

# 0

## INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE SEPARACIÓN

Como lo indica el mismo nombre de la materia, la finalidad de estos procesos es llevar a cabo una separación, y por ende, son necesarias por lo menos DOS fases con composiciones distintas para lograr esta meta. Al ser distinta la composición entre estas dos fases, es también necesario poder predecir el equilibrio existente entre dichas fases. Esto se suele hacer a través del conocimiento, bien sea experimental, bien sea calculado con relaciones termodinámicas, del coeficiente de distribución o coeficiente de reparto.

En el aspecto que nos interesa de los procesos de separación se pueden considerar que solamente existen tres fases (obviando así el plasma como fase) que pueden ser combinadas entre si para lograr una separación. Se obtiene entonces 7 combinaciones, posibles que son: Gas / Gas, Gas / Líquido, Gas / Sólido, Líquido / Líquido, Líquido / Sólido y Sólido / Sólido. Entre cada una de estas combinaciones, ciertas clases de Procesos de separación pueden ser caracterizadas. Se tiene:

### **0-1. GAS / GAS**

#### **0-1.1. Difusión**

Difusión a través de membranas o paredes porosas como es el caso de la separación isotópica del hexafluoro de Uranio (Uranio 235 y Uranio 238 ambos de la forma UF<sub>6</sub>) que, sometidos a un fuerte gradiente de presión atraviesan unas paredes de Paladio, logrando así al final de un gran numero de etapas una diferencia de concentración entre los dos isótopos. La cromatografía puede ser considerada como un fenómeno de difusión.

#### **0-1.2. Separación**

Separacion de partículas polares o cargadas en campos magnéticos. El agente de separación es en este caso un campo gravitacional electromagnético.

## **0-2. GAS / LÍQUIDO**

### **0-2.1. Absorción**

Absorción de un(os) componente(s) gaseosos en una fase líquida. El proceso suele hacerse en contracorriente. Se basa en el principio de una atracción molecular de ciertos componentes. Uno de los casos más característicos es la absorción de los gases Ácidos ( $H_2O$  y  $CO_2$  de los gases de refinerías o de pozos petroleros por una corriente de aminas (Mono Etanol Amina [MEA], Dietanol Amina [DEA] o Trietanol Amina [TEA]). El proceso se ve afectado por la temperatura, haciéndose de esta forma una desorción (operación recíproca) a temperaturas más altas que la de absorción. A veces se le llama a esta operación lavado de gases.

### **0-2.2. Destilación**

Es la operación básica de la industria petrolera, pero es conocida y desarrollada previamente ya que es el proceso fundamental para la producción de alcoholes etílicos concentrados. El agente de separación es el calor actuando así sobre la volatilidad relativa de cada uno de los componentes en presencia.

### **0-2.3. Evaporación**

El principio y el agente de separación son los mismos que en el caso de la destilación, pero el nombre se aplica cuando uno solo de los componentes de la fase líquida pasa a la fase vapor, como puede ser el caso de concentración de salmuera marina. En la mayoría de los casos, el agua es el fluido que cambia de fases. La humidificación, deshumidificación puede incluirse en este párrafo.

### **0-2.4. Expansión súbita (*Flash*)**

Nombre dado a una etapa elemental de destilación, pero además, el cambio de presión es el principal agente para el cambio de fase.

### **0-2.5. Despojamiento (*Stripping*)**

Operación de separación de la parte liviana de una mezcla o corte (petrolero principalmente) inyectándole un inerte en forma vapor que tiene como propósito tanto bajarle la presión parcial como introducirle energía.

## **0-3. GAS / SÓLIDO**

### **0-3.1. Ciclones**

Separación física de partículas sólidas contenidas en una corriente gaseosa en movimiento aprovechando la energía cinética de rotación producida al pasar por un aparato cuyo nombre y función es de provocar un ciclón (o tornado).

### **0-3.2. Tamiz molecular**

Separación de varios componentes de una corriente gaseosa atravesando un “tamiz” cuyo tamaño del tamiz es del orden de micrones. Por ejemplo se utiliza en la separación del n-butano e iso-butano atravesando zeolites.

### **0-3.3. Filtrado**

Filtrado de corrientes gaseosas sobre filtros sólidos para atrapar las partículas de polvo, humo, etc.. Cualquier centro de computación y o sistememas de aire acondicionado tiene este tipo de filtros.

### **0-3.4. Sublimación**

Ciertos productos cuyo punto triple es moderadamente elevado pueden ser purificados precipitándole directamente en la fase sólida desde la fase vapor. Es el caso industrial de anhídrido ftálico por ejemplo.

### **0-3.5. Adsorción**

Ciertos componentes tienen una afinidad química más desarrollada frente a sólidos lo que les permite literalmente quedarse “pegados” sobre dicho sólido mientras otros siguen libres, logrando así una separación.

## **0-4. LÍQUIDO / LÍQUIDO**

### **0-4.1. Extracción**

Capacidad que tiene un componente de distribuirse en proporciones distintas entre dos fases líquidas parcialmente miscibles. El caso mas ilustrativo es quizás el ejemplo de la mezcla ternaria Agua-Etanol-Benceno, siendo el etanol capaz de mezclarse tanto con el agua como con el benceno. Se aprovecha esta característica para producir por ejemplo etanol con una pureza superior a la obtenida con el azeótropo formado con el agua. Una destilación normal permite en efecto separar el alcohol del benceno con la pureza deseada.

### **0-4.2. Ósmosis**

Fenómeno de difusión selectiva a través de membrana porosa que permite la movilidad de ciertos iones o moléculas. La fuerza Impulsora es una diferencia de concentración que ha de vencerse con un,-i diferencia de presión. La diálisis es un fenómeno similar.

### **0-4.3. Centrifugación**

Separación gravitacional de dos fases líquidas cuya masa específica (o densidad) es ligeramente distinta. Un fenómeno de decantación haría lo mismo pero en mucho mas tiempo.

### **0-4.4. Electroforesis**

Movimiento de iones en colóides.

### **0-4.5. Electrodiálisis**

Separación iónica (cationes/aniones) sometidos a un campo eléctrico.

### **0-4.6. Reacción a dos temperaturas**

Por ejemplo en la separación del Hidrógeno del deuterio.

## **0-5. LÍQUIDO / SÓLIDO**

### **0-5.1. Cristalización**

Mediante enfriamiento o evaporación se permite la cristalización de una sola especie. Es el caso en la refinación del azúcar, o la separación del p-xileno y m-xileno.

### **0-5.2. Adsorción**

Similar al fenómeno descrito para la fase gaseosa pero en fase líquida.

### **0-5.3. Intercambio iónico**

Tratamiento de agua más que todo. La finalidad de este proceso es quitarle la dureza al agua modificando su concentración en iones de calcio, etc.

### **0-5.4. Lixiviación y lavado de sólidos**

Disolución de ciertos componentes en soluciones de una materia prima sólida molida. Tratamiento de la bauxita o de los minerales de oro por ejemplo.

### **0-5.5. Filtración**

Separación mecánica de partículas sólidas contenidas en un líquido, quedando las primeras atrapadas sobre un filtro sólido. Un gradiente de presión permite que el líquido fluya.

### **0-5.6. Centrifugación**

Separación que aprovecha la diferencia de densidad al exponer la mezcla a un fuerte campo gravitacional de rotación.

### **0-5.7. Fusión-fundición**

Todos los procesos metalúrgicos.

## **0-6. SÓLIDO / SÓLIDO**

No se puede hablar de separación sólido / sólido propiamente dicho ya que los movimientos de difusión en el seno de los sólidos es tan lenta que miles de años serían necesarios para llevar a cabo una notable diferencia de concentración. Sin embargo existe la separación de metales (ferrosos / no ferrosos) utilizando un campo magnético. Otro tipo de separación de sólidos se lleva a cabo mediante sedimentación o flotación, pero en estos casos, una tercera fase de alguna forma participa en el proceso de separación.

## **0-7. BIBLIOGRAFÍA**

L. Alders, *Liquid-Liquid Extraction*, Elsevier Pub., 1959.

W. Badper y Banchemo, *Introducción a la Ingeniería Química*, Mc Graw-Hill, 1964.

Brown *et al.*, *Unit operations*, John Wiley, 1950.

Coulson y Richardson, *Chemical Engineering*, Pergamon Press, Vol 1 & 2, 1970.

C.J. Elankoplis, *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*, Cia. Ed. Continental S.A., 1982.

F.L. Evans, *Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants*, Gulf Publishing, Houston, 19??.

A.S. Foust; L.A. Wenzel; C.W. Clump; L. Maus L.B. Andersen, *Principles of Unit Operations*, 2<sup>nd</sup> Ed., J. Wiley & Sons, 1980.

J. Gmehling y U. Onken, *Vapor-Liquid Equilibrium Data Collection*, DECHEMA, 19??.

C.J. Grankopolis, *Mass Transport Phenomena*, Holt, Rinehart and Wiston, 1972.

- E. Hala, *Vapor-Liquid Equilibrium Data*, Pergamon Press, 19??.
- D.N. Hanson, J.H. Duffin y G.S. Somerville, *Computation of Multistage Separation Processes*, Reinhold, 1962.
- R.J. Hengstebeck, *Distillation Principles and Design procedures*, Reinhold, 1961.
- E. Henky y K. Staffin, *Stagewise Process Design*, John Wiley, 1963.
- E.J. Henley y J.D. Seader, *Equilibrium-Stage Separations Operations in Chemical Engineering*, J. Wiley & Sons, 1981.
- Ch.D. Holland, *Multicomponent Distillation*, Prentice Hall, 1963.
- Ch.D. Holland, *Fundamentals of Multicomponent Distillation*, Mc Graw Hill, 1981.
- Hoffman, *Azeotropic and Extractive Distillation*, John Wiley, 1964.
- W.S. Horman, *Absorption, Distillation and Cooling Towers*, John Wiley, 1961.
- A.L. Hines y R.N. Maddox, *Transferencia de masa*, Prentice Hall, 1987.
- J.C. Humphrey y G.E. Keller, *Separation Process Technology- Performance, Selection, Scale-Up*, Mc Graw-Hill, 1997.
- R.B. Keey, *Drying Principles and Practices*, Pergamon Press, New York, 1972.
- C. J. King, *Separation Processes*, McGraw-Hill, 1974.
- H.Z. Kyster, *Distillation –Operation-*, Mc Graw Hill, 1990.
- H.Z. Kyster, *Distillation –Design-*, Mc Graw Hill, 1992.
- E. Ludwing, *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*, Gulf Publishing, Houston, Vol 1 & 2, 1964.
- A.L. Lydersen, *Mass Transfer in Engineering Process*, John Wiley, 1983.
- W.L. McCabe y J.C. Smith, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, 1976.
- W.L. McCabe, J.C. Smith y P. Harriott, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 5<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill, 1993.
- P.E. Minton, *Handbook of Evaporation Technology*, Mc Graw-Hill, 1987.
- R.H. Perry y C.H. Chilton, *Chemical Engineers Handbok*, Mc Graw Hill, 3<sup>rd</sup> Ed., 1963.
- R.H. Perry y C.H. Chilton, *Chemical Engineers Handbok*, Mc Graw Hill, 4<sup>th</sup> Ed., 19??.
- R.H. Perry y C.H. Chilton, *Chemical Engineers Handbok*, Mc Graw Hill, 5<sup>th</sup> Ed., 19??.

- J.B. Poole y D. Doyle, *Solid-Liquid Separations*, Chemical Publishing, New York, 1968.
- H. Renon, L. Asselineau, G. Cohen y C. Raimbault, *Calcul sur ordinateur des équilibres liquide-vapeur et liquide-liquide*, Technip, 1971.
- Robinson y Gilliland, *Elements of Fractional Distillation*, Mc Graw Hill, 1950.
- P.A. Schweiter, *Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers*, Mc Graw-Hill, 1979, 3<sup>rd</sup> Ed., 1997.
- J.D. Seader y E.J. Henley, *Separation Process Principles*, John Wiley, 1998.
- T.K. Sherwood y R.L. Pigford, *Absorption and Extraction*, Mc Graw Hill, 1952.
- T.K. Sherwood; R.L. Pigford y Ch.P. Wilke, *Mass Transfer*, Mc Graw Hill, 1975.
- B.D. Smith, *Design of Equilibrium Stage Processes*, Mc Graw Hill, 1963.
- J.G. Stichlmair y J.R. Fair, *Distillation Principles y Practice*, Wiley-VCH, 1998.
- L. Svarovsky, *Solid-Liquid Separation*, Butterworths, 1981.
- R.E. Treybal, *Mass-Transfer Operations*, 3<sup>rd</sup> Ed., Mc Graw Hill, 1980.
- R.E. Treybal, *Liquid Extraction*, 2<sup>nd</sup> Ed., Mc Graw Hill, 1963.
- P.L. Thibaut, *Staged Cascades in Chemical Processing*, Prentice Hall, 1972.
- M. Van Winckle, *Distillations*, Mc Graw Hill, 1967.
- A.. Vian y J. Ocón, *Elementos de Ingeniería Química. Operaciones Básicas*, 5<sup>ta</sup> Ed., Aguilar, 1969.
- J.-P. Wauquier, *Le raffinage du pétrole: Tome 1: Pétrole brut. Produits pétroliers. Schémas de fabrication*, Technip, 1996.
- J.-P. Wauquier, *Le raffinage du pétrole: Tome 2: Procédés de séparation*, Technip, 1998.
- J.-P. Wauquier, *Le raffinage du pétrole: Tome 3: Procédés de transformation*, Technip, 1998.
- P. Wuithier, *Le Petrole: Raffinage et Génie Chimique: Tome 1 et 2:* , 2<sup>ème</sup> Ed., Technip, 1972.