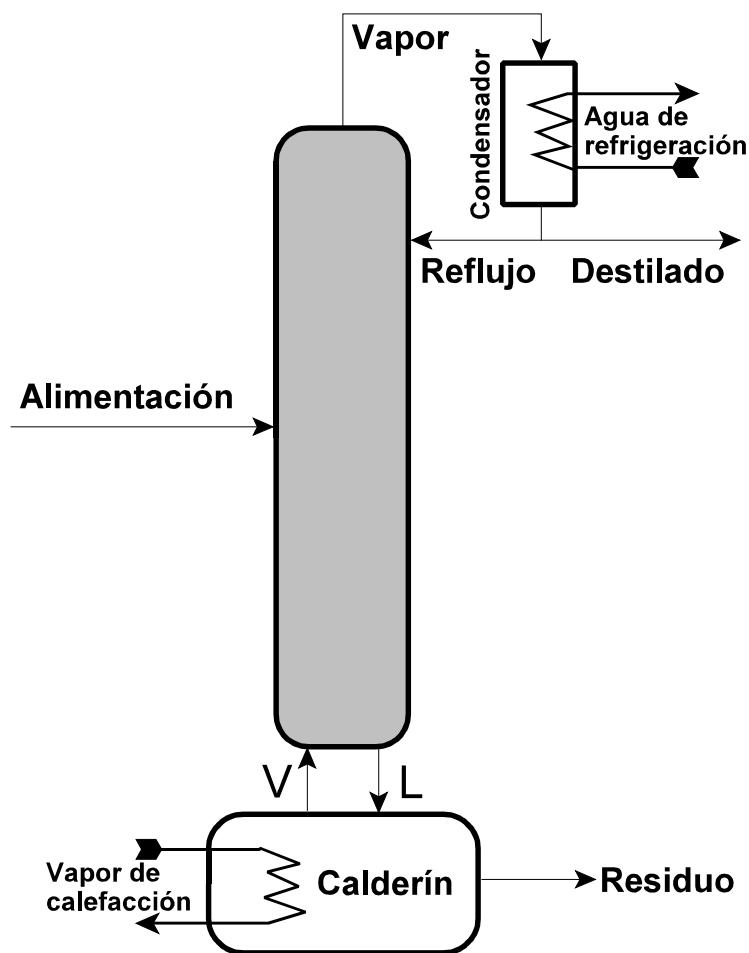


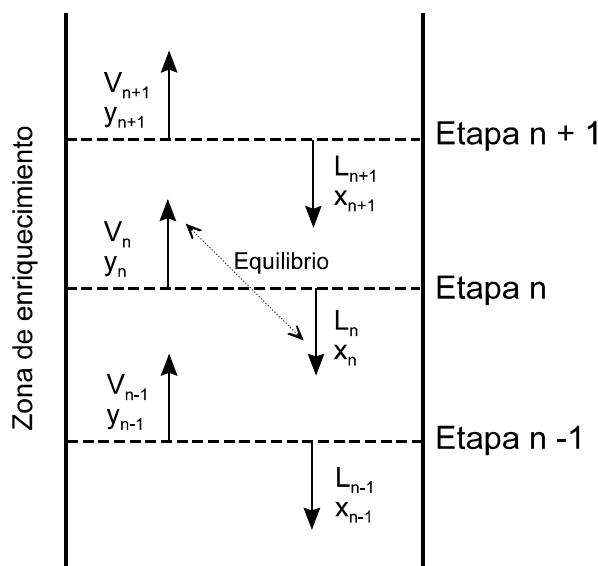
Transferencia de materia

El desplazamiento de uno o varios de los componentes de una mezcla fluida respecto a la masa global de la misma debido a la acción de una fuerza impulsora (diferencia de concentraciones del componente que se desplaza) se conoce como **transferencia de materia**. Si ésta se produce entre fases, puede aprovecharse el fenómeno para obtener la separación de los componentes de una mezcla.

Las operaciones de separación por transferencia de materia tienen como objetivo la separación de los componentes de una mezcla originalmente homogénea, haciendo posible el paso de algunos de ellos a una segunda fase, con lo que aquélla se pone en contacto. Esta segunda fase puede formarse a partir de la primera cambiando las condiciones de presión y temperatura. Si la mezcla original es líquida y se genera a partir de ellas un vapor por calefacción, puede aprovecharse la diferencia entre las presiones de vapor de los diferentes componentes en una operación denominada “destilación”. Si se lleva a cabo la destilación con enriquecimiento del vapor, lo que se logra poniendo en contacto el vapor con el líquido procedente de su propia condensación, la operación se llama “**rectificación**”.



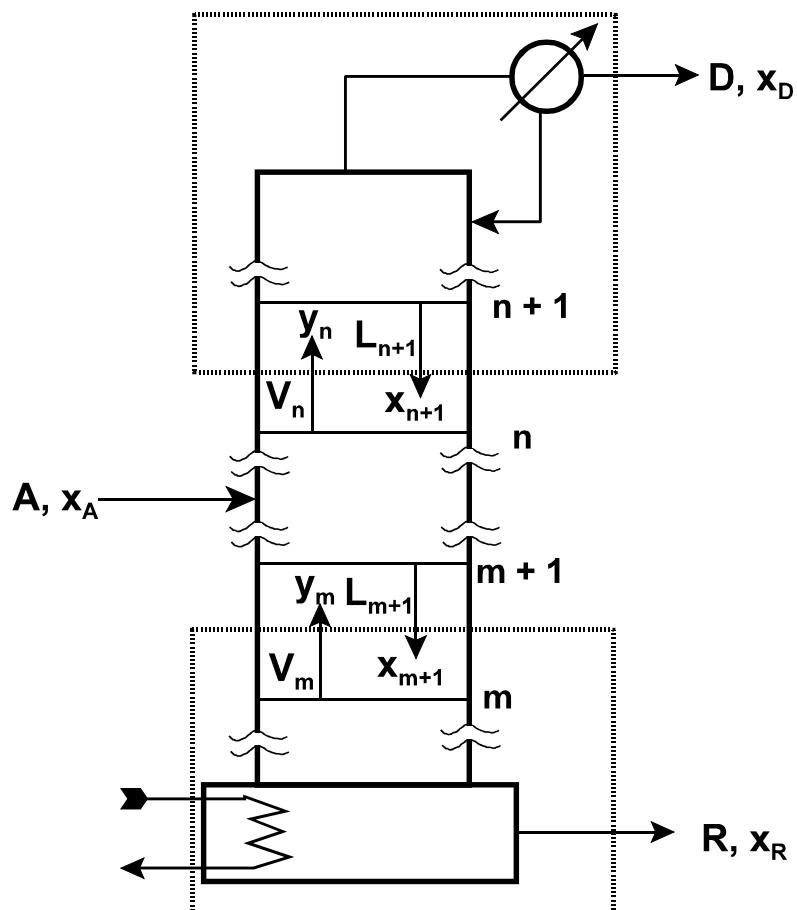
El dispositivo para llevar a cabo una rectificación consta de una columna cilíndrica, por donde circulan en contracorriente las fases líquida y vapor, un calderín en su base, en el que hierve continuamente una mezcla de los componentes a separar para producir un vapor ascendente que circulará por la columna, y un condensador conectado a la parte superior de la columna, que suministra el líquido descendente, que se denomina “**reflujo**”. Para el cálculo de las columnas de rectificación se han propuesto varios métodos pero los más utilizados, sobre todo para mezclas binarias, se basa en el concepto de “**etapa de equilibrio**” o “piso teórico”, unidad en la que se alcanza teóricamente el equilibrio entre el líquido y el vapor, de modo que el líquido que desciende a la etapa inferior estuviese en equilibrio con el vapor que asciende a la superior. Es decir, las corrientes de líquido y de vapor que llegan a una etapa de equilibrio modifican sus composiciones por acción mutua, tendiendo hacia el equilibrio. Esta tendencia supone un aumento de la concentración de vapor y una disminución de la concentración del líquido en el componente más volátil.



A lo largo de la columna hay una variación continua de la concentración de la mezcla. El vapor se concentra en el componente más volátil a medida que asciende y el líquido se concentra en el menos volátil al descender. En resumen, la volatilidad de ambas fracciones aumenta de abajo a arriba y la temperatura de ebullición disminuye.

El diseño de una columna de rectificación consiste básicamente en el cálculo del número de etapas teóricas para conseguir una separación determinada. Para ello se combinan los balances de materia que relacionan las composiciones entre cada dos

etapas (que no están en equilibrio) y las ecuaciones del equilibrio líquido-vapor, que relacionan las composiciones de equilibrio de las corrientes que salen de cada etapa. El caso más sencillo lo constituye el método gráfico de **McCabe-Thiele**, que lleva a cabo estos cálculos de forma gráfica, sobre un diagrama de equilibrio líquido-vapor (**x-y**) partiendo de unos balances de materia en los que se consideran constantes los caudales molares en las secciones de enriquecimiento (por encima de la alimentación) y de agotamiento (por debajo de la alimentación).



Así, en la zona de enriquecimiento:

$$V y_n = L x_{n+1} + D x_D$$

de donde:

$$y_n = \frac{L}{V} x_{n+1} + \frac{D}{V} x_D$$

ecuación que relaciona la composición del vapor que asciende, y_n , y la del líquido que desciende, x_{n+1} , y se denomina “**recta operativa de enriquecimiento**” (ROE), recta de pendiente L/V en un diagrama **x-y**.

Considerando el balance de materia total:

$$V = L + D$$

y definiendo la denominada “**relación de reflujo**”, L/D , es decir, la relación entre el caudal de líquido descendente y el extraído (destilado), se suele poner:

$$y_n = \frac{\frac{L}{D}}{\frac{L}{D} + 1} x_{n+1} + \frac{1}{\frac{L}{D} + 1} x_D$$

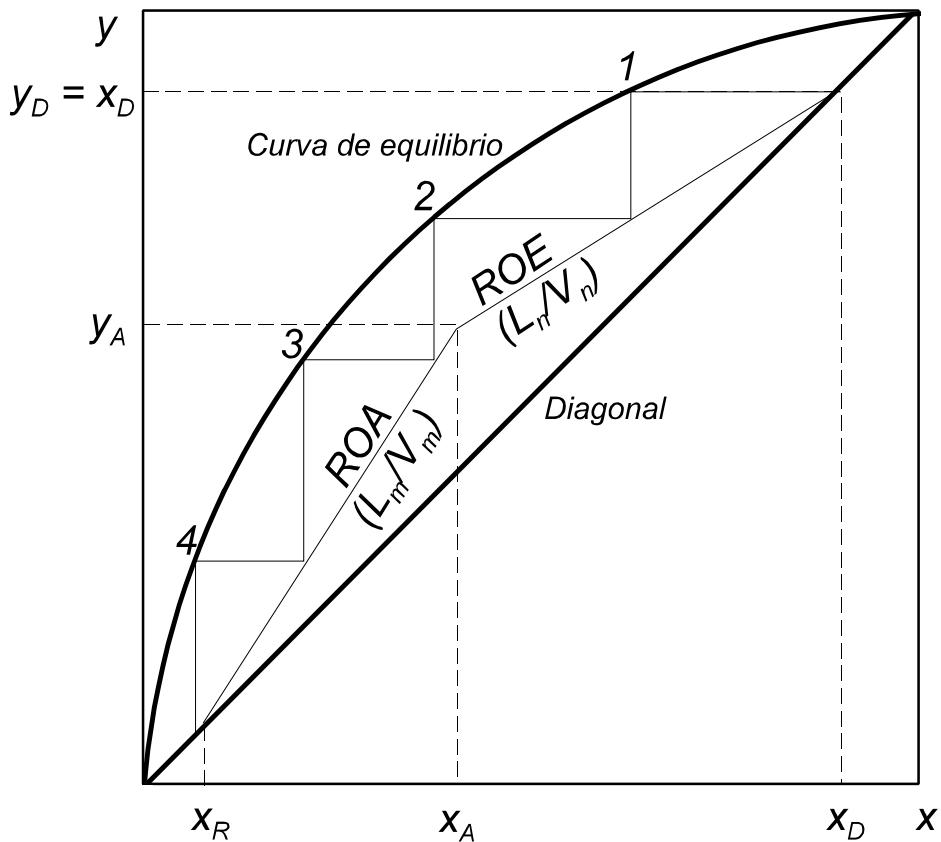
Análogamente, en la zona de agotamiento:

$$V' y_m = L' x_{m+1} - R x_R$$

de donde:

$$y_m = \frac{L'}{V'} x_{m+1} - \frac{R}{V'} x_R$$

ecuación que relaciona las mismas variables en la zona de agotamiento y se denomina “**recta operativa de agotamiento**”, (ROA), recta de pendiente L'/V' en un diagrama x-y.



Para obtener el número de etapas teóricas mediante el método de McCabe-Thiele, se representan en un diagrama **x-y** la curva de equilibrio y las rectas operativas. Como se conocen las composiciones del destilado y del residuo (grado de separación deseado), el número de escalones que se puede trazar entre la curva y las rectas operativas determina el número de etapas teóricas del sistema, tal como se muestra en la Figura.