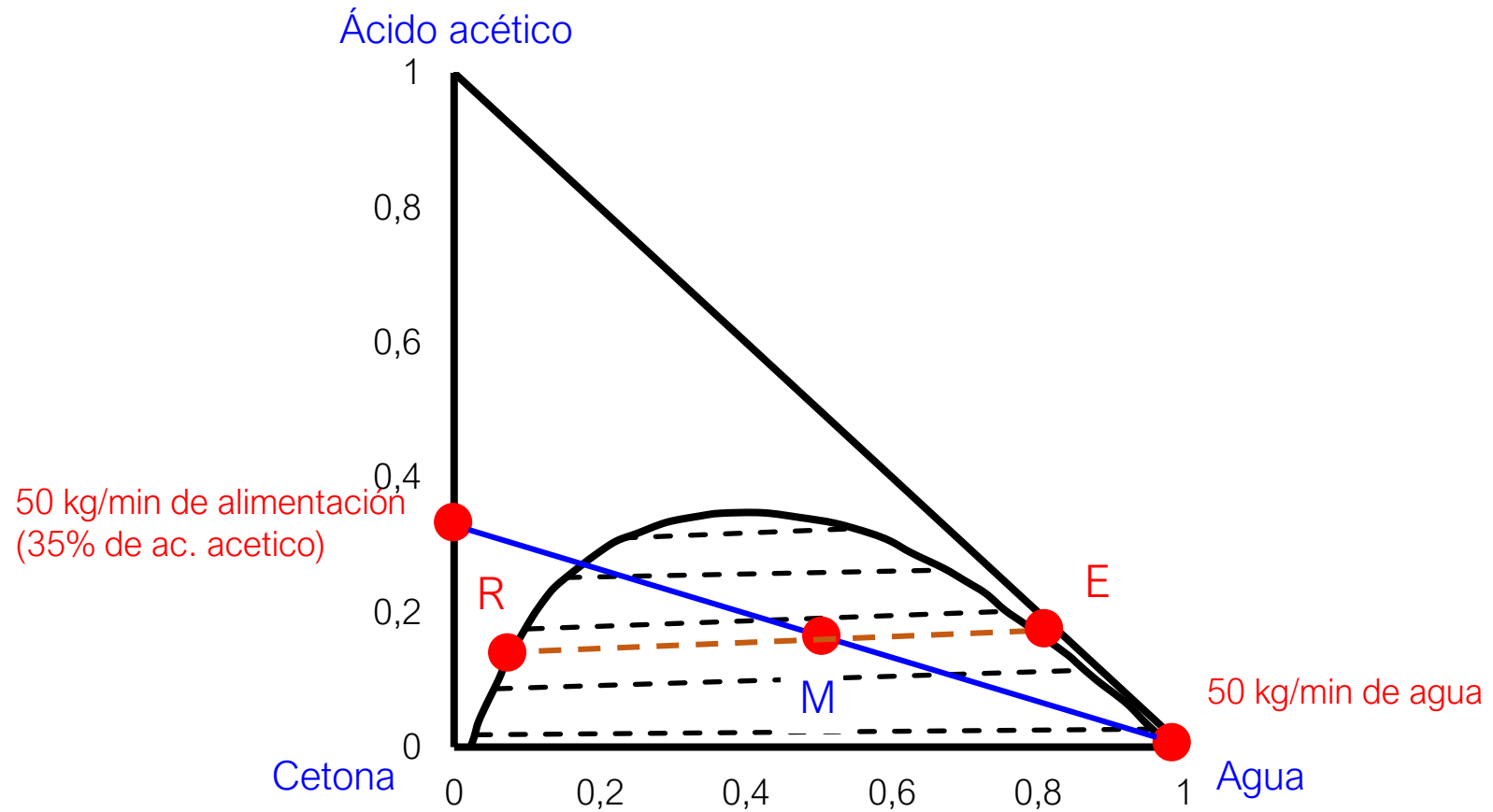
Ejemplo:

En un proceso continuo de extracción de una sola etapa se mezclan 50 kg/min de agua con 50 kg/min de solución compuesta por ácido acético (35% en peso) y metil isobutil cetona (65% en peso).

Determinar cantidad de ácido acético en la mezcla total, las composiciones del extracto y del refinado, y los flujos de extracto y refinado.



Ejemplo:



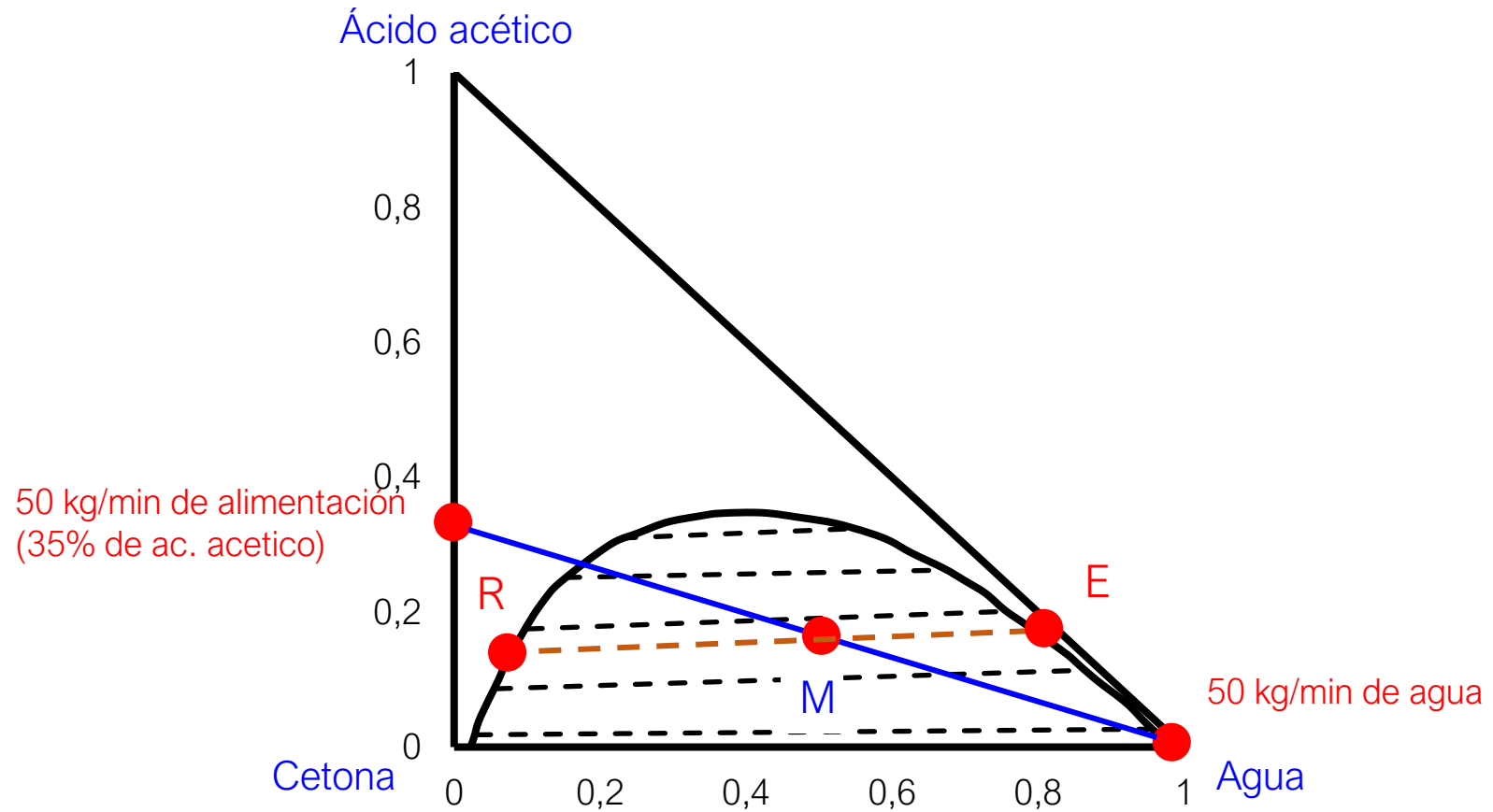
Concentraciones en el Extracto:

$$y_{E, \text{agua}} = 0.80$$

$$y_{E, \text{ac. acético}} = 0.167$$

$$y_{E, \text{cetona}} = 0.033$$

Ejemplo:



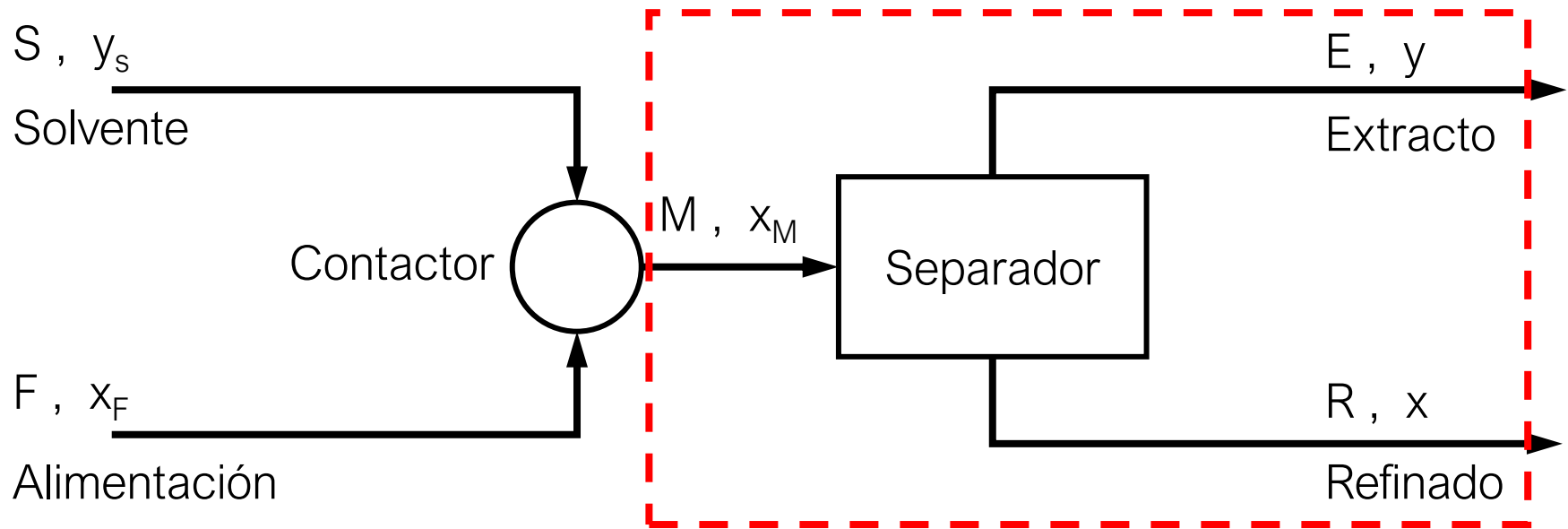
Concentraciones en el Refinado:

$$x_{R,agua} = 0.09$$

$$x_{R,ac.acetico} = 0.16$$

$$x_{R,cetona} = 0.75$$

Ejemplo:

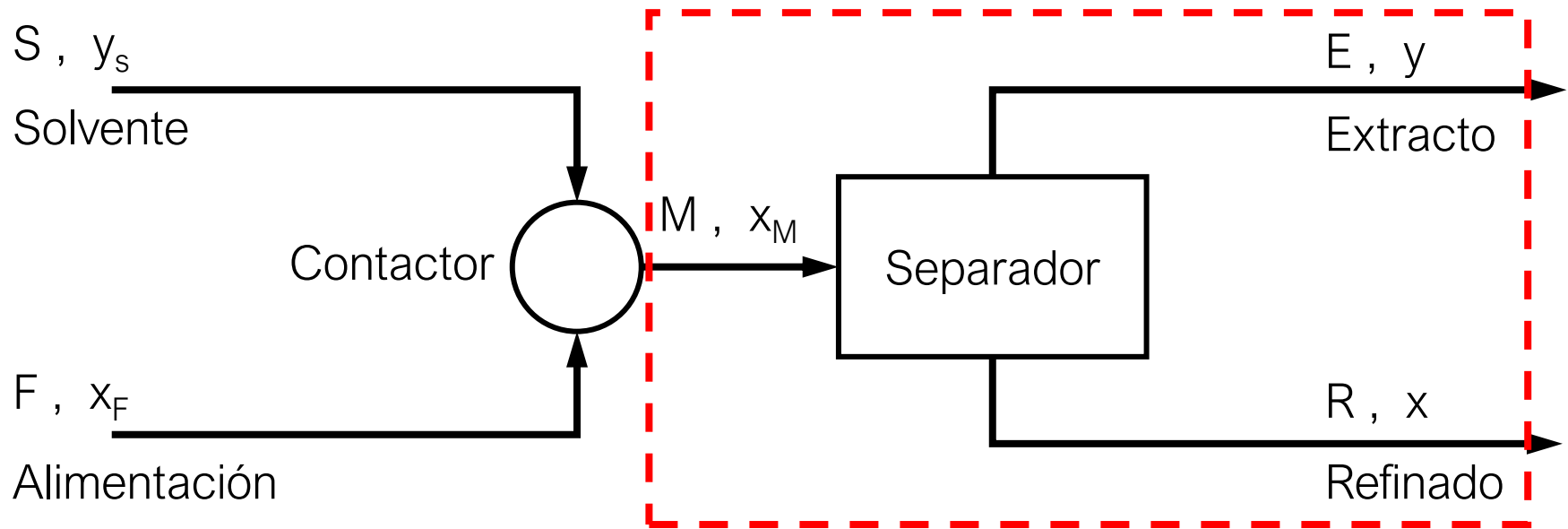


Balance de Global de Materia:

$$M = E + R$$

$$100 \frac{kg}{min} = E + R \rightarrow R = 100 - E$$

Ejemplo:



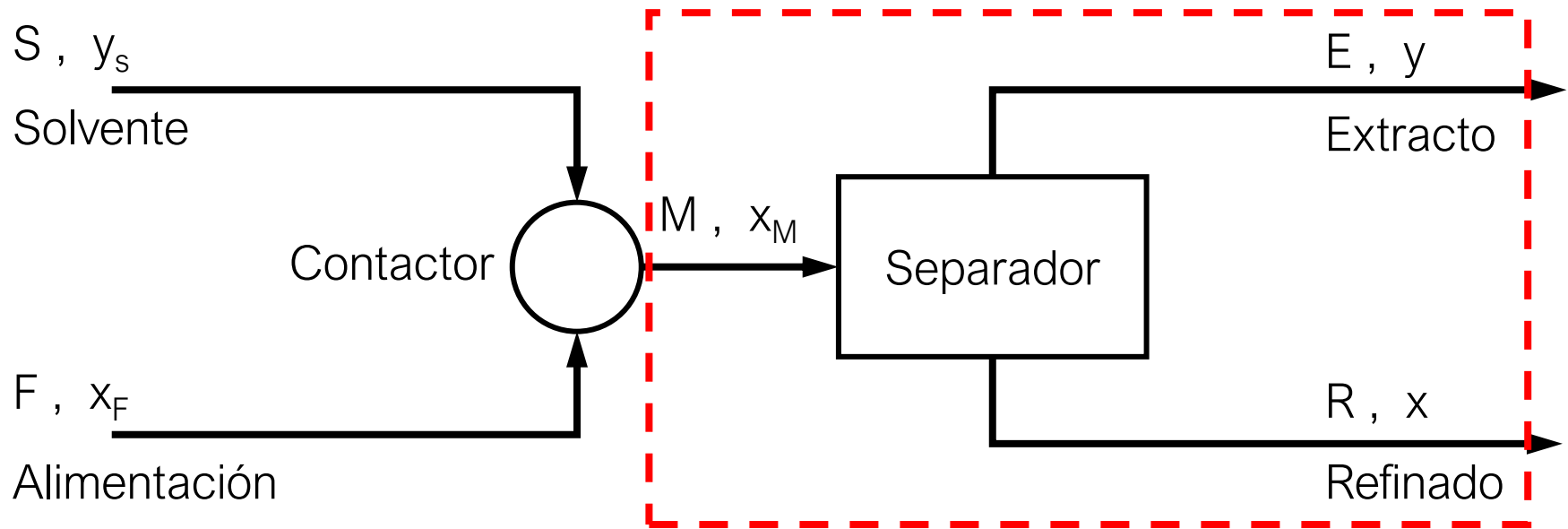
Balance de Materia para el compuesto Agua:

$$Mx_{M,agua} = Ey_{E,agua} + Rx_{R,agua}$$

$$100(0.5) = E(0.8) + R(0.09) = E(0.8) + (100 - E)(0.09)$$

$$E = \frac{Mx_{M,agua} - Rx_{R,agua}}{y_{E,agua} - x_{R,agua}} = \frac{50 - 100(0.09)}{0.8 - 0.09} = 57.75 \frac{kg}{min}$$

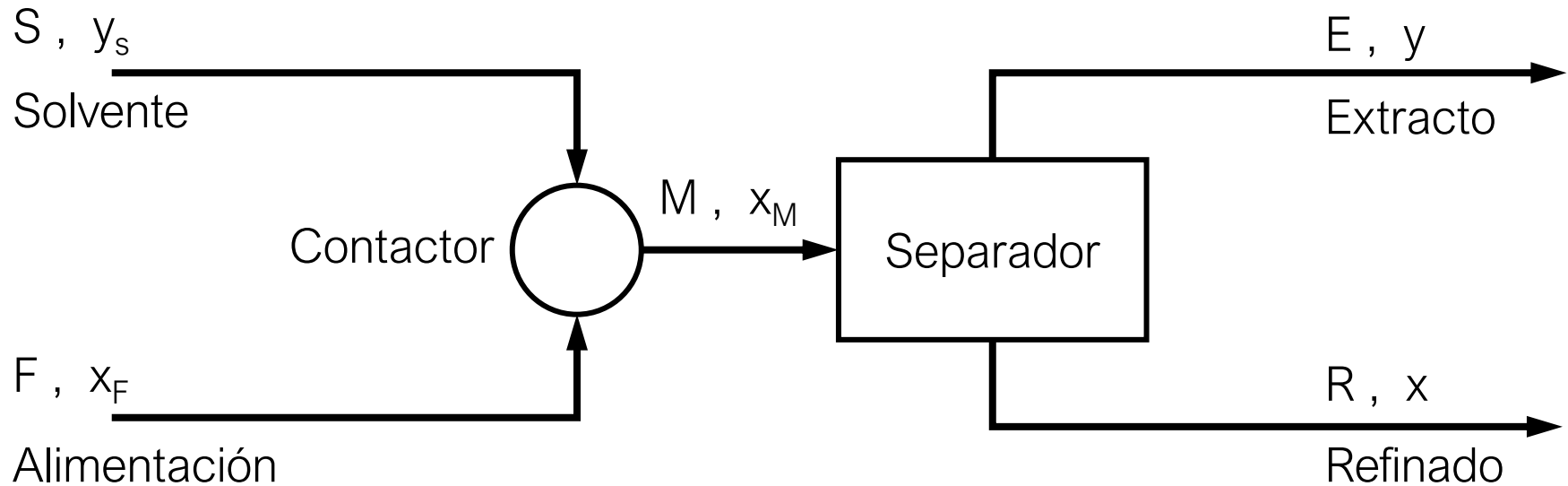
Ejemplo:



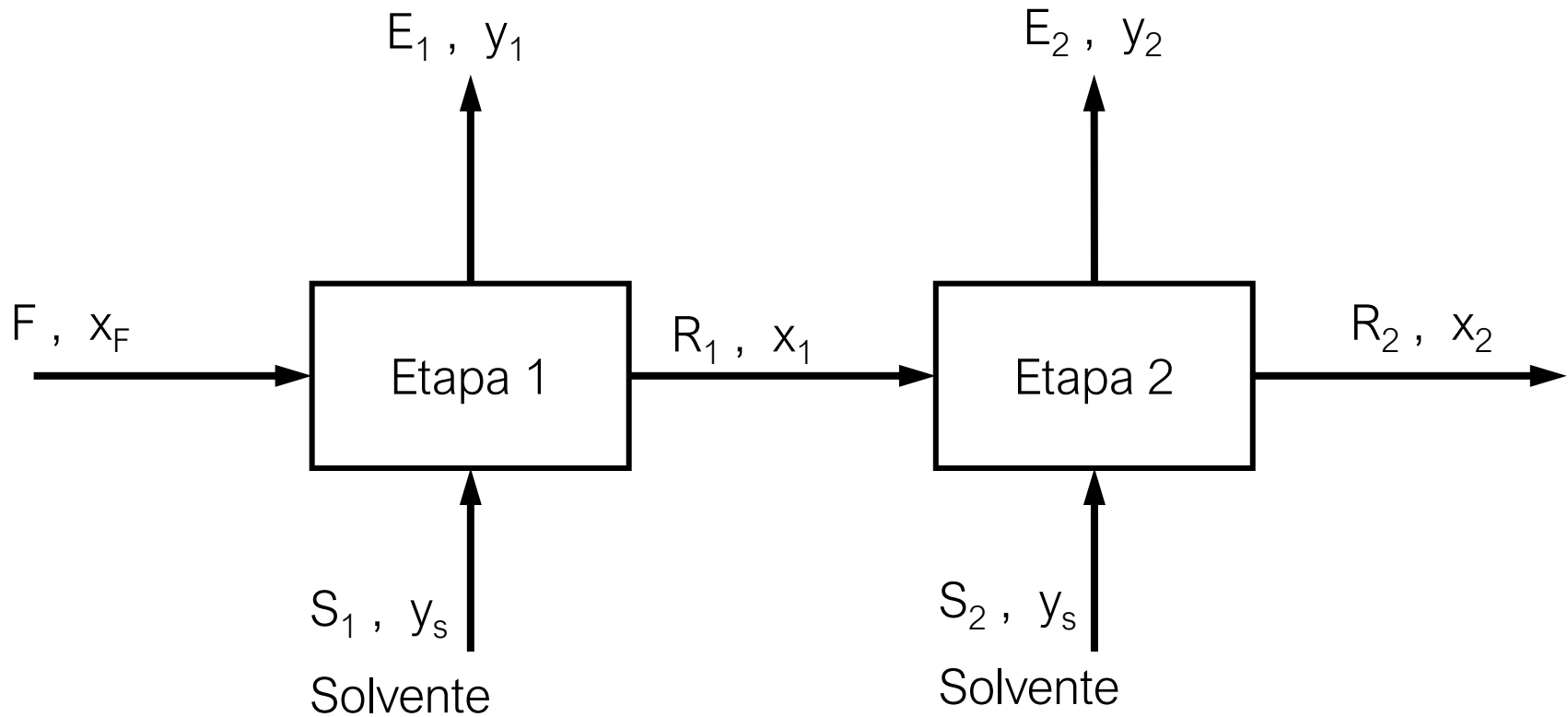
Por lo tanto, el Refinado es:

$$R = M - E$$

$$R = 100 - 57.75 = 42.25 \frac{kg}{min}$$



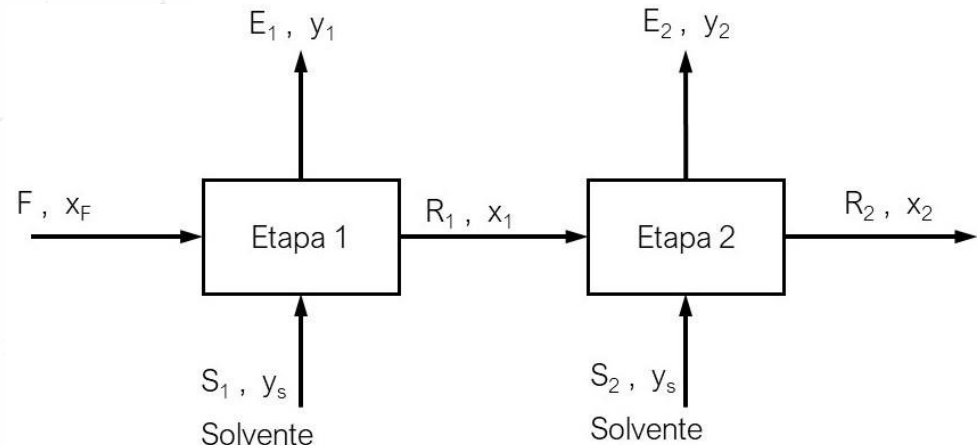
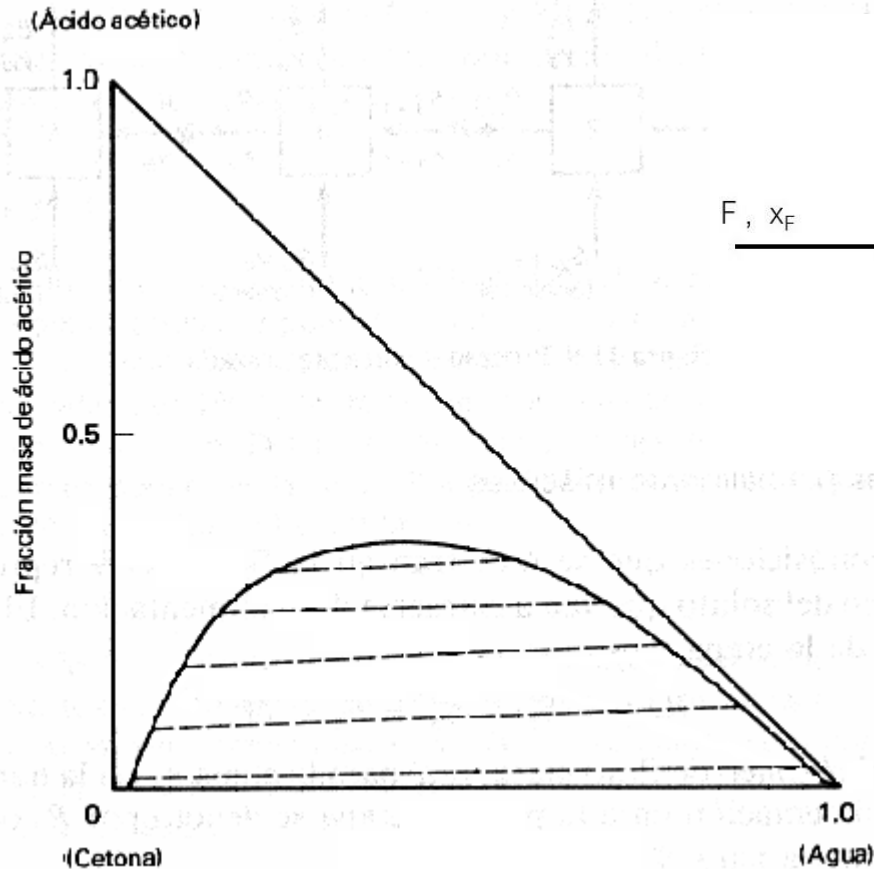
¿Qué podemos hacer para mejorar la pureza del refinado?



Se hace la introducción del concepto de **múltiples etapas** en la extracción líquido-líquido

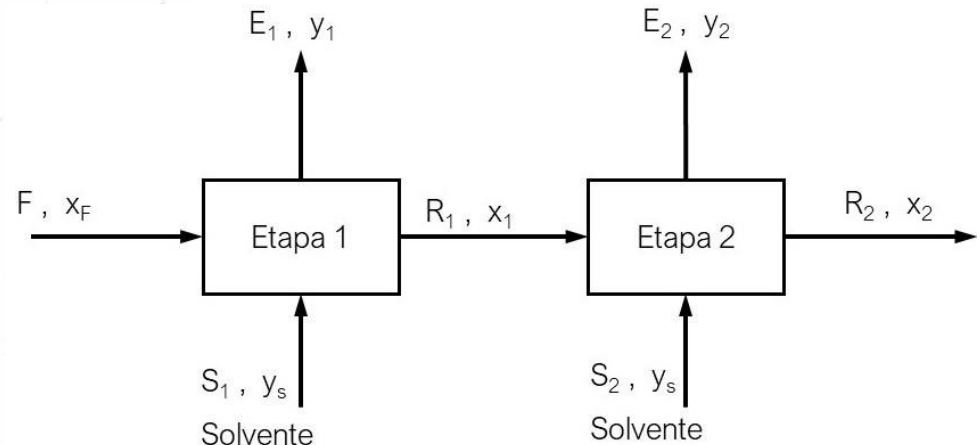
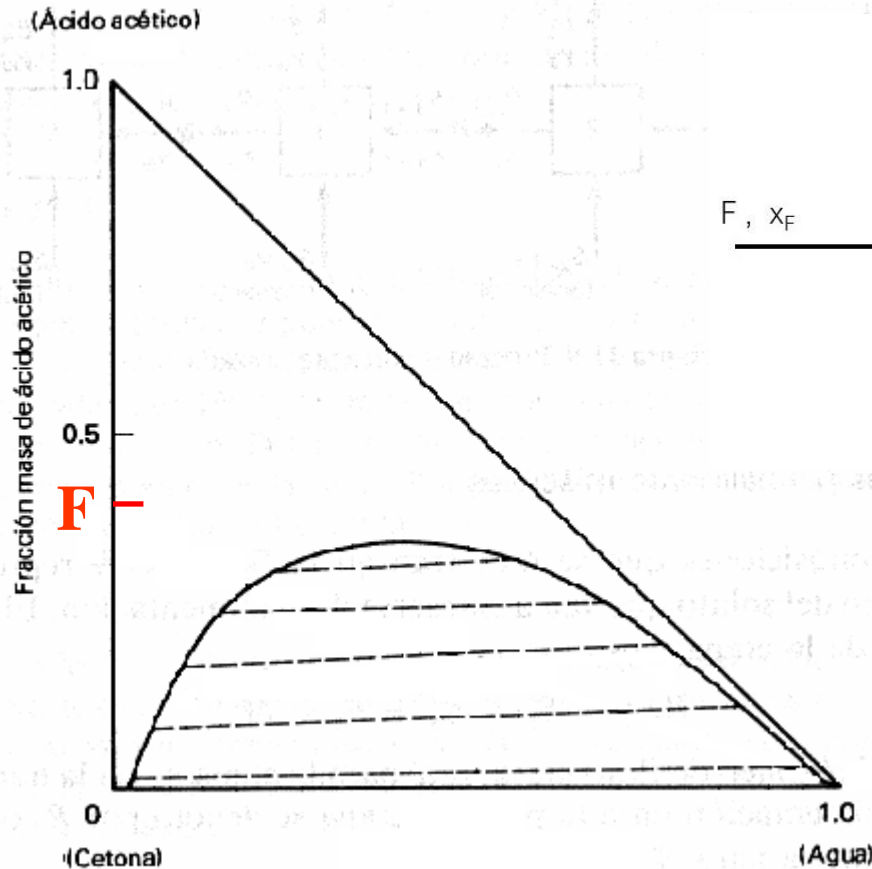
Extracción multietapas a corriente cruzada

En este proceso el refinado obtenido en una etapa se pone en contacto después con el solvente fresco en una 2^{da} etapa



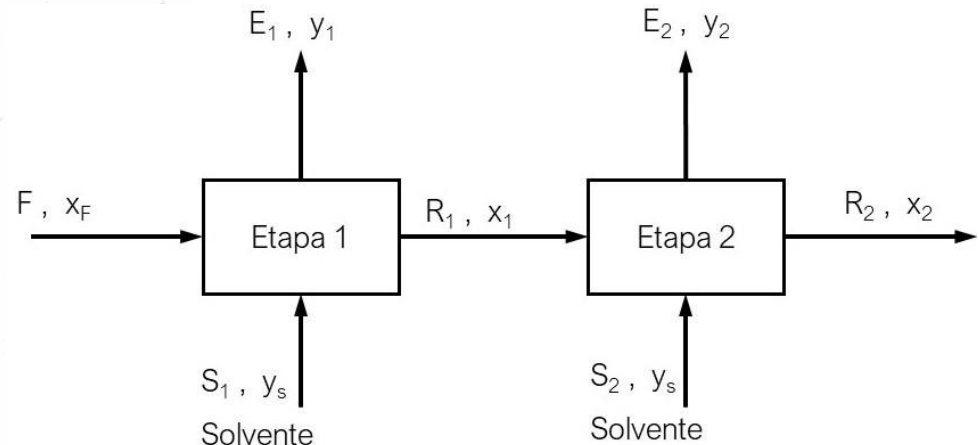
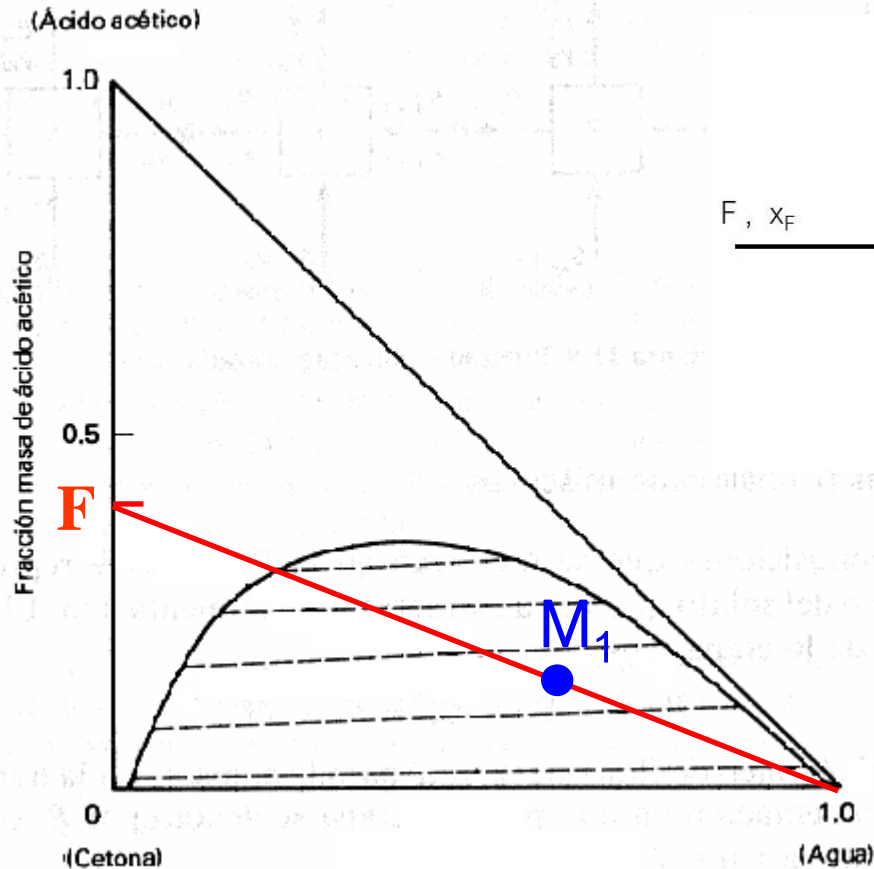
Extracción multietapas a corriente cruzada

En este proceso el refinado obtenido en una etapa se pone en contacto después con el solvente fresco en una 2^{da} etapa



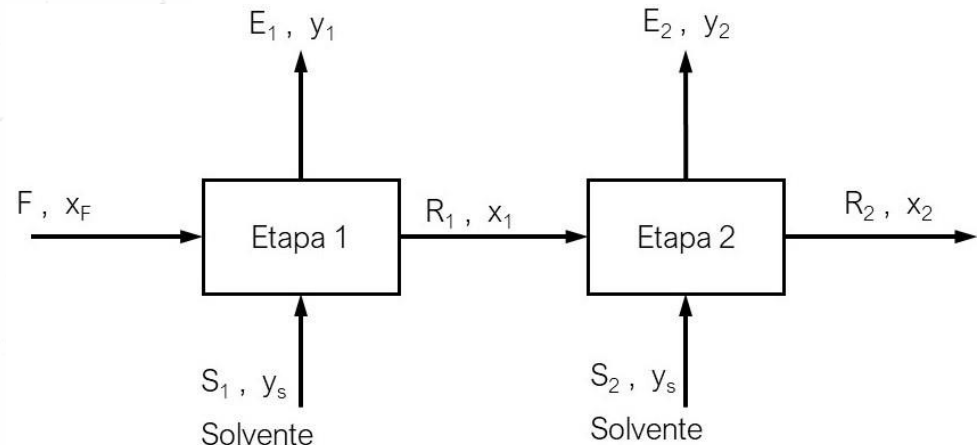
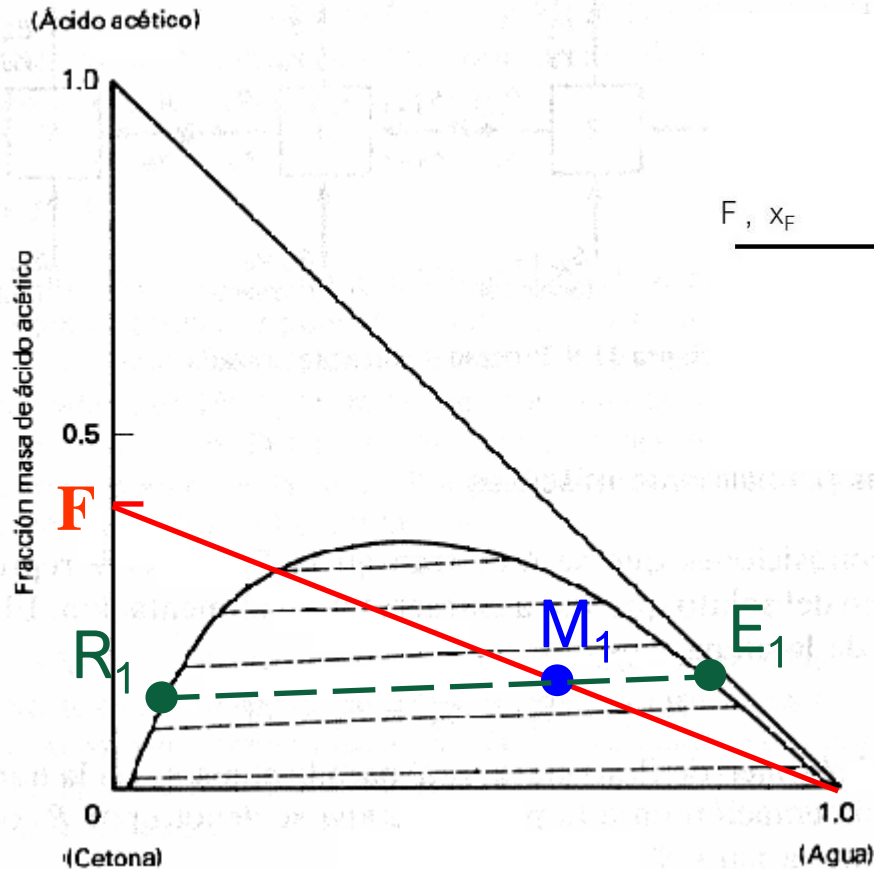
Extracción multietapas a corriente cruzada

En este proceso el refinado obtenido en una etapa se pone en contacto después con el solvente fresco en una 2^{da} etapa



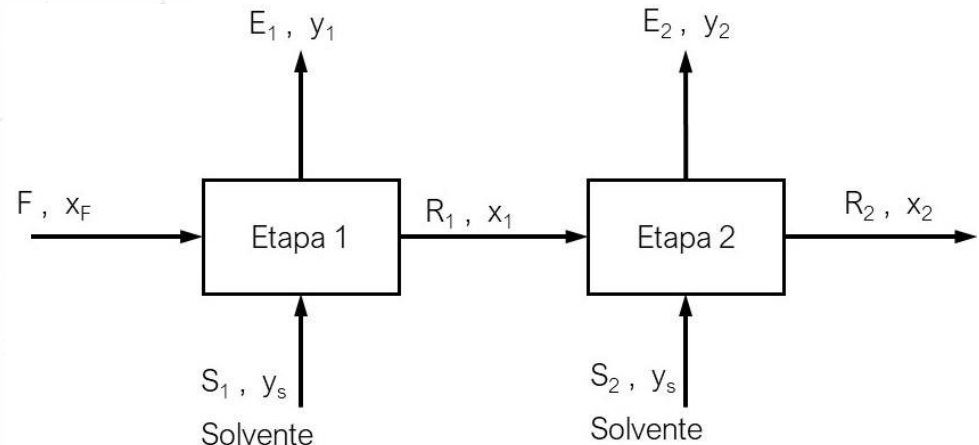
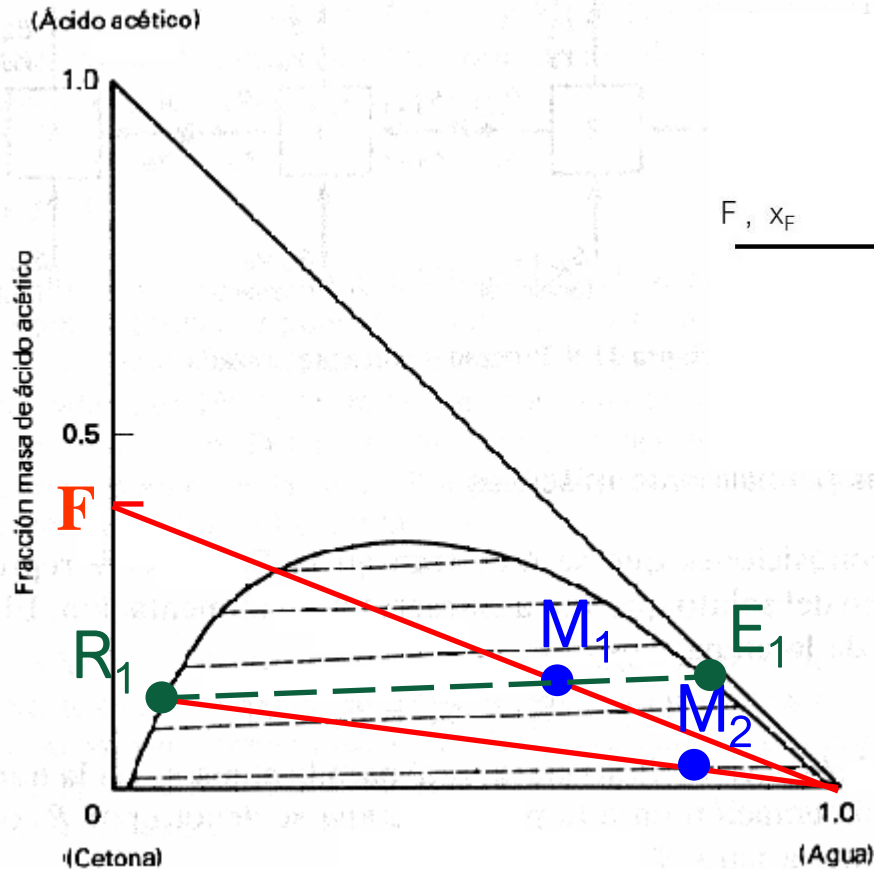
Extracción multietapas a corriente cruzada

En este proceso el refinado obtenido en una etapa se pone en contacto después con el solvente fresco en una 2^{da} etapa



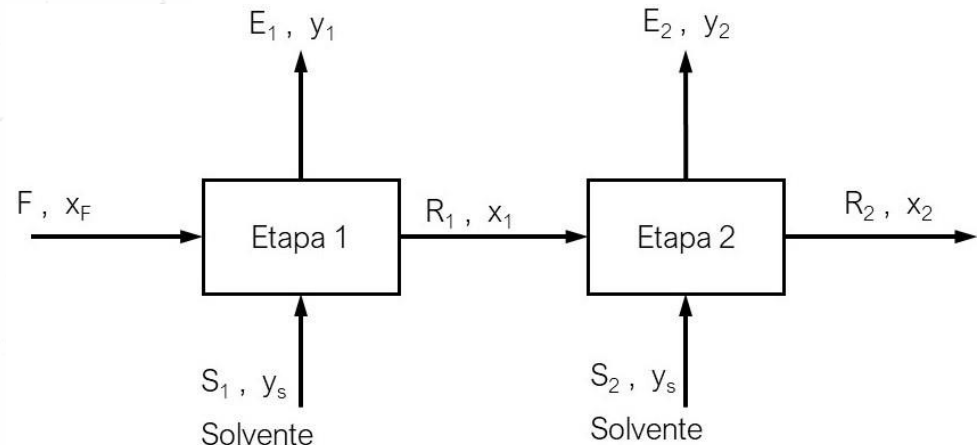
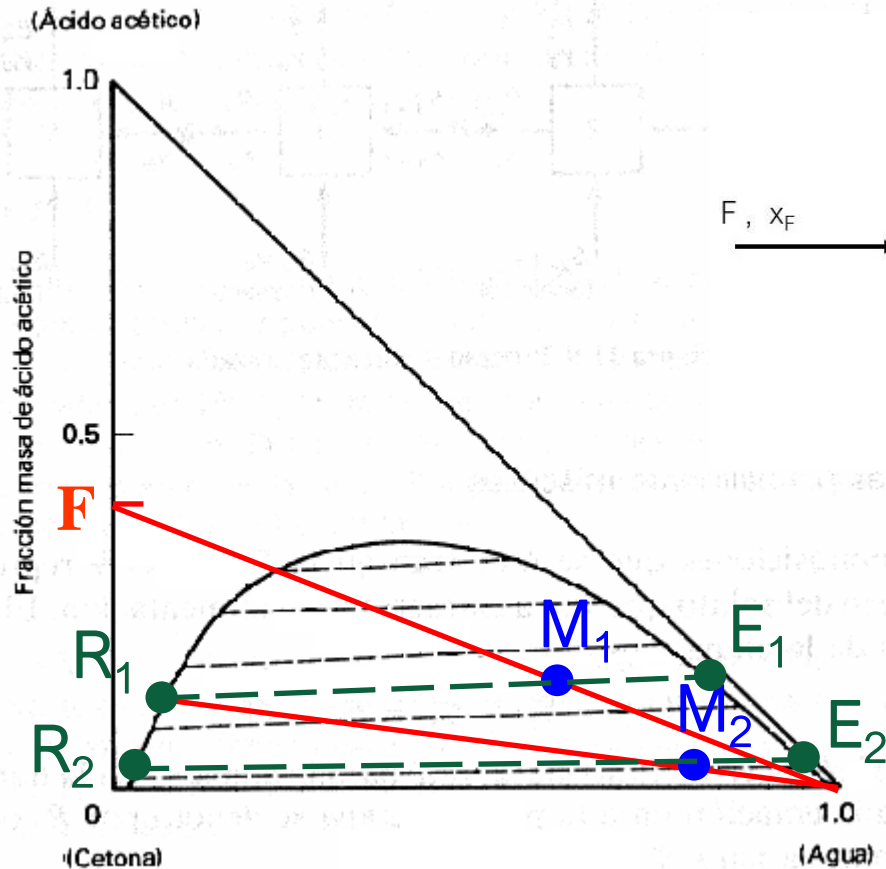
Extracción multietapas a corriente cruzada

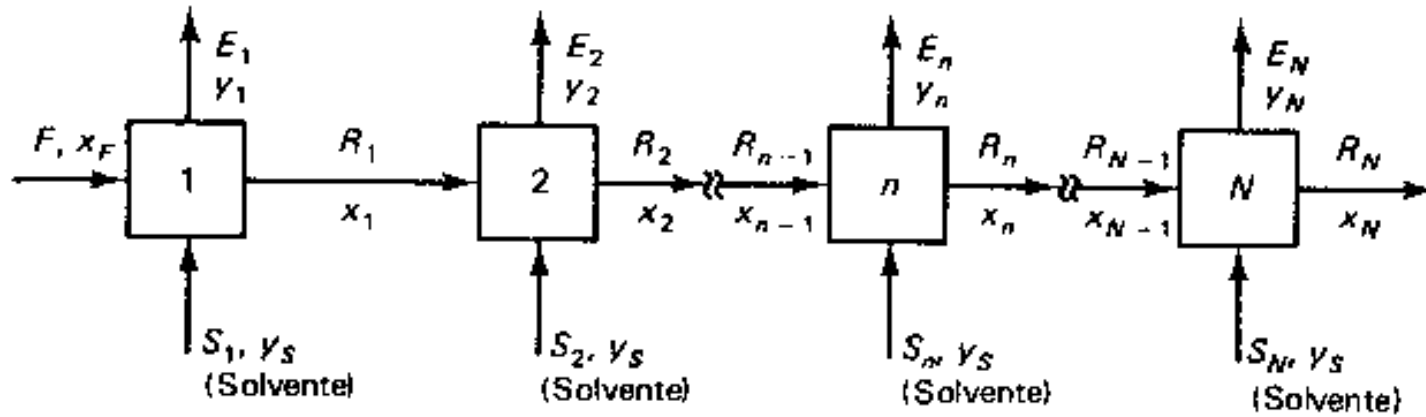
En este proceso el refinado obtenido en una etapa se pone en contacto después con el solvente fresco en una 2^{da} etapa



Extracción multietapas a corriente cruzada

En este proceso el refinado obtenido en una etapa se pone en contacto después con el solvente fresco en una 2^{da} etapa





Balances para una **etapa n** del proceso:

B.M. : $R_{n-1} + S_n = R_n + E_n = M_n$

B.M. Solute : $R_{n-1}x_{n-1} + S_ny_s = R_nx_n + E_ny_n = M_nx_{m,n}$

Conceptos Revisados en la Clase

- Reconocer algunas limitaciones de la operación de destilación y comprender los fundamentos fisicoquímicos de la extracción líquido-líquido.
- Comprender los principios de la extracción en una etapa.
- Comprender el concepto de selectividad.
- Comprender el concepto de múltiples etapas en la extracción líquido-líquido

Principios de extracción Líquido-Líquido

IIQ2023 - Operaciones Unitarias II

José Rebolledo Oyarce

15 de Abril de 2021

