

**Método riguroso para las separaciones de multicomponentes
en etapas múltiples
(Destilación binaria etanol / agua)**

**DATOS DIRECTOS DE LA EXPERIMENTACIÓN
(HERVIDOR 17)**

Daos experimentales

**DIMENSIONES DE LA COLUMNA Y CONDICIONES INICIALES
DE ALIMENTACIÓN**

<ul style="list-style-type: none">• Posición en la perilla de calentamiento en el número 9• Alimentación a la torre con la válvula intermedia del precalentador• Longitud de la sección empacada 91.5 cm
Densidad de la mezcla de alimentación $\rho_A = 0.935 \text{ g / cm}^3$
Composición en % en masa $\% \text{masa} = - 4606 \rho_A^3 + 11475 \rho_A^2 - 9909 \rho_A + 3038.1$; $\% \text{ masa} = 40 \frac{\text{g ETOH}}{\text{g mezcla}}$
Flujo de la alimentación de la mezcla a la columna, utilizando un flujo en la posición de la bomba de 50/50 = 0.143202 (L / min), valor calculado como referencia. 50/50 = 0.244 L/min

PRUEBA I
RELACIÓN DE REFLUJO L / D = 1/2
ALIMENTACIÓN EN EL HERVIDOR 17

FLUJOS

Tiempo de operación (min)	Fondos			Destilado		
	Tiempo de llenado probeta (min)	Volumen probeta (L)	Flujo (L / min)	Tiempo de llenado probeta (min)	Volumen probeta (L)	Flujo (L / min)
20	1.34	0.21	0.156	2.02	0.234	0.116

COMPOSICIONES

%masa = - 4606 ρ^3 + 11475 ρ^2 - 9909 ρ + 3038.1 Densidad ρ = (g /mL)				
Tiempo de operación (min)	Fondos		Destilado	
	Densidad de Fondos (ρ_F) (g /mL)	Composición Fondos % masa	Densidad de Destilado (ρ_D) (g /mL)	Composición Destilado % masa
20	0.964	23.3	0.84	81.3

TEMPERATURAS

Tiempo de operación (min)	T1 Hervidor 17 (°C)	T2 Plato 16 (°C)	T3 Plato 11 (°C)	T4 Plato 4 (°C)	T5 Condensador 1 (°C)
20	81.2	78.9	78.0	74.7	74

T6 Pre calentamiento (de alimentación) (°C)	T7 Entrada de agua al condensador (°C)	T8 Salida de agua del condensador (°C)
22.5	18.6	21.4

RELACIÓN DE REFLUJO

TEMPERATURAS DEL HERVIDOR

TEMPERATURAS DE ALIMENTACIÓN DE LA MEZCLA (T6 del precalentador)

$$L/D := \frac{1}{2}$$

$$R := \frac{1}{2}$$

$$T1 := 81.2 \quad ^\circ\text{C}$$

$$T^{\circ}\text{CA} := 22.5 \quad ^\circ\text{C}$$

FLUJOS

$$\begin{array}{ccc}
 \boxed{LA := 0.224} & \frac{\text{L}}{\text{min}} & \boxed{LF := 0.156} & \frac{\text{L}}{\text{min}} & \boxed{LD := 0.116} & \frac{\text{L}}{\text{min}} \\
 \text{alimentación} & & \text{fondos} & & \text{destilado} &
 \end{array}$$

DENSIDADES Y COMPOSICIONES

$$\begin{array}{ccc}
 \boxed{\rho A := 0.935} & \frac{\text{gmezcla}}{\text{cm}^3 \text{mezcla}} & \boxed{\rho F := 0.964} & \frac{\text{gmezcla}}{\text{cm}^3 \text{mezcla}} & \boxed{\rho D := 0.84} & \frac{\text{gmezcla}}{\text{cm}^3 \text{mezcla}}
 \end{array}$$

$$\%mA := -4606 \cdot \rho A^3 + 11475 \cdot \rho A^2 - 9909 \cdot \rho A + 3038.1 \quad \text{por ciento en masa}$$

$$\%mD := -4606 \cdot \rho D^3 + 11475 \cdot \rho D^2 - 9909 \cdot \rho D + 3038.1 \quad \text{por ciento en masa}$$

$$\%mF := -4606 \cdot \rho F^3 + 11475 \cdot \rho F^2 - 9909 \cdot \rho F + 3038.1 \quad \text{por ciento en masa}$$

$$xmA := \frac{\%mA}{100}$$

$$xmF := \frac{\%mF}{100}$$

$$xmD := \frac{\%mD}{100}$$

$$\boxed{xmA = 0.3997}$$

$$\boxed{xmF = 0.2325}$$

$$\boxed{xmD = 0.8131}$$

g ETOH / g mezcla

g ETOH / g mezcla

g ETOH / g mezcla

LAS FRACCIONES MOL

$$\boxed{PMH2O := 18} \quad \text{gr /gmol}$$

$$\boxed{PMETOH := 46} \quad \text{gr /gmol}$$

$$xmolA := \frac{\frac{xmA}{PMETOH}}{\frac{xmA}{PMETOH} + \frac{1 - xmA}{PMH2O}}$$

$$xmolF := \frac{\frac{xmF}{PMETOH}}{\frac{xmF}{PMETOH} + \frac{1 - xmF}{PMH2O}}$$

$$xmolD := \frac{\frac{xmD}{PMETOH}}{\frac{xmD}{PMETOH} + \frac{1 - xmD}{PMH2O}}$$

$$x_{molA} = 0.207$$

gmol ETOH /gmol
mezcla

$$x_{molF} = 0.106$$

gmol ETOH /gmol
mezcla

$$x_{molD} = 0.63$$

gmol ETOH / gmol
mezcla

Balance de materia

$$PM_{promedioA} := x_{molA} \cdot PM_{ETOH} + (1 - x_{molA}) \cdot PM_{H2O}$$

$$PM_{promedioF} := x_{molF} \cdot PM_{ETOH} + (1 - x_{molF}) \cdot PM_{H2O}$$

$$PM_{promedioD} := x_{molD} \cdot PM_{ETOH} + (1 - x_{molD}) \cdot PM_{H2O}$$

$$PM_{promedioA} = 23.788 \quad \text{g mezcla/ gmol mezcla}$$

$$PM_{promedioF} = 20.967 \quad \text{g mezcla/ gmol mezcla}$$

$$PM_{promedioD} = 35.637 \quad \text{g mezcla/ gmol mezcla}$$

Los flujos en g / h y en gmol / h

$$L_{Amasico} := \left[LA \cdot \rho_A \cdot (60) \cdot \left(\frac{1000}{1} \right) \right]$$

$$L_{Fmasico} := \left[LF \cdot \rho_F \cdot (60) \cdot \left(\frac{1000}{1} \right) \right]$$

$$L_{Dmasico} := \left[LD \cdot \rho_D \cdot (60) \cdot \left(\frac{1000}{1} \right) \right]$$

$$\frac{g_{mezcla}}{h} = \frac{L}{min} \cdot \frac{g_{mezcla}}{cm^3} \cdot \frac{60 \cdot min}{1h} \cdot \frac{(1000 \cdot cm^3)}{1L}$$

$$L_{Amolar} := \left(L_{Amasico} \cdot \frac{1}{PM_{promedioA}} \right)$$

$$LF_{\text{molar}} := \left(LF_{\text{masico}} \cdot \frac{1}{PM_{\text{promedioF}}} \right)$$

$$LD_{\text{molar}} := \left(LD_{\text{masico}} \cdot \frac{1}{PM_{\text{promedioD}}} \right)$$

$$\frac{g_{\text{mezcla}}}{h} = \frac{g}{h} \cdot \frac{g_{\text{mezcla}}}{g_{\text{mezcla}}}$$

Balance molar en la columna

$$LA_{\text{molar}} = LF_{\text{molar}} + LD_{\text{molar}}$$

$$LA_{\text{molar}} = 528.277$$

$$LF_{\text{molar}} + LD_{\text{molar}} = 594.393$$

Si no concuerda el balance molar, tomar

$$LA_{\text{molar}} := LF_{\text{molar}} + LD_{\text{molar}}$$

$$LA_{\text{molar}} = 594.393$$

gmol de mezcla / h

$$LF_{\text{molar}} = 430.337$$

gmol de mezcla / h

$$LD_{\text{molar}} = 164.056$$

gmol de mezcla / h

Cálculo de la eficiencia de la columna

Datos de equilibrio del etanol / agua a una presión de 586 mmHg, consultar el apéndice del guion experimental

$x_{eq} :=$

0
0.05
0.1
0.15
0.20
0.25
0.3
0.35
0.4
0.45
0.5
0.55
0.6
0.65
0.7
0.75
0.8
0.85
0.9
0.95
1.0

$y_{eq} :=$

0
0.315
0.432
0.493
0.532
0.561
0.585
0.606
0.626
0.646
0.666
0.687
0.709
0.733
0.759
0.788
0.82
0.856
0.897
0.945
1.0

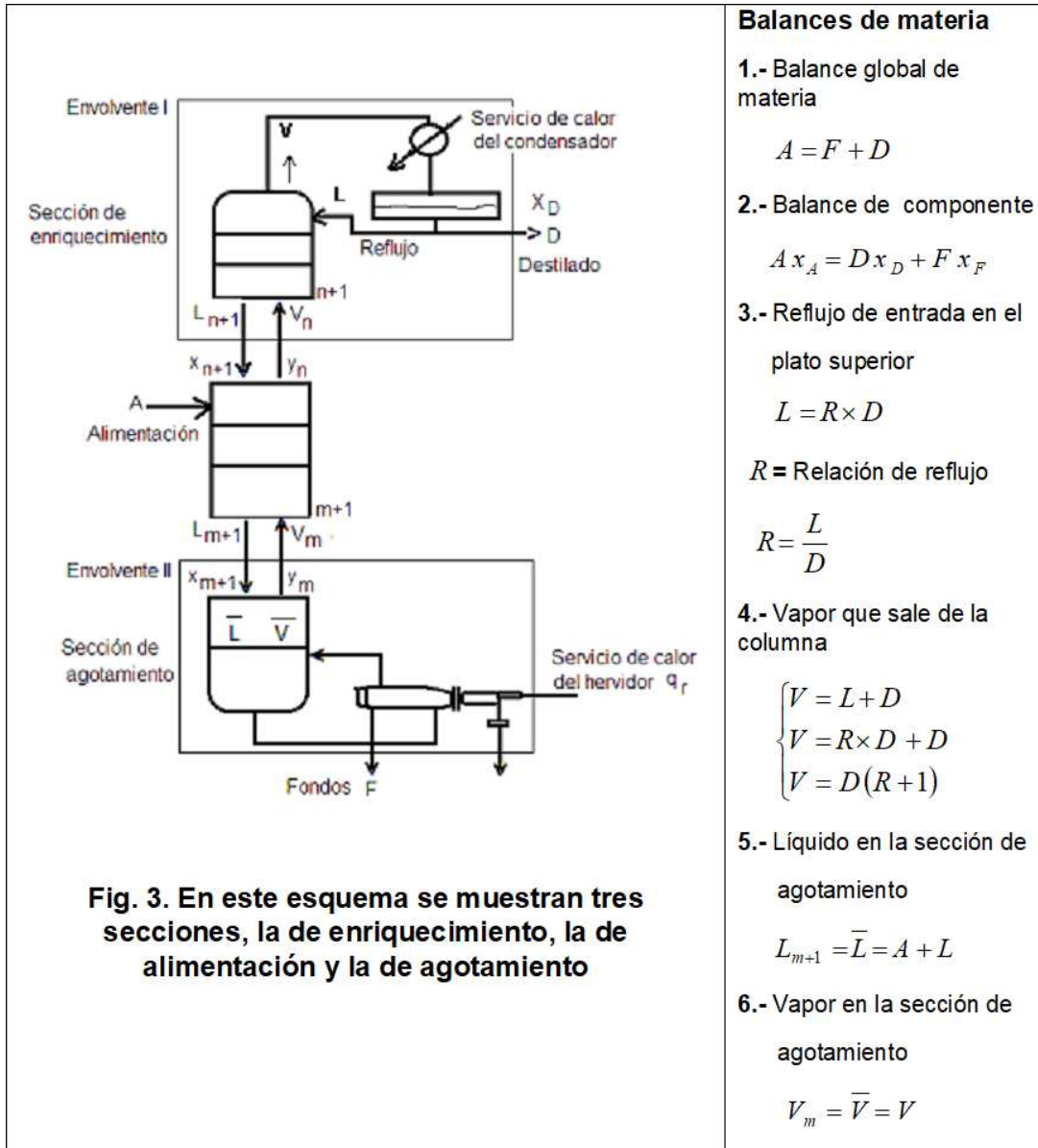


Fig. 3. En este esquema se muestran tres secciones, la de enriquecimiento, la de alimentación y la de agotamiento

Trazar la línea de enriquecimiento

$$y_n = \frac{R}{(R+1)} x_{n+1} + \frac{x_D}{(R+1)}$$

$$m_{\text{Enriq}} := \frac{R}{R+1} \quad m_{\text{Enriq}} = 0.333$$

$$\text{ordeEnriq} := \frac{x_{\text{molD}}}{R + 1} \quad \text{ordeEnriq} = 0.42 \quad \begin{array}{l} \text{gmol ETOH /} \\ \text{gmol mezcla} \end{array}$$

$$y_{\text{Enriq}} = m_{\text{Enriq}} \cdot x + \text{ordeEnriq}$$

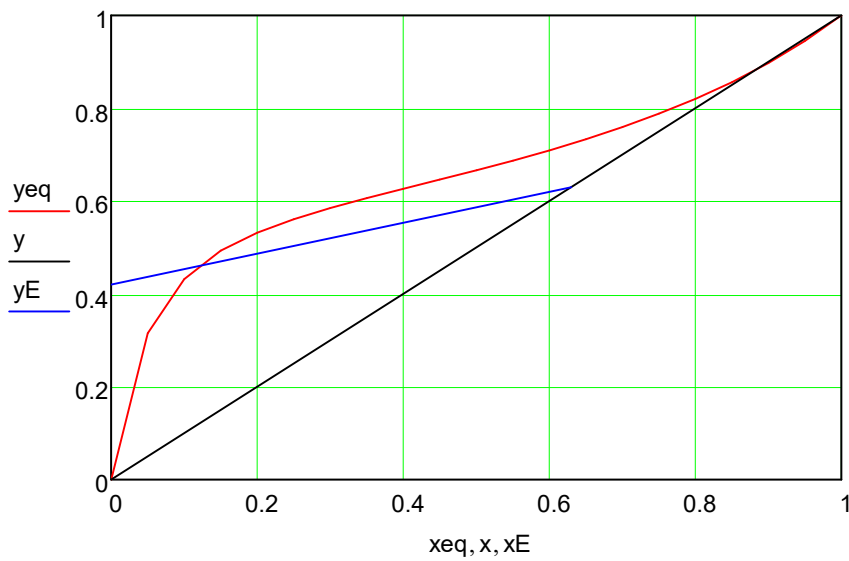
Trazar la línea de 45°

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad y := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{Línea de 45°}$$

$$x_{\text{molD}} = 0.63 \quad y_{\text{molcero}} := 0$$

$$y_{\text{molD}} := x_{\text{molD}} \quad x_{\text{molcero}} := 0$$

$$x_{\text{E}} := \begin{pmatrix} x_{\text{molcero}} \\ x_{\text{molD}} \end{pmatrix} \quad y_{\text{E}} := \begin{pmatrix} \text{ordeEnriq} \\ y_{\text{molD}} \end{pmatrix}$$



Trazar la línea de agotamiento

$$y_m = \frac{\bar{L}}{\bar{V}} x_{m+1} - \frac{F}{\bar{V}} x_F \quad \bar{L} \text{ -----} \rightarrow L_{\text{cr}} \quad (\text{Ele con raya})$$

$$\bar{R} := 0.5$$

$$L_{Amolar} := 594.393$$

gmol de mezcla / h

$$L_{Fmolar} = 430.337$$

gmol de mezcla / h

$$L_{Dmolar} = 164.056$$

gmol de mezcla / h

Relación de reflujo

$$R = \frac{L}{L_{Dmolar}}$$

$$L := R \cdot L_{Dmolar}$$

$$L = 82.028 \quad \text{gmol de mezcla / h}$$

Ele con raya

$$L_{cr} = A + L$$

$$L_{cr} := L_{Amolar} + L$$

$$L_{cr} = 676.421$$

gmol de mezcla / h

$$V_{cr} = V = (L + D)$$

$$V_{cr} := L + L_{Dmolar}$$

$$V_{cr} = 246.084$$

gmol de mezcla / h

Coordenadas utilizadas para trazar dos puntos de la ecuación de agotamiento

$$y_m = \frac{\bar{L}}{V} x_{m+1} - \frac{F}{V} x_F$$

$$\text{ordeAgot} := \frac{L_{Fmolar}}{V_{cr}} \cdot x_{molF}$$

$$\text{ordeAgot} = 0.185$$

gmol de etanol / gmolmezcla

$$m\text{Agot} := \frac{L\text{cr}}{V\text{cr}}$$

$$m\text{Agot} = 2.749$$

$$y\text{Agot} := m\text{Agot} \cdot x - \text{ordeEnriq}$$

Dato

$$x\text{molF} = 0.106$$

gmol ETOH / gmol mezcla

----->

$$y\text{molF} := x\text{molF}$$

Cálculos

$$X\text{F} := x\text{molF}$$

gmol ETOH / gmol
mezcla

$$X\text{SG} := 0.35 \quad \text{Valor seleccionado de la grafica}$$

$$Y\text{Agot} := m\text{Agot} \cdot X\text{F} - \text{ordeEnriq}$$

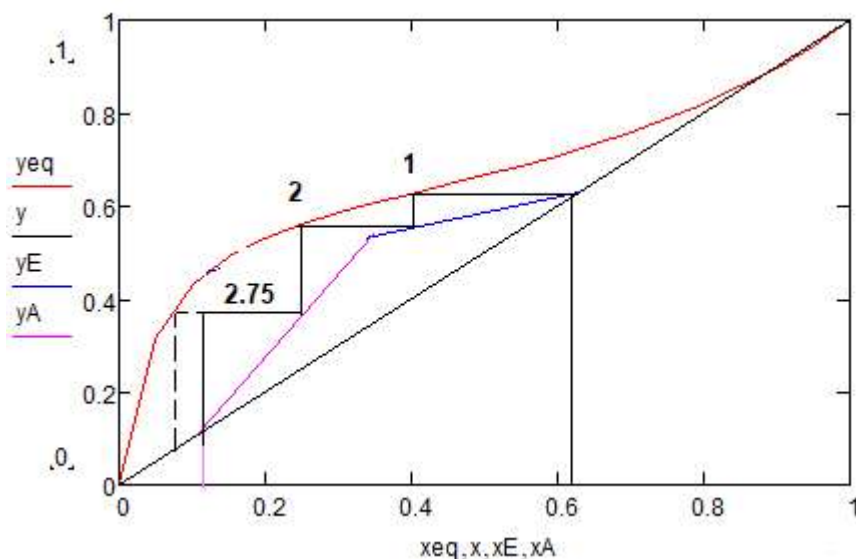
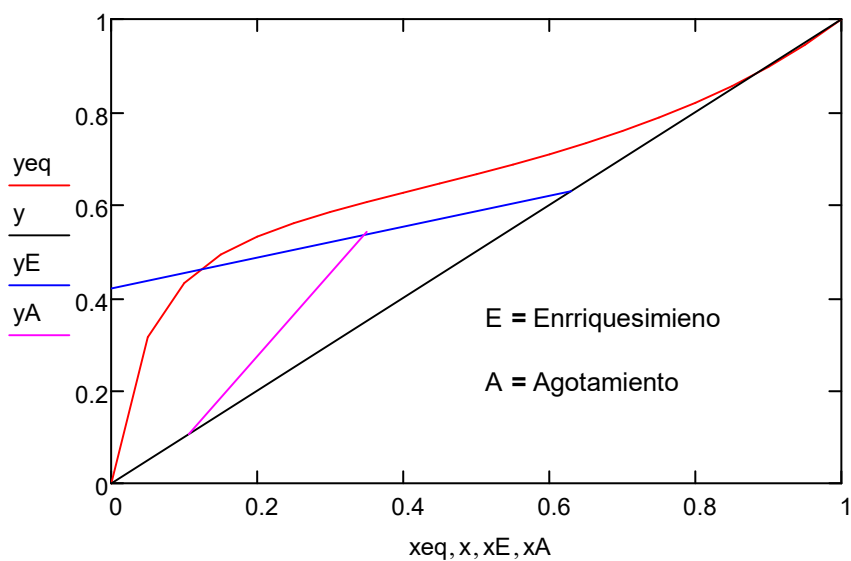
$$Y\text{SG} := m\text{Agot} \cdot X\text{SG} - \text{ordeEnriq}$$

$$Y\text{Agot} = -0.129$$

gmol ETOH / gmol
mezcla

$$x_A := \begin{pmatrix} x\text{molF} \\ X\text{SG} \end{pmatrix}$$

$$y_A := \begin{pmatrix} y\text{molF} \\ Y\text{SG} \end{pmatrix}$$



$$E_o = \frac{\text{Número platos ideales}}{\text{Número de platos que tiene instalado el equipo}}$$

$$N_R := 16$$

$$N := 2.75$$

$$E_o := \frac{N}{N_R} \cdot 100 = 17.188 \%$$

