

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

**DATOS DIRECTOS DE LA EXPERIMENTACIÓN
(PLATO 11)**

**PRUEBA II
RELACIÓN DE REFLUJO L / D = 1/2
ALIMENTACIÓN EN EL PLATO NO. 11**

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	206.86 segundos = 3.448 min	0.2	0.058	114.24 segundos = 1.904 min	0.1	0.0525

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	0.983	10.66	0.8525	76.51

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	87	85.6	75.8	75.2	74.5

T6 Pre calentamiento (°C)	T7 Entrada de agua al condensador (°C)	T8 Salida de agua del condensador (°C)
18.8	18.6	20.2

RELACIÓN DE REFLUJO TEMPERATURAS DEL HERVIDOR TEMPERATURAS DE ALIMENTACIÓN DE LA MEZCLA (T6 del pre calentador)

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

$$T1 := 87 \quad ^\circ\text{C}$$

$$T^{\circ}\text{CA} := 18.8 \quad ^\circ\text{C}$$

FLUJOS

$$LA := 0.117 \quad \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

alimentación

$$LF := 0.058 \quad \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

fondos

$$LD := 0.0525 \quad \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

destilado

DENSIDADES Y COMPOSICIONES

$$\rho_A := 0.953 \quad \frac{\text{gmezcla}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_F := 0.983 \quad \frac{\text{gmezcla}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_D := 0.8525 \quad \frac{\text{gmezcla}}{\text{cm}^3}$$

$$\%mA := -4606 \cdot \rho_A^3 + 11475 \cdot \rho_A^2 - 9909 \cdot \rho_A + 3038.1$$

por ciento en masa

$$\%mD := -4606 \cdot \rho_D^3 + 11475 \cdot \rho_D^2 - 9909 \cdot \rho_D + 3038.1$$

por ciento en masa

$$\%mF := -4606 \cdot \rho_F^3 + 11475 \cdot \rho_F^2 - 9909 \cdot \rho_F + 3038.1$$

por ciento en masa

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

$$xm_A = 0.299$$

kg ETOH /kg mezcla

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

$$xm_F = 0.107$$

kg ETOH /kg mezcla

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

$$xm_D = 0.765$$

kg ETOH / kg mezcla

LAS FRACCIONES MOL

PMH2O := 18 gr/gmol

PMETOH := 46 gr/gmol

$$x_{molA} := \frac{\frac{x_{mA}}{PMETOH}}{\frac{x_{mA}}{PMETOH} + \frac{1 - x_{mA}}{PMH2O}}$$

$$x_{molF} := \frac{\frac{x_{mF}}{PMETOH}}{\frac{x_{mF}}{PMETOH} + \frac{1 - x_{mF}}{PMH2O}}$$

$$x_{molD} := \frac{\frac{x_{mD}}{PMETOH}}{\frac{x_{mD}}{PMETOH} + \frac{1 - x_{mD}}{PMH2O}}$$

$x_{molA} = 0.143$

kgmol ETOH /
kgmol mezcla

$x_{molF} = 0.045$

kgmol ETOH /
kgmol mezcla

$x_{molD} = 0.56$

kgmol ETOH /
kgmol mezcla

Los flujos en kg / h y en kgmol / h

$$PM_{promedioA} := x_{molA} \cdot PMETOH + (1 - x_{molA}) \cdot PMH2O$$

$$PM_{promedioF} := x_{molF} \cdot PMETOH + (1 - x_{molF}) \cdot PMH2O$$

$$PM_{promedioD} := x_{molD} \cdot PMETOH + (1 - x_{molD}) \cdot PMH2O$$

$PM_{promedioA} = 22.008$

kg mezcla/ kgmol mezcla

$PM_{promedioF} = 19.248$

kg mezcla/ kgmol mezcla

$PM_{promedioD} = 33.691$

kg mezcla/ kgmol mezcla

Balance de materia

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

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

$$LF_{\text{masico}} := \left[LF \cdot \rho F \cdot (60) \cdot \left(\frac{1000}{1} \right) \cdot \left(\frac{1}{1000} \right) \right]$$

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

$$LD_{\text{masico}} := \left[LD \cdot \rho D \cdot (60) \cdot \left(\frac{1000}{1} \right) \cdot \left(\frac{1}{1000} \right) \right]$$

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

$$\frac{\text{kg}}{\text{h}} = \frac{\text{L}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{gmezcla}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{60 \cdot \text{min}}{1\text{h}} \cdot \left(\frac{1000 \cdot \text{cm}^3}{1\text{L}} \right) \cdot \frac{1\text{kg}}{1000\text{g}}$$

$$\frac{\text{kgmolmezcla}}{\text{h}} = \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{kgmolmezcla}}{\text{kgmezcla}}$$

$$L_{\text{Amolar}} = 0.304$$

$$L_{\text{Fmolar}} + L_{\text{Dmolar}} = 0.257$$

NO CONCUERDA, tomar esta suma como correcta

$$L_{\text{Amolar}} := L_{\text{Fmolar}} + L_{\text{Dmolar}}$$

Fracciones mol de entrada y salida

$$L_{\text{Amolar}} = 0.257$$

$$\text{kgmol de mezcla / h}$$

$$x_{\text{molA}} = 0.143$$

$$\frac{\text{kgmol ETOH}}{\text{kgmol mezcla}}$$

$$L_{\text{Fmolar}} = 0.178$$

$$\text{kgmol de mezcla / h}$$

$$x_{\text{molF}} = 0.045$$

$$\frac{\text{kgmol ETOH}}{\text{kgmol mezcla}}$$

$$L_{\text{Dmolar}} = 0.08$$

$$\text{kgmol de mezcla / h}$$

$$x_{\text{molD}} = 0.56$$

$$\frac{\text{kgmol ETOH}}{\text{kgmol mezcla}}$$

Transformación de los flujos a g/mol ETOH/ g/mol mezcla

$$L_{\text{Amolar}} := (L_{\text{Amolar}}) \cdot 1000 \quad \text{g/mol ETOH/ g/mol mezcla}$$

$$L_{\text{Fmolar}} := L_{\text{Fmolar}} \cdot 1000 \quad \text{g/mol ETOH/ g/mol mezcla}$$

$$L_{\text{Dmolar}} := L_{\text{Dmolar}} \cdot 1000 \quad \text{g/mol ETOH/ g/mol mezcla}$$

POR LO TANTO Para el programa de PUNTO de BURBUJA

$$L_{\text{Amolar}} = 257.427$$

$$\text{g/mol de mezcla / h}$$

$$x_{\text{molA}} = 0.143$$

$$L_{\text{Fmolar}} = 177.721$$

$$\text{g/mol de mezcla / h}$$

$$x_{\text{molF}} = 0.045$$

$$L_{\text{Dmolar}} = 79.706$$

$$\text{g/mol de mezcla / h}$$

$$x_{\text{molD}} = 0.56$$

Cálculo de la eficiencia de la columna

1.- El número mínimo de platos $N_{\text{mínimo}}$ requerido en la destilación

Datos

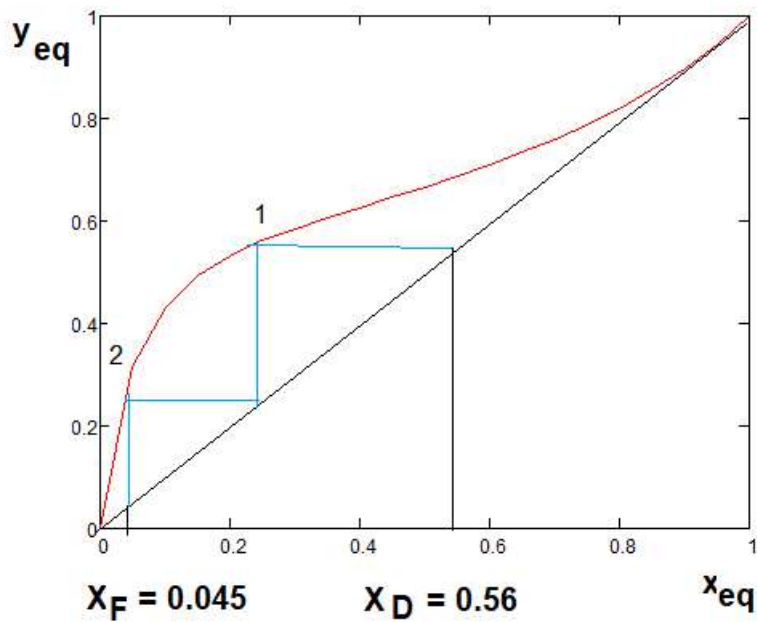
TEMPERATURAS

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	87	85.6	75.8	75.2	74.5

..

T6 Pre calentamiento (°C)	T7 Entrada de agua al condensador (°C)	T8 Salida de agua del condensador (°C)
18.8	18.6	20.2

$x_{eq} :=$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0.05 \\ 0.1 \\ 0.15 \\ 0.20 \\ 0.25 \\ 0.3 \\ 0.35 \\ 0.4 \\ 0.45 \\ 0.5 \\ 0.55 \\ 0.6 \\ 0.65 \\ 0.7 \\ 0.75 \\ 0.8 \\ 0.85 \\ 0.9 \\ 0.95 \\ 1.0 \end{pmatrix}$	$y_{eq} :=$	$\begin{pmatrix} 0 \\ 0.315 \\ 0.432 \\ 0.493 \\ 0.532 \\ 0.561 \\ 0.585 \\ 0.606 \\ 0.626 \\ 0.646 \\ 0.666 \\ 0.687 \\ 0.709 \\ 0.733 \\ 0.759 \\ 0.788 \\ 0.82 \\ 0.856 \\ 0.897 \\ 0.945 \\ 1.0 \end{pmatrix}$
-------------	--	-------------	--



$$N_{\min} := 2.0$$

2.-Cálculo de la relación de reflujo mínimo R_m para sistemas de destilación binario o de multicomponentes

- CORRELACIÓN DE GILLILAND

Si se quiere alcanzar una separación especificada entre los dos componentes clave lo normal es que la relación de reflujo y el número de platos sean superiores al mínimo anteriormente calculado. La relación de reflujo a aplicar suele ser una consideración de tipo económico y generalmente se escoge una relación R/R_{\min} de 1,3 , como caso intermedio. Una vez fijada la relación de reflujo se procede a estimar el número de platos necesarios, para ello se emplea una correlación empírica, la correlación de Gilliland que se ajusta bastante a la realidad.

$$\frac{R}{R_{\min}} = 1.3$$

Datos

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

$$R_{\min} := \frac{0.5}{1.3}$$

$$R_{\min} = 0.385$$

3.-Cálculo de la eficiencia de la torre

$$\frac{N - N_{\min}}{N + 1} = 1 - \exp \left[1.490 + 0.315 \frac{R - R_{\min}}{R + 1} - \frac{1.805}{\left(\frac{R - R_{\min}}{R + 1} \right)^{0.1}} \right] \quad (8)$$

Datos

$$N_{\min} = 2$$

$$R_{\min} = 0.385$$

$$R = 0.5$$

real

Estimación inicial $N := 14$

Given

$$\frac{N - N_{\min}}{N + 1} = 1 - e^{-\left[1.49 + \left(0.315 \cdot \frac{R - R_{\min}}{R + 1} \right) - \frac{1.805}{\left(\frac{R - R_{\min}}{R + 1} \right)^{0.1}} \right]}$$

$N := \text{Find}(N)$

$N = 5.802$ Se incluye el hervidor **Número de platos ideales**

$N_R := 16$ **Número de platos reales incluye el hervidor**

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

$$E_o := \frac{N}{N_R} = 0.363 \implies 36.2 \%$$

TEMPERATURAS

Tiempo de operación (min)	T ₁ Hervi (°)
20	87

..

T ₆ Pre calentamiento (°C)	
18.8	

T1 Condensador 17 (°C)	T2 Plato 16 (°C)	T3 Plato 11 (°C)	T4 Plato 4 (°C)	T5 Condensador 1 (°C)
	85.6	75.8	75.2	74.5

T7 Entrada de agua al condensador (°C)	T8 Salida de agua del condensador (°C)
18.6	20.2