



Universidad de Los Andes  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química  
Dpto. de Operaciones Unitarias y Proyectos



## EXTRACCIÓN LÍQUIDO- LÍQUIDO

Prof. Yoana Castillo

yoanacastillo@ula.ve

Web: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/yoanacastillo/>

### CONTENIDO

- Definiciones.
- Aplicaciones industriales.
- Nomenclatura.
- Equilibrio líquido- líquido.
- Diagramas de equilibrio.
- Tipos de sistemas.
- Trazado de curvas de reparto.
- Método de cálculo.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

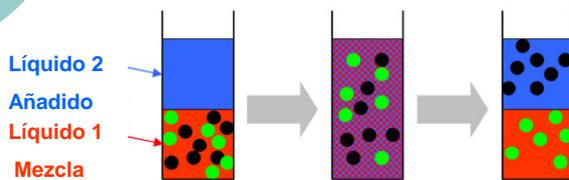
**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

## EXTRACCIÓN LÍQUIDO LÍQUIDO.<sup>[1,2]</sup>

Proceso en el que se eliminan uno ó más solutos de un líquido transfiriéndolo(s) a una segunda fase líquida (añadida).

Las dos fases líquidas deben ser: parcialmente solubles ó totalmente inmiscibles.



La separación se basa en las distintas solubilidades del soluto en las 2 fases.

Se necesita:

- Contacto de las 2 fases líquidas.
- Separación de las 2 fases finales.
- Recuperación del líquido añadido (Solvente o disolvente.)

## EXTRACCIÓN LÍQUIDO LÍQUIDO.

**Se usa:**

Cuando fallan los métodos directos o proporcione un proceso total menos costoso:

- Separación de líquidos con puntos de ebullición próximos, volatilidades relativas cercanas a la unidad. Isómeros.
- Separación de mezclas que forman azeótropos.
- Separación de sustancias sensibles al calor.
- En sustitución de destilaciones en alto vacío, evaporaciones, cristalizaciones costosas. **[3-4]**

**Aplicaciones industriales [1-4]:**

- Extracción de compuestos aromáticos y naftenicos para la producción de aceites lubricantes.



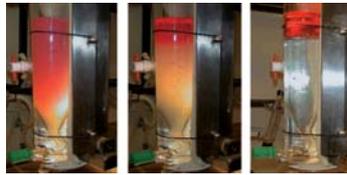
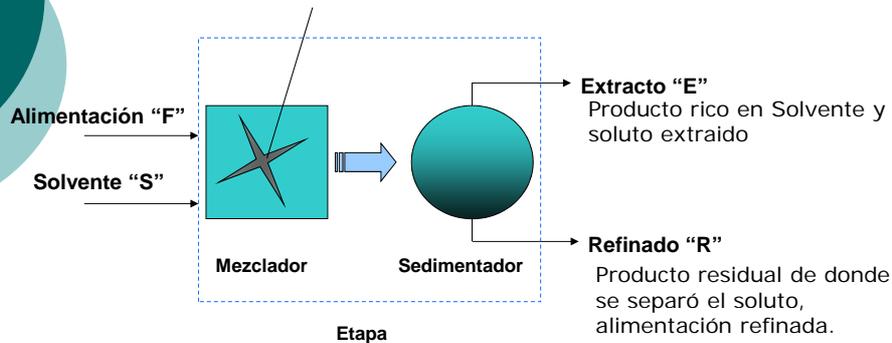
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

## NOMENCLATURA



## EQUILIBRIO LÍQUIDO LÍQUIDO.

**Componentes: 1,2,3**

**Fases:  $\alpha, \beta$**

$$\bar{f}_1^\alpha = \bar{f}_1^\beta \quad \text{Ec. 1}$$

$$x_1^\alpha \gamma_1^\alpha = x_1^\beta \gamma_1^\beta \quad \text{Ec. 2}$$

$$\alpha^{s_{12}} = \frac{\frac{X_{1,f\alpha}}{X_{2,f\alpha}}}{\frac{X_{1,f\beta}}{X_{2,f\beta}}} = \frac{X_{1,f\alpha} * X_{2,f\beta}}{X_{2,f\alpha} * X_{1,f\beta}} \quad \text{Ec. 3}$$

**Factor de separación**

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

## EQUILIBRIOS DE EXTRACCIÓN. [2]

Llamaremos Coeficiente de Distribución o Coeficiente de Reparto "  $K_i$ " entre las 2 fases separadas R y E, a la relación entre las concentraciones que alcanza ese componente en ambas fases en EQUILIBRIO.

$$K_i = \frac{\text{Conc comp. "i" en E}}{\text{Conc comp. "i" en R}} \quad \text{Ec. 5}$$

$K_i$  depende de:

- Disolvente empleado.
- Composición de la mezcla.
- Temperatura.



Se debe tener conocimiento de los datos de equilibrio de los 3 componentes que constituyen el Sistema Ternario.

## DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO [2-4]

- Triángulo equilátero.
- Triángulo rectángulo.
- Concentración libre de solvente, coordenadas Janecke.
- Diagrama de distribución de equilibrio.
- Diagrama Líquidos Inmiscibles

### Triángulo equilátero.



**Tipo I:** Un par de líquidos parcialmente miscibles

Una sola fase líquida.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

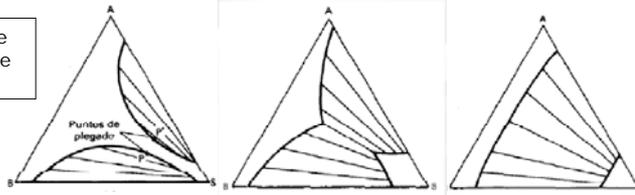
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

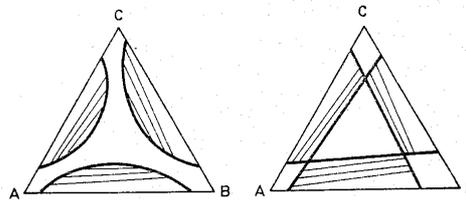
## Tipos de Sistemas representados en Triángulos equiláteros.

**Tipo II:** 2 pares de líquidos parcialmente miscibles

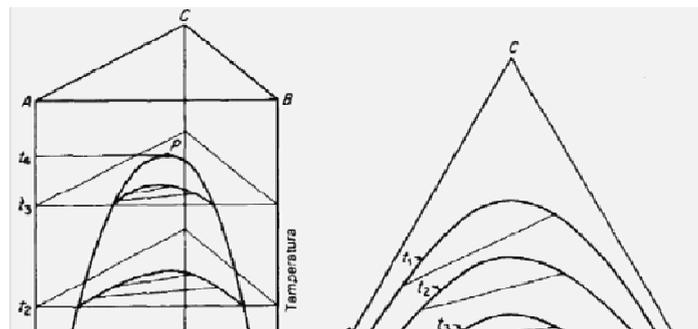


Si se disminuye T el sistema puede tener una banda que atraviesa el triángulo

**Tipo III:** 3 pares de líquidos parcialmente miscibles.



## Efecto de la Temperatura sobre el equilibrio.[3-4]



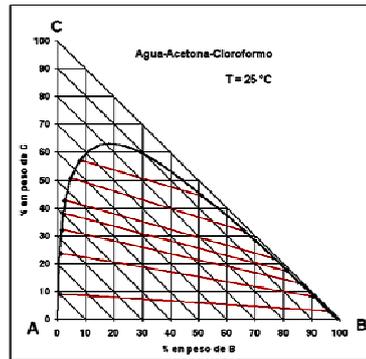
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

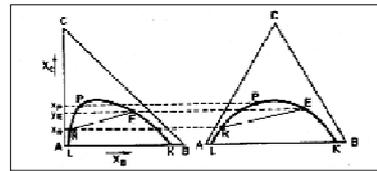
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

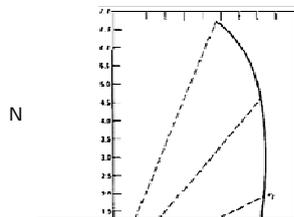
### Triángulo rectángulo.



Evita la acumulación de datos, permite expandir escalas.



### Diagrama de Concentración Libre de Solvente. JANECKE



$$N = \frac{B}{C + A}$$

$$X = \left( \frac{C}{C + A} \right)_{\text{Refinado}}$$

$$Y = \left( \frac{C}{C + A} \right)$$

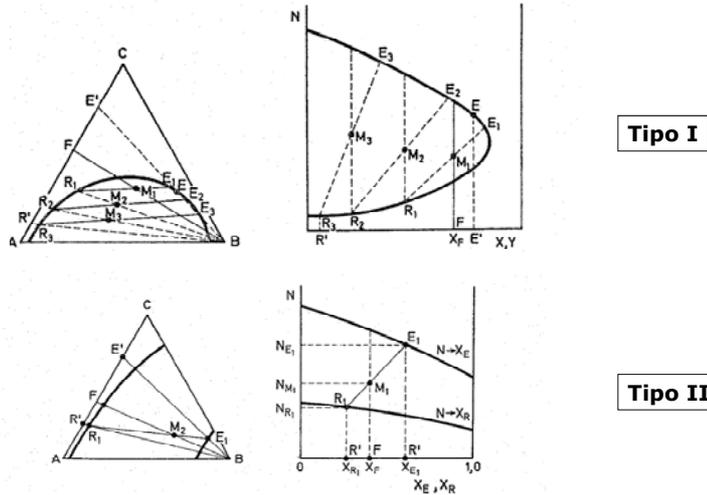
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

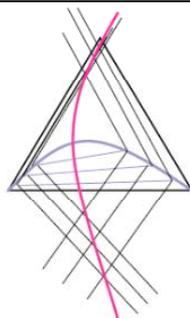
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

### Comparación entre diagrama equilátero y libre de solvente



### TRAZADO DE LINEAS DE REPARTO [2]



• Método de Alders:

Por los extremos de las líneas de reparto experimentales se trazan paralelas a los lados del triángulo, la intersección genera la Línea Conjugada.

**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

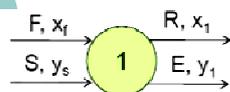
## MÉTODOS DE CÁLCULO.

Depende del METODO DE CONTACTO [2].

- Contacto Sencillo: Extracción en una sola etapa.
- Contacto Múltiple en Corriente Directa .
- Contacto Múltiple en Contracorriente.
- Contacto Múltiple en contracorriente con reflujo en continuo.

*Todas se desarrollarán en este curso.*

### Contacto Sencillo: Extracción en una sola etapa.

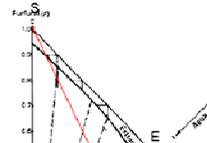
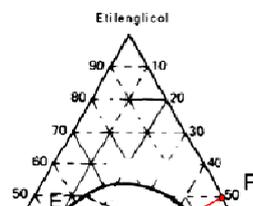


$$F + S = M$$

$$x_f \cdot F + y_s \cdot S = x_M \cdot M$$

$$E + R = M$$

$$x_f \cdot F + y_s \cdot S = y_1 E + x_1 R$$



**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

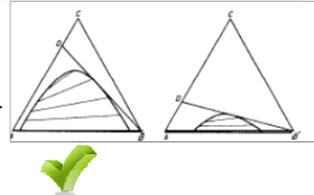
---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

Cartagena99

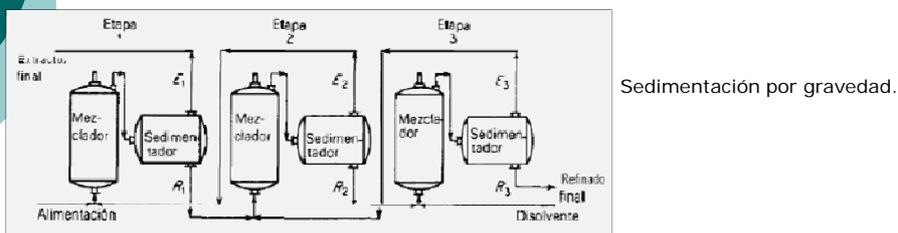
## CRITERIO PARA ELEGIR EL SOLVENTE [1-4]

- Selectividad.
- Altos Coeficientes de Distribución,  $K_i$ .
- Insolubilidad del solvente.
- Recuperabilidad.
- Alta densidad y tensión interfacial.
- Reactividad química: Estable e inerte frente a los materiales de construcción.
- Baja viscosidad, presión de vapor, punto de congelamiento.
- No tóxico, no inflamable.
- Bajo costo.



## EQUIPOS EXTRACCION LL. [1-5]

### 1. Extracción por etapas: MEZCLADOR SEDIMENTADOR



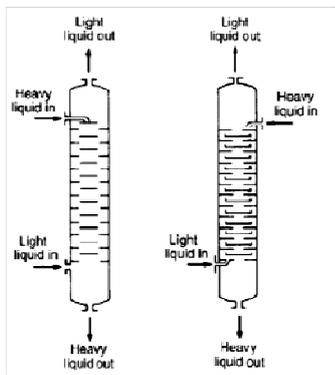
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

### 1. Extracción por etapas: COLUMNAS



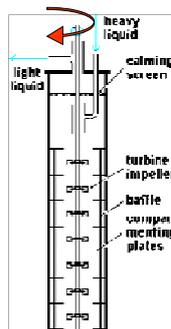
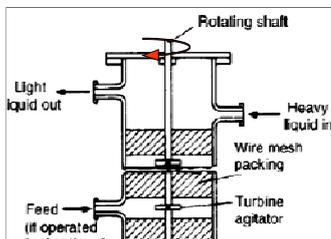
a) Platos                      b) Bandejas

Redispersión pobre entre etapas.  
Bajas eficiencias.



### 1. Extracción por etapas: COLUMNAS CON AGITACIÓN

Incorporación de agitadores radiales



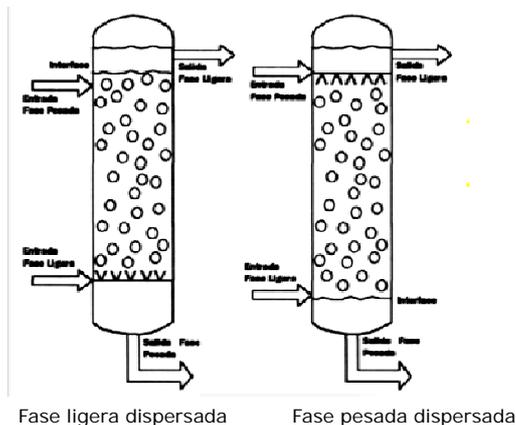
**CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70**

---

**ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70**

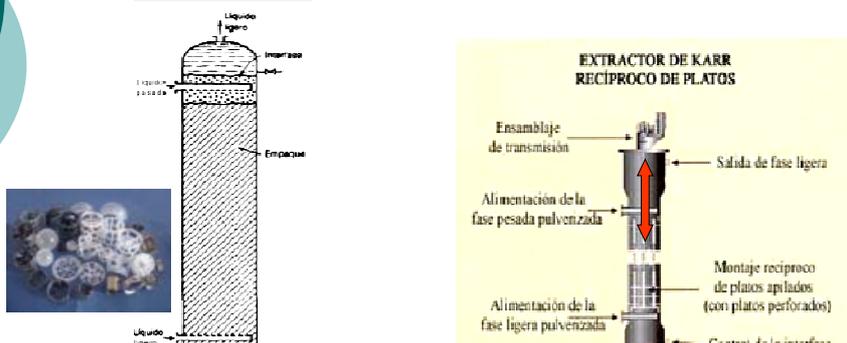


## 2. Extracción por contacto diferencial: COLUMNAS SPRAY



El tamaño de gota es un factor crítico.

## 2. Extracción por contacto diferencial: COLUMNAS EMPACADAS, PULSANTES



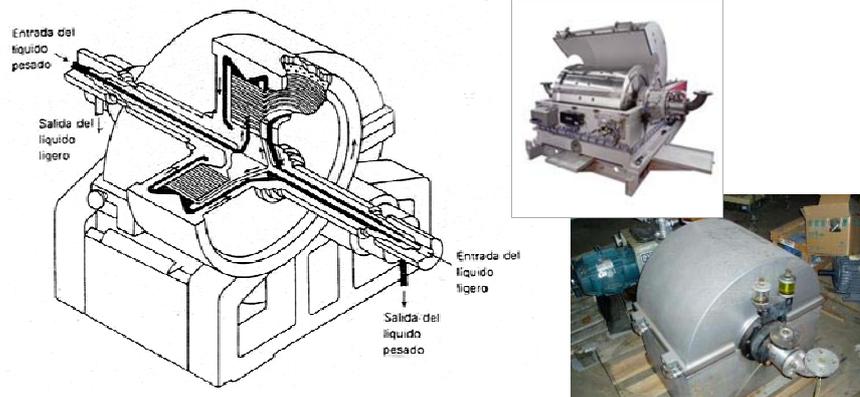
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

## 2. Extracción por contacto diferencial: EXTRACTOR CENTRIFUGO



**Extractor Podbielniak.**

Líquidos con poca diferencia de densidades.

## REFERENCIAS

- [1] WANKAT. P. "Ingeniería de procesos de separación". 2da edición. (2008). Pearson Educación. Capítulo 13.
- [2] OCON; TOJO. "Problemas de Ingeniería Química". Editorial Aguilar. (1974) Capítulo 11.
- [3] TREYBAL, R. "Extracción en fase líquida". Primera edición. UTEA. Capítulos 1-10,13.
- [4] TREYBAL, R. "Operaciones de Transferencia de Masa". Segunda Edición. Editorial McGraw-Hill. Capítulo 10.
- [5] COULSON J., RICHARDSON J. "Chemical Engineering. Volume 2: Particles Technology and separation processes" 5ta edición. (2002). Pág 723 y ss.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99