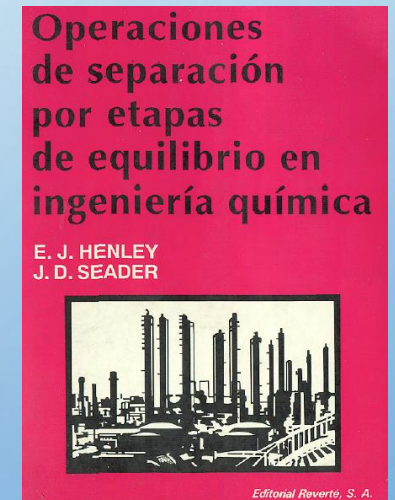
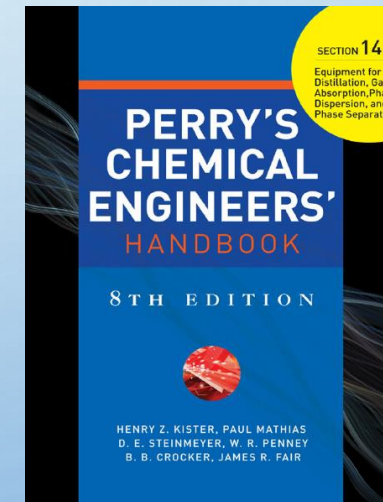
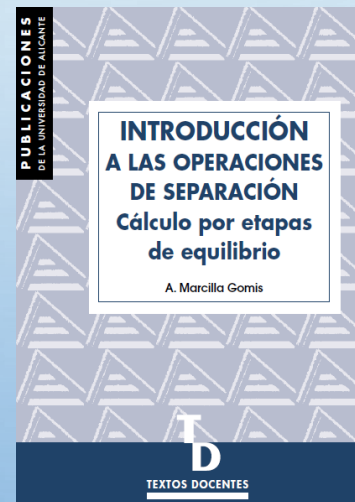
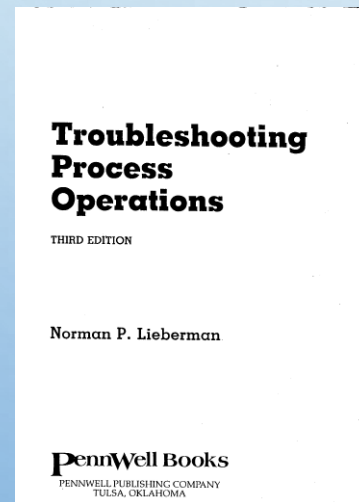
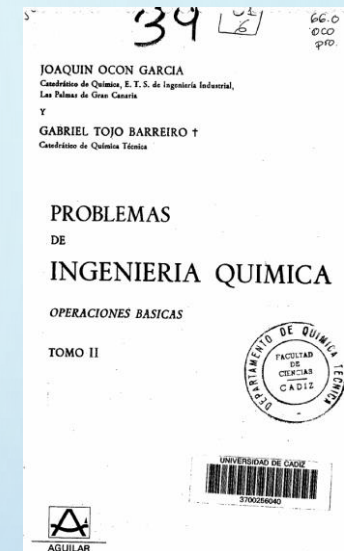
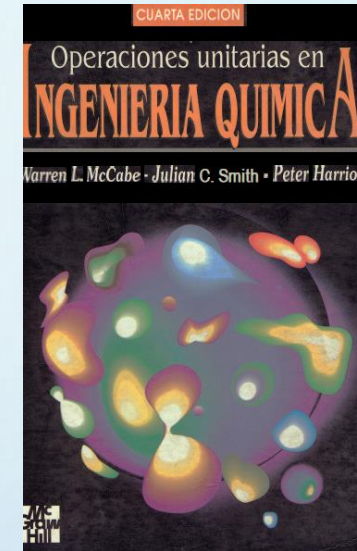
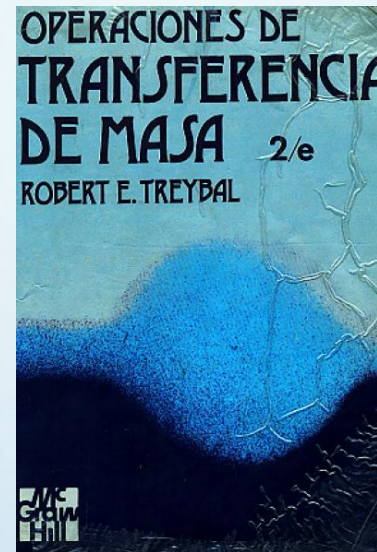
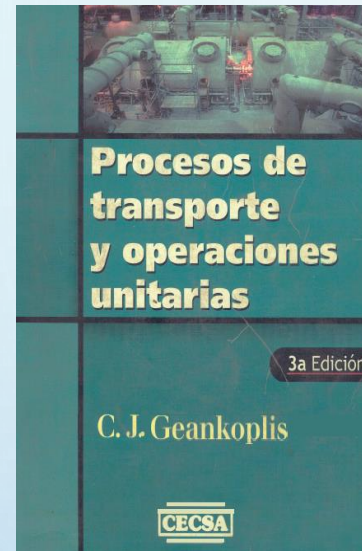
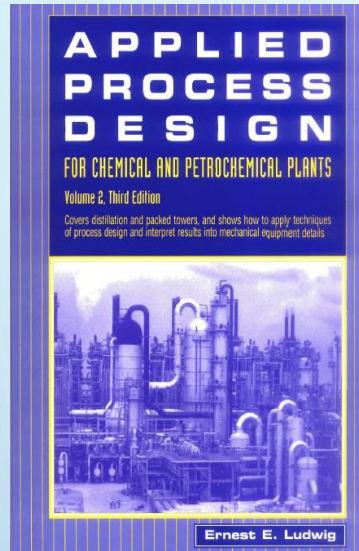


The background is a light blue gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across the surface. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

OPERACIONES UNITARIAS III PROCESOS DE SEPARACIÓN II DESTILACIÓN

2021

BIBLIOGRAFÍA



OBJETIVOS

- IDENTIFICAR LOS EQUILIBRIOS QUE INTERVIENEN EN LA OPERACIÓN.
- CONOCER LAS VARIABLES QUE INFLUYEN EN EL SISTEMA DE EQUILIBRIO.
- IDENTIFICAR LA ZONA DE APLICACIÓN DE LA OPERACIÓN.
- ANALIZAR LA INFLUENCIA DE LAS VARIABLES Y PARÁMETROS EN LA OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN.
- CONOCER LOS EQUIPOS USADOS .
- DIMENSIONAR EQUIPOS.

ENCUENTRO I

CONTENIDOS

- **DEFINICIÓN.**
- **TIPO DE OPERACIÓN.**
- **APLICACIONES. INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA, PRESIÓN Y CONCENTRACIÓN EN EL EQUILIBRIO LÍQUIDO – VAPOR.**
 - **RELACIÓN DE EQUILIBRIO.**
 - **VOLATILIDAD RELATIVA.**
 - **DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO.**
 - **SISTEMAS IDEALES Y REALES.**
 - **DESTILACIÓN FLASH.**
 - **RECTIFICACIÓN Y AGOTAMIENTO.**
 - **DESTILACIÓN BATCH.**
 - **DESTILACIONES ESPECIALES**




DESTILACIÓN FRACCIONADA DEL PETRÓLEO CRUDO




APLICACIONES



Procesos con cambios de composición (de interés para la Ingeniería)

- Reacción Química
- Composición intermedia entre materias primas
  “Mezclado”
- Composición fuera de rango disponible
  “Separación”
- Redistribución entre dos fases
  “Extracción”

Como?  Aprovechando el comportamiento de fases de la mezcla/sistema

Procesos de Separación

(Separación de una mezcla en dos o mas productos de distinta composición)

- Filtración
- Decantación
- Cristalización
- Destilación
- Evaporación

...

- Extracción L-L
- Lixiviación
- Absorción
- Stripping
- Cromatografía

...

Qué necesitamos conocer?

(Para la toma de decisiones, diseño, optimización, etc...)

- Condiciones de P, T en que hay miscibilidad completa / separación
- Composición de las fases en equilibrio cuando hay separación
- Límites de estabilidad para un mezcla homogénea de composición conocida

Fuerzas impulsoras

(que alteran el equilibrio)

Transf. Calor: ΔT

W p-v: ΔP

Transf. Materia: $\Delta?$

→ Potencial químico μ_i , Fugacidad f_i



VOLATILIDADES Y RELACIÓN DE EQUILIBRIO

Compuestos puros: diagramas de fases

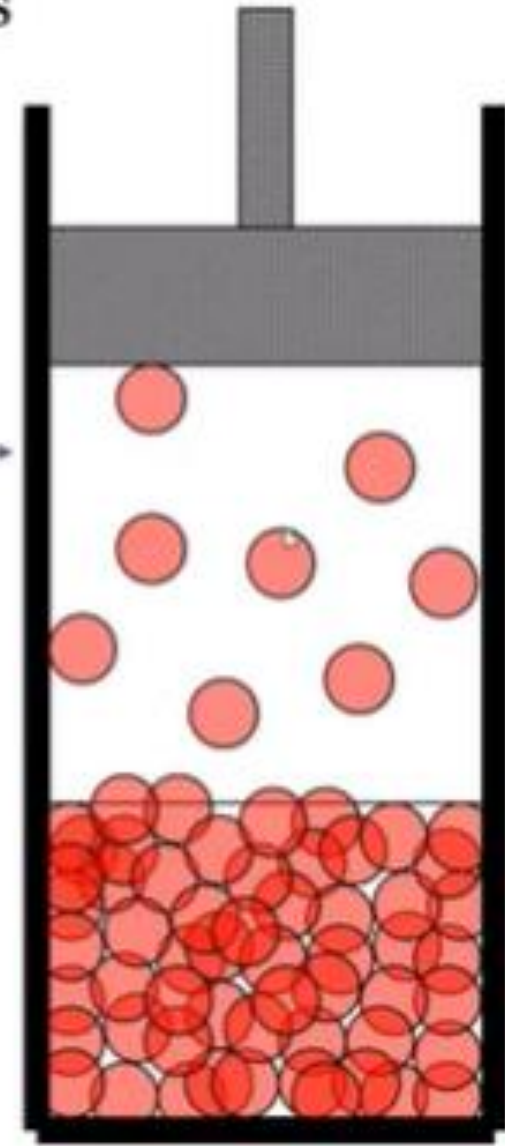
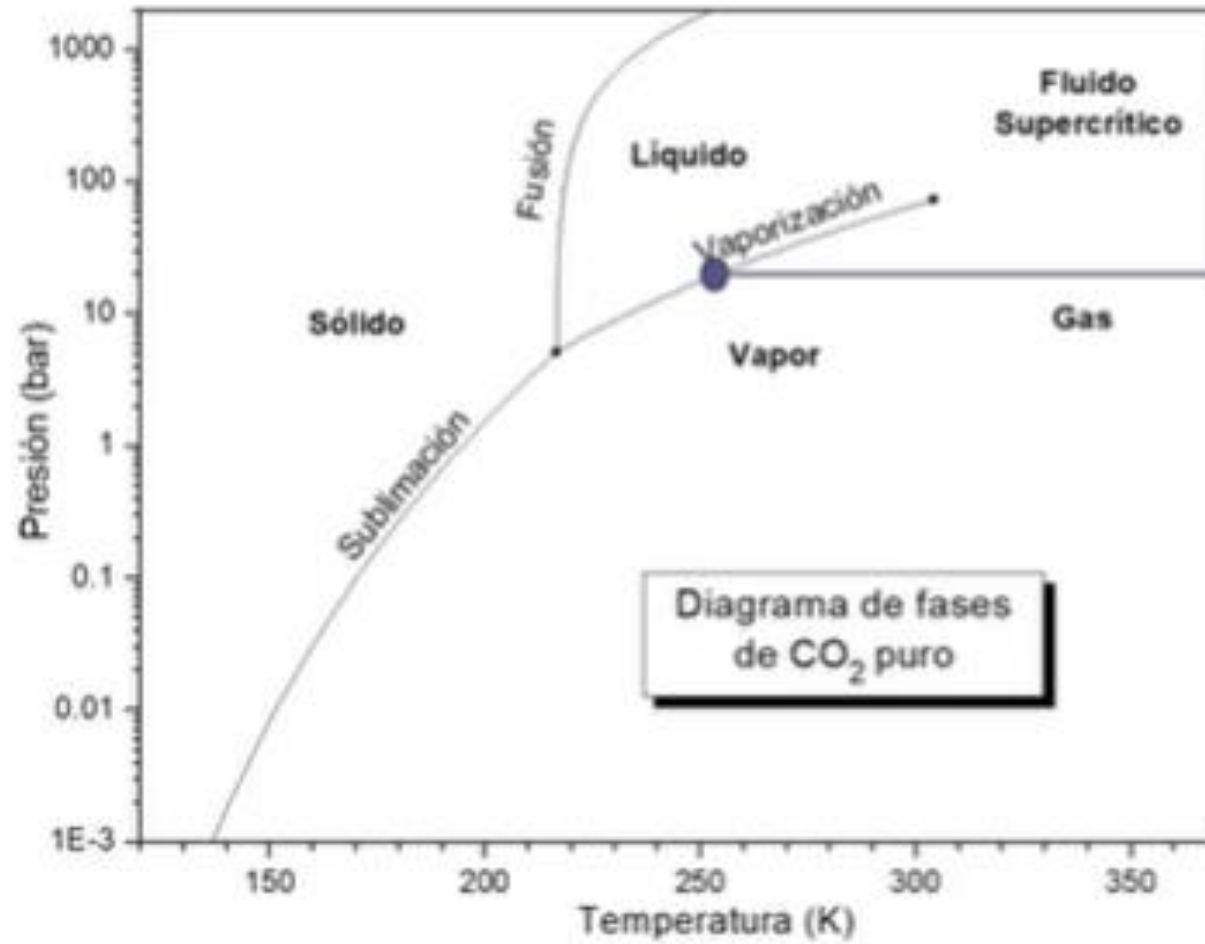
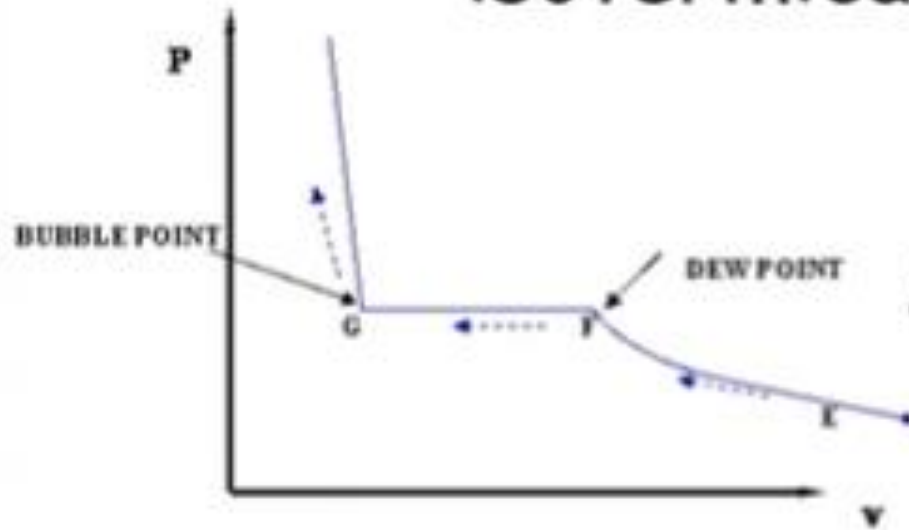


Diagrama equivalente para una mezcla



¿Cómo progresa la compresión isotérmica de una mezcla?



Sustancia pura: $p_{\text{bub}} = p_{\text{dew}}$

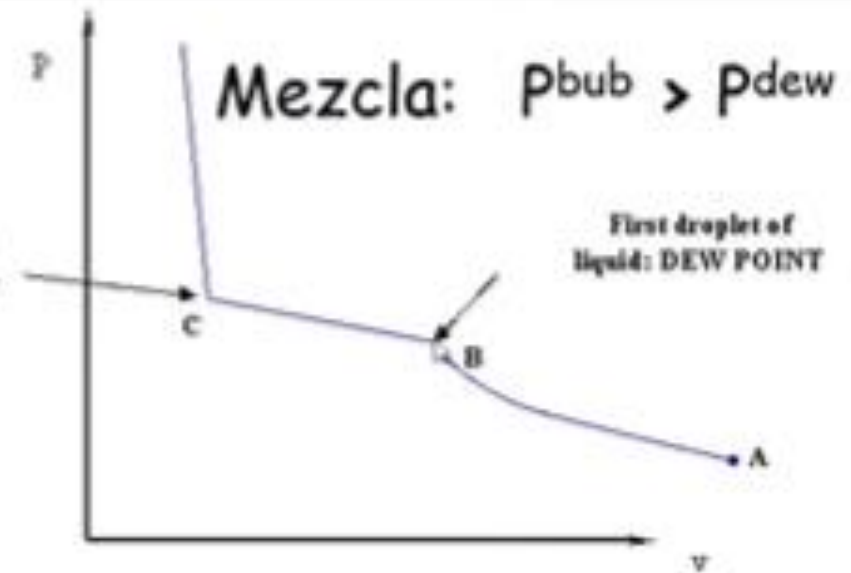
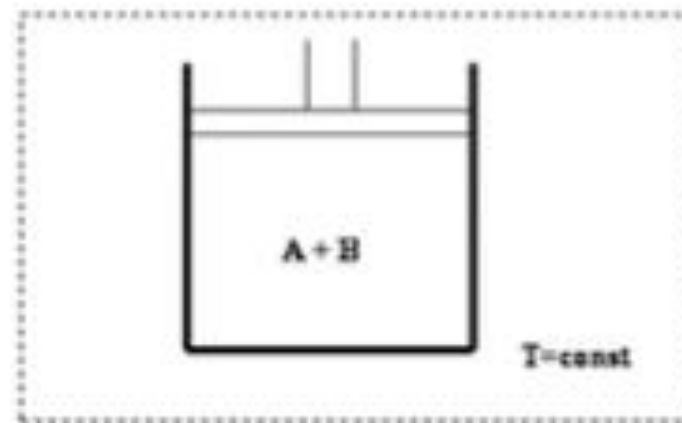
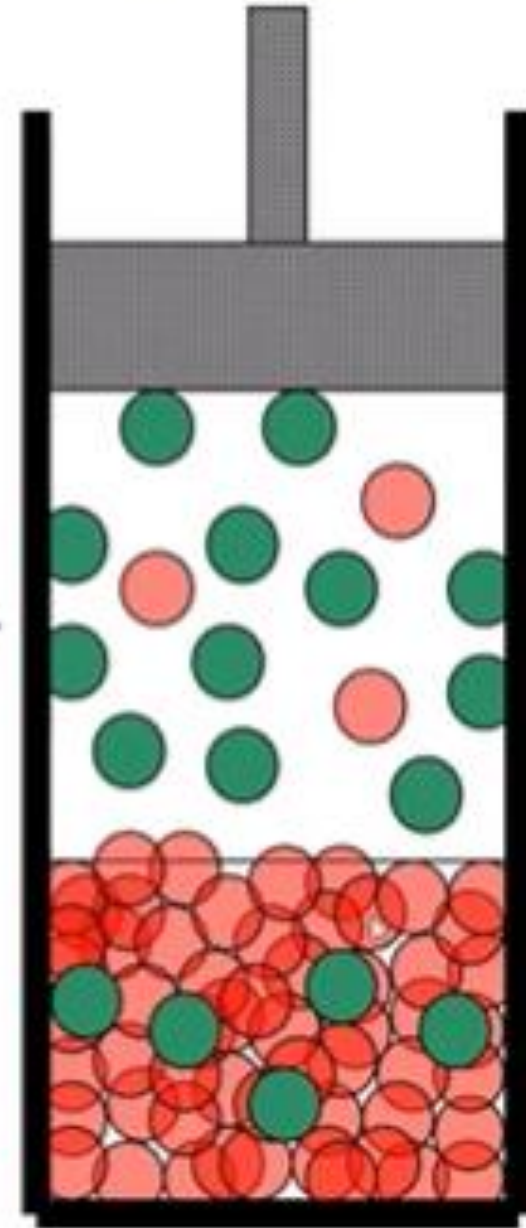
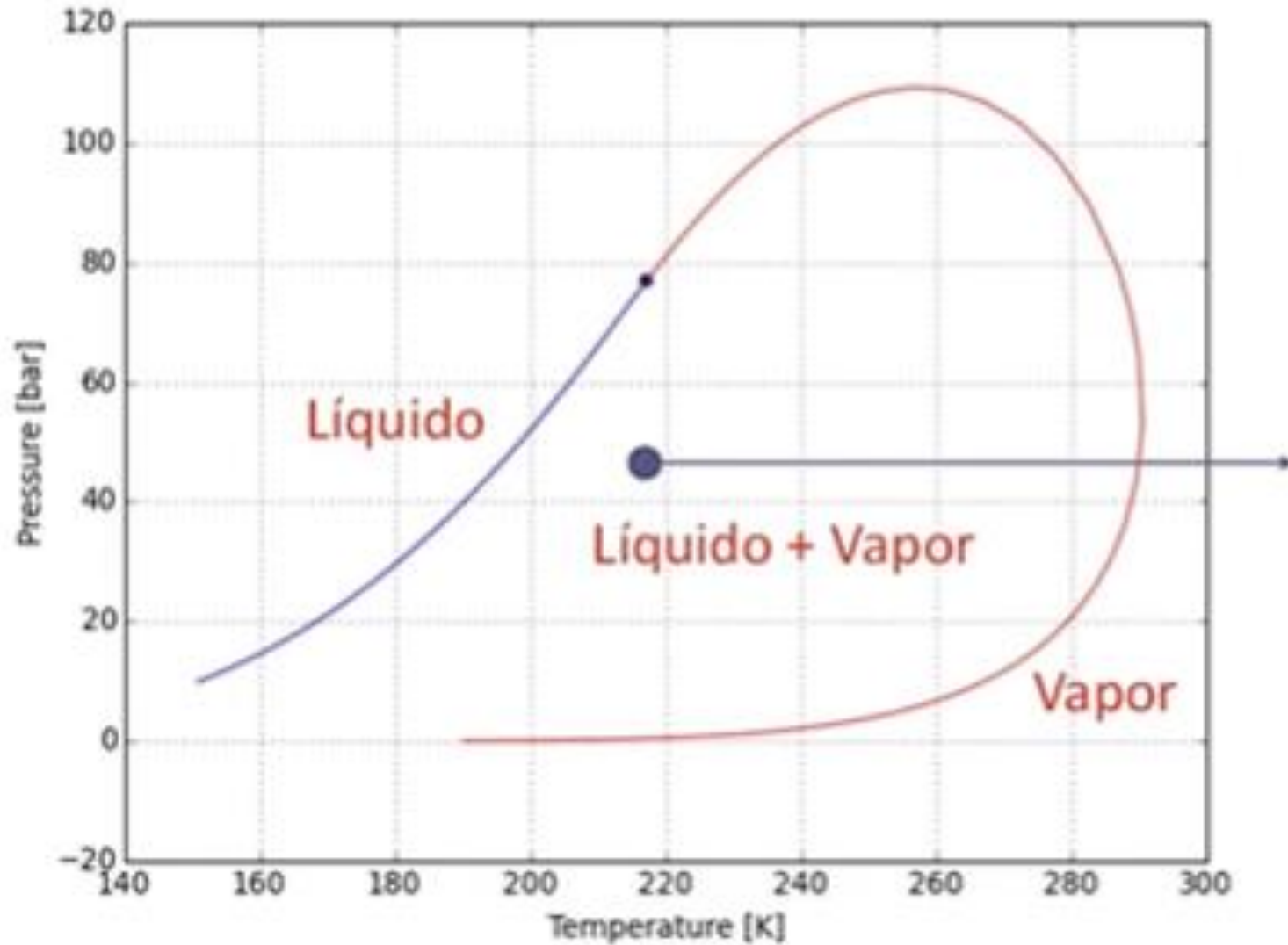
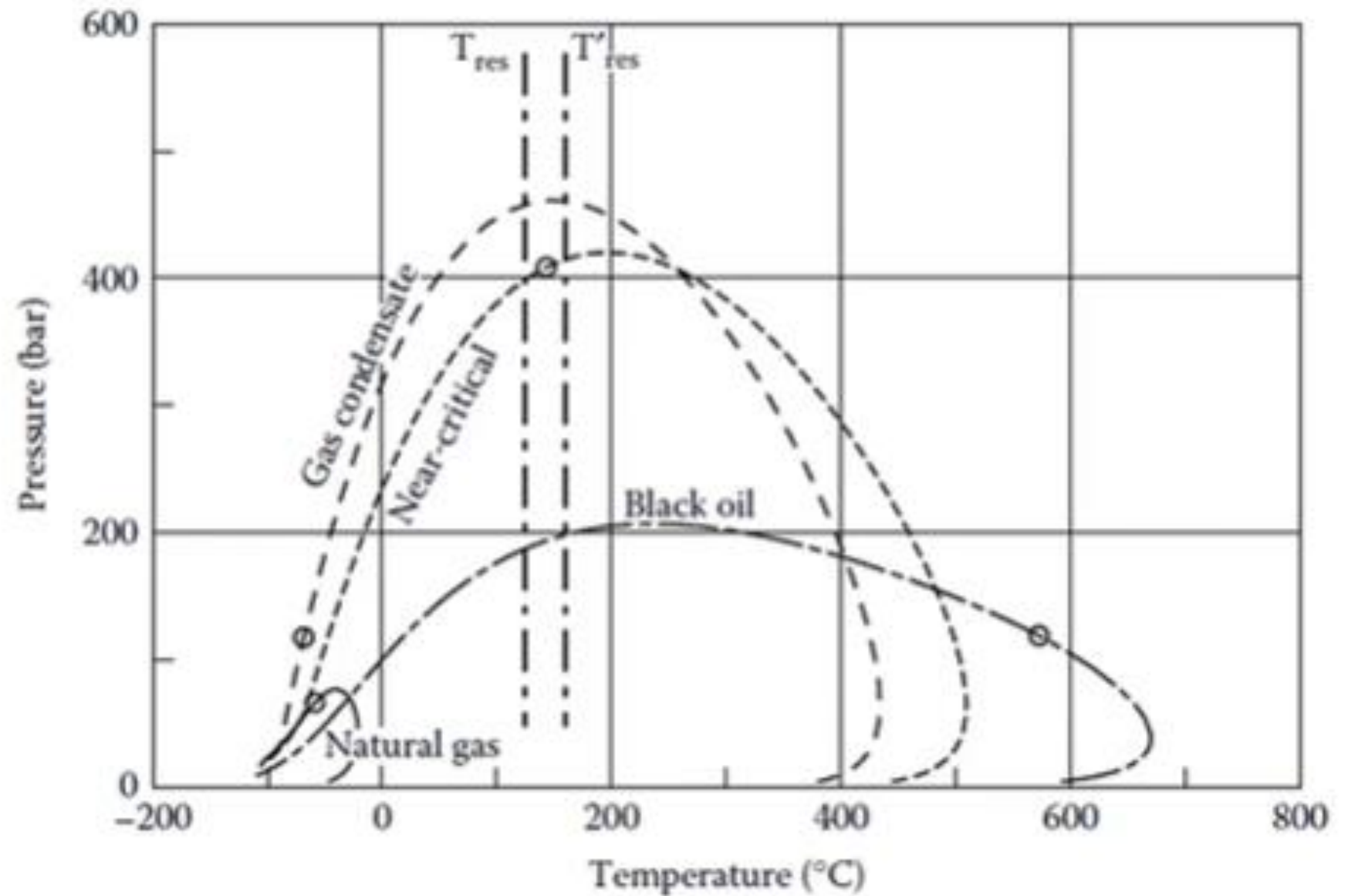


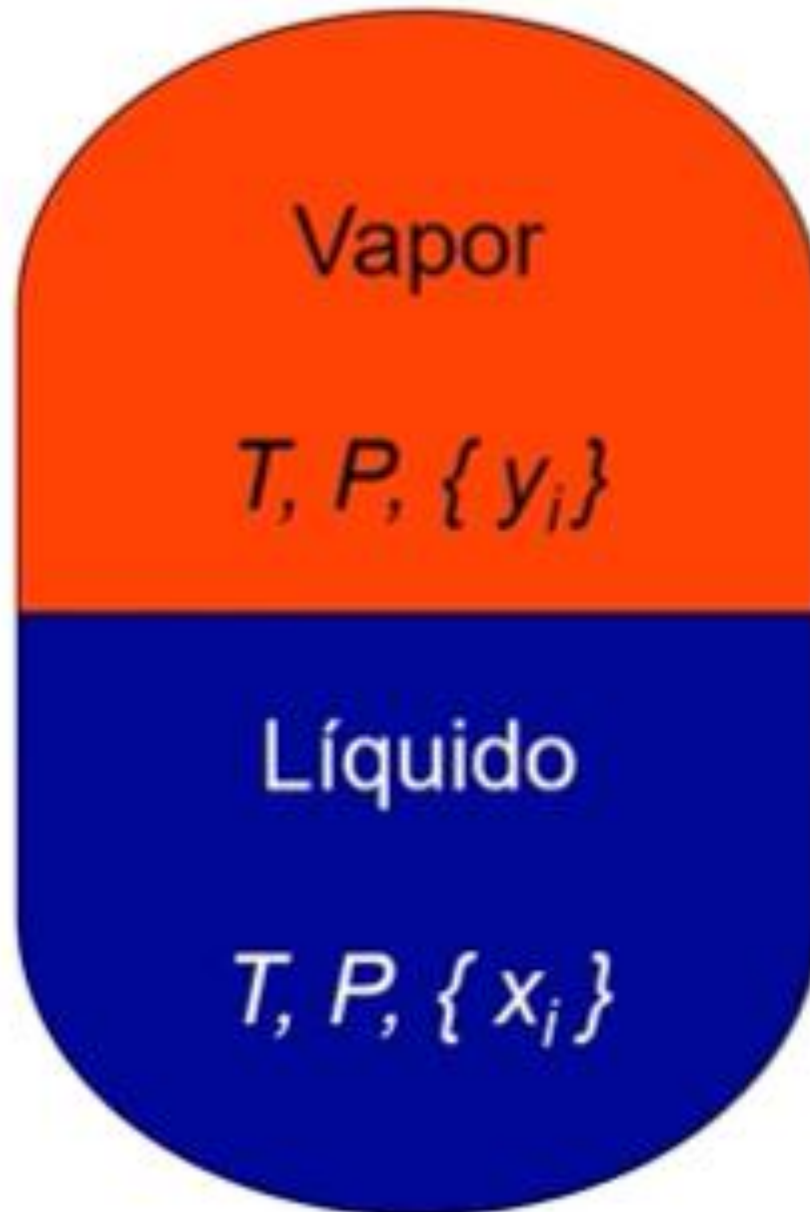
Diagrama equivalente para una mezcla



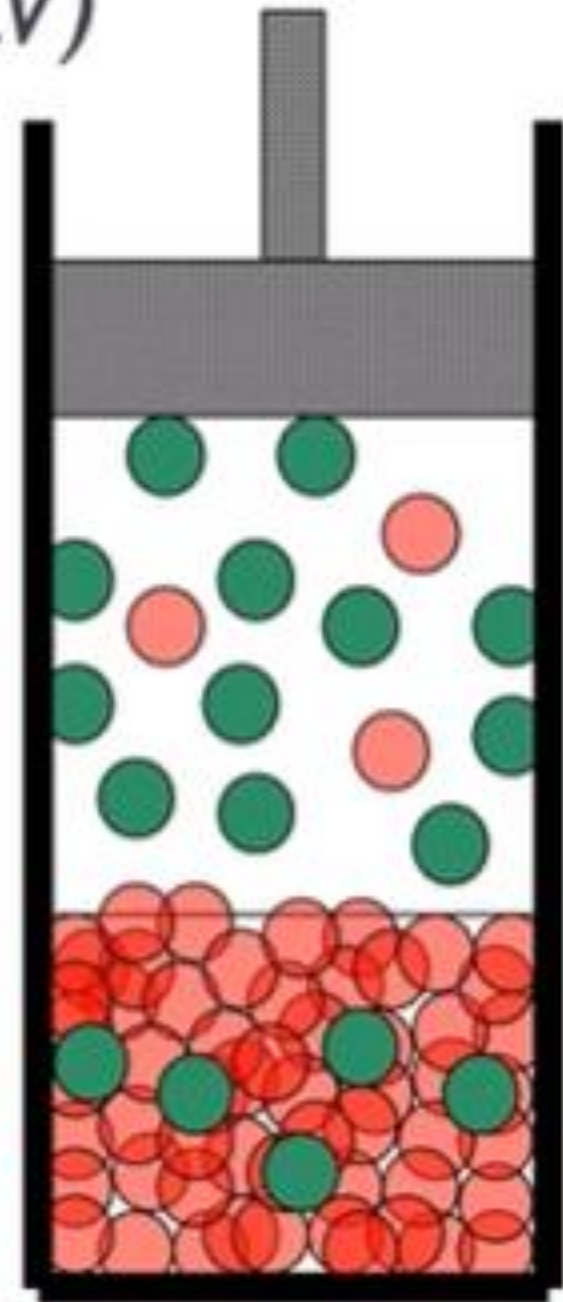
Clasificación de Fluidos de Reservorio (Hidrocarburos)



Equilibrio Líquido-Vapor (ELV)



$$T^V = T^L$$
$$P^V = P^L$$



Sistema Binarios (de dos componentes)

Regiones de 1 fase

$$F = 2 + N - \Pi$$

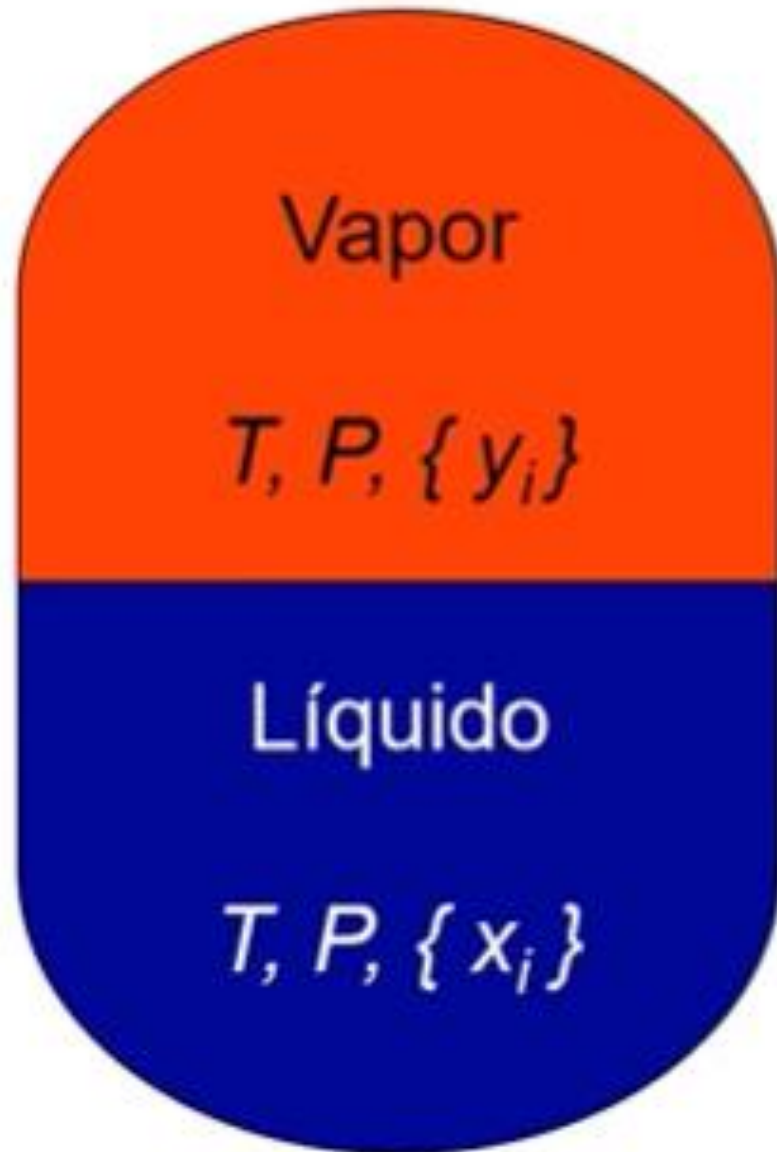
$$F = 2 + 2 - 1 = 3$$

Regiones de 2 fases

$$F = 2 + N - \Pi$$

$$F = 2 + 2 - 2 = 2$$

Para cada estado o condición (T, P) que corresponda a la región ELV habrá composiciones características de L y V (**Sistema binario**)



ELV binario

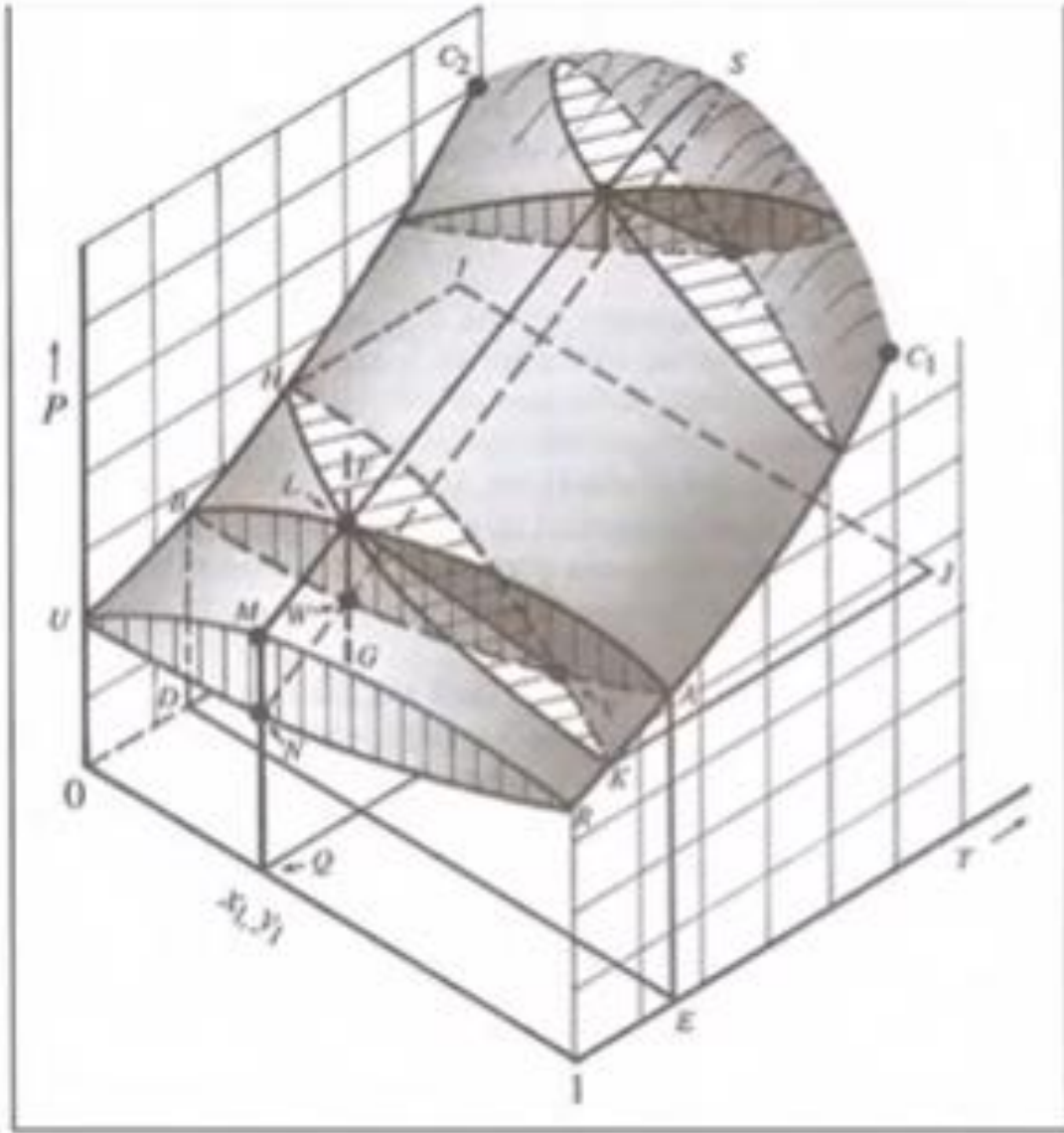
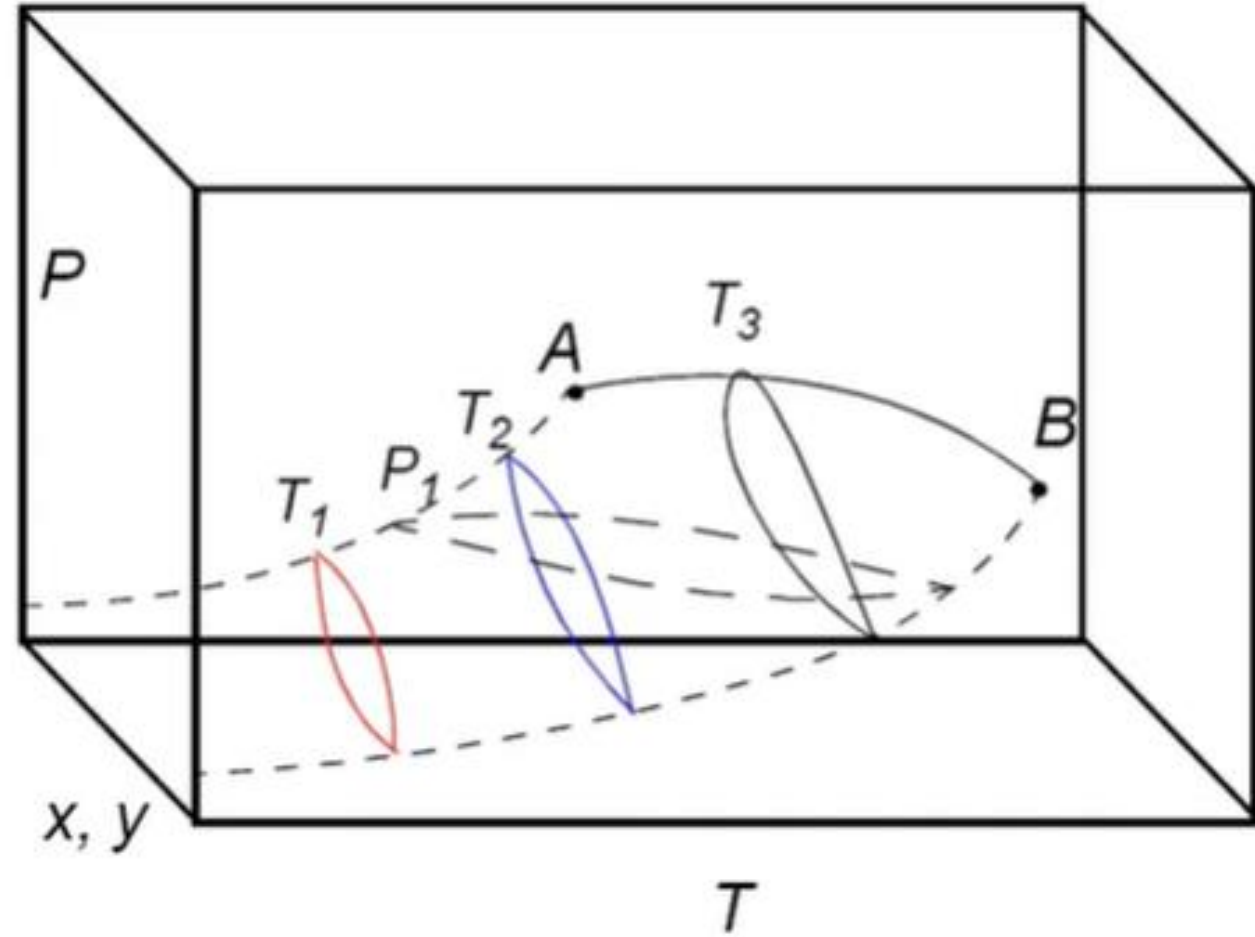


Figura 10.1: Diagrama $PTxy$ para el equilibrio vapor/líquido.



ELV binario

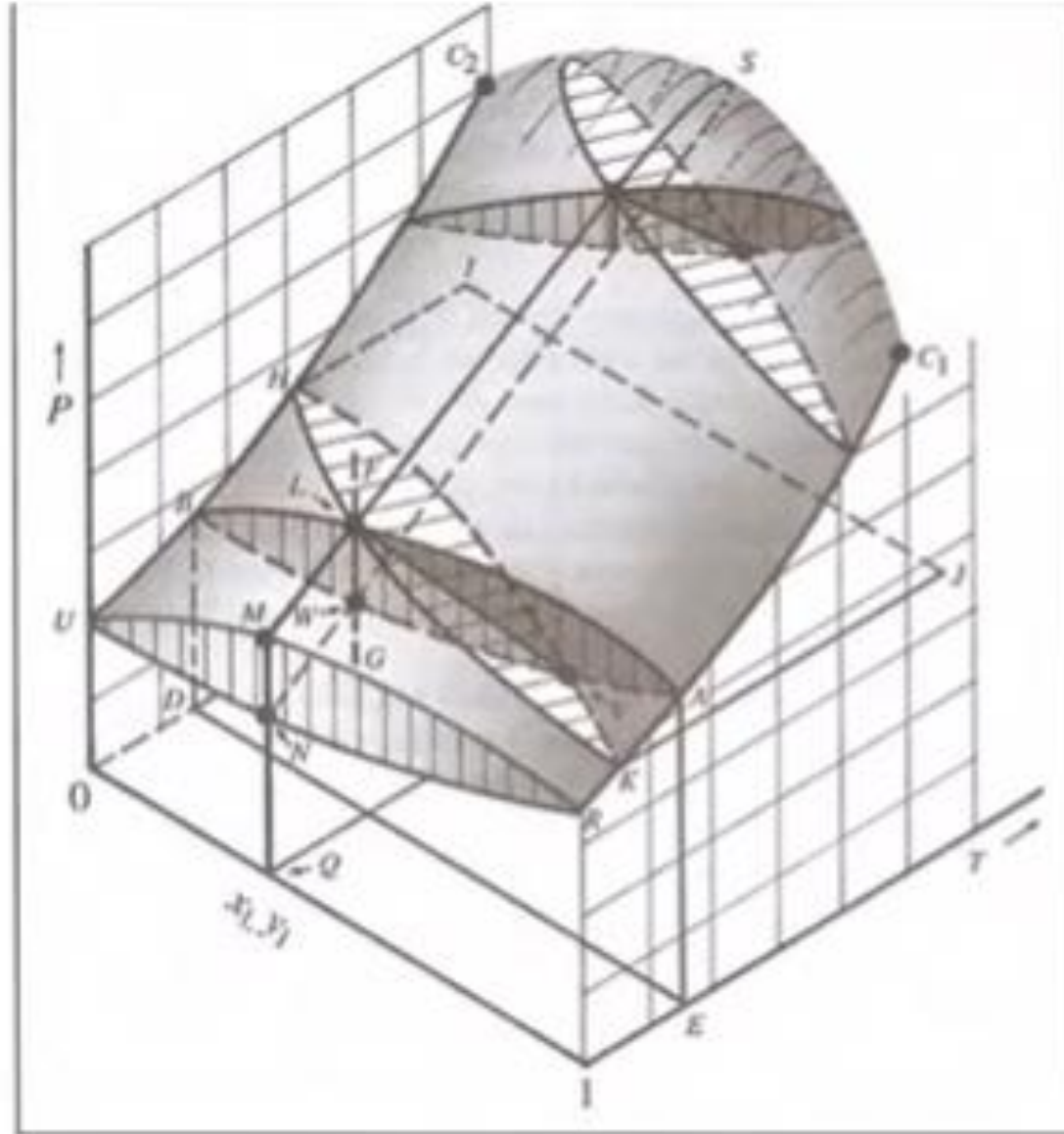


Figura 10.1: Diagrama $PTxy$ para el equilibrio vapor/líquido.

Diagramas Pxy (a T constante)

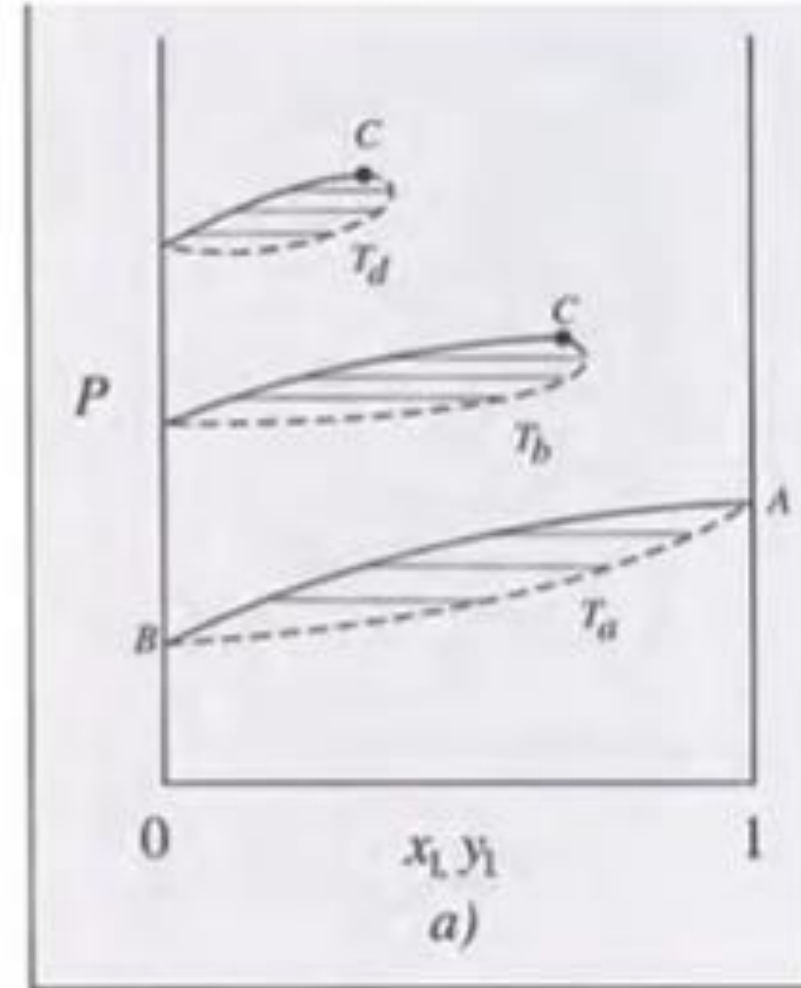
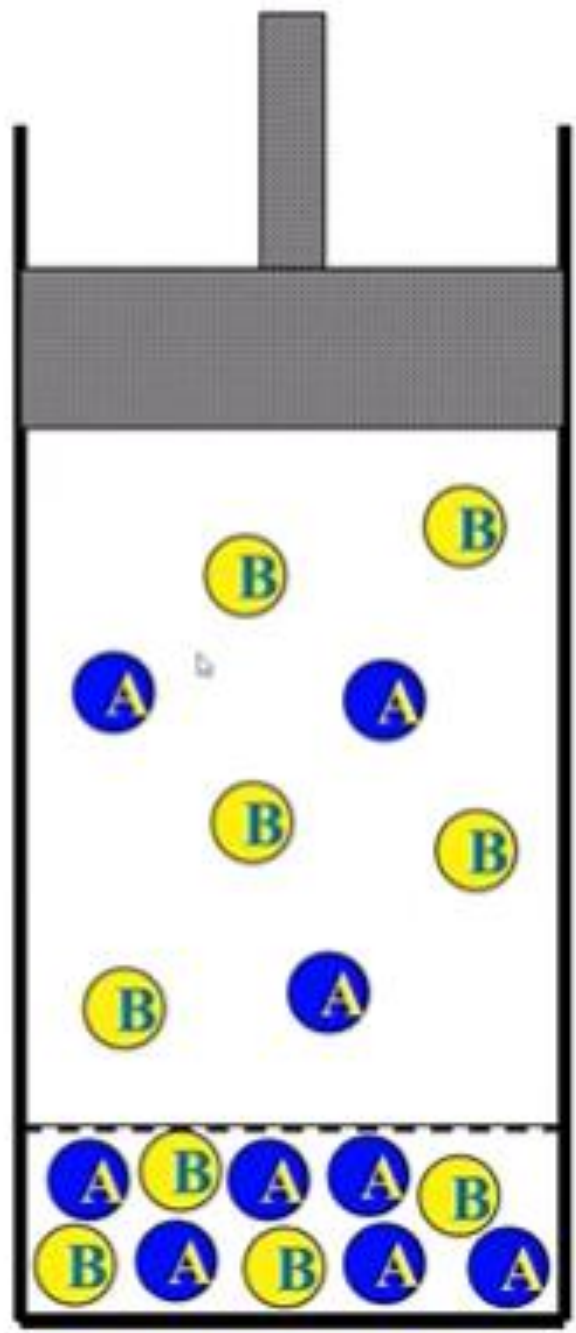


Figura 10.2: a) Diagrama Pxy para tres temperet
— Líquido saturado (línea de burbuja);

$n_{A,V} = 3$	$n_{A,L} = 6$
$n_{B,V} = 5$	$n_{B,L} = 4$
$n_{T,V} = 3 + 5 = 8$	$n_{T,L} = 6 + 4 = 10$

$n_{A,T} = n_{A,V} + n_{A,L} = 3 + 6 = 9$
$n_{B,T} = n_{B,V} + n_{B,L} = 5 + 4 = 9$

$n_T = n_{T,V} + n_{T,L} = 8 + 10 = 18$



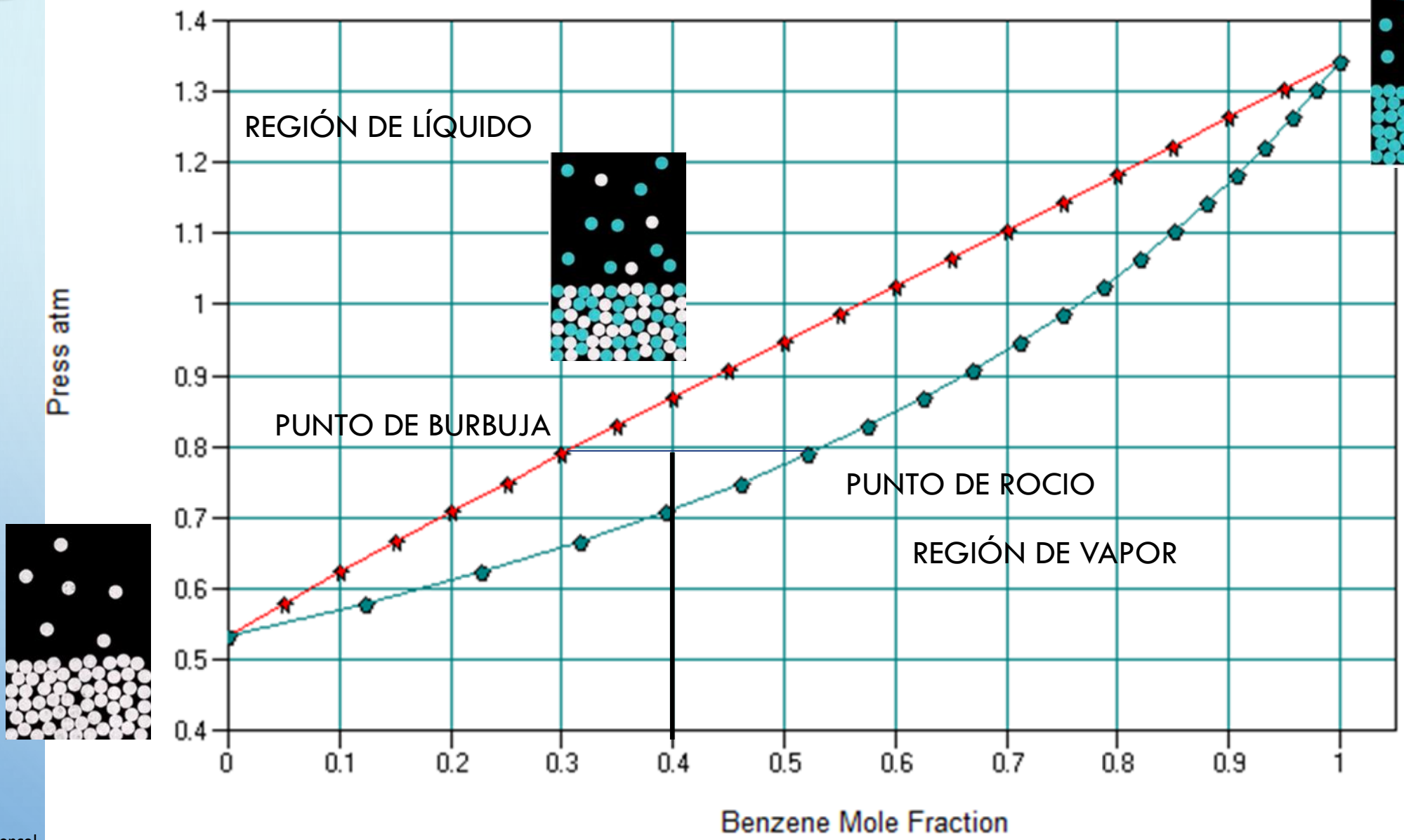
$z_A = n_{A,T} / n_T = 9 / 18 = 0.5 = z_A$	Globales
$z_B = n_{B,T} / n_T = 9 / 18 = 0.5 = z_B$	

$y_{A,V} = n_{A,V} / n_{T,V} = 3 / 8 = 0.375 = y_{A,V}$	Vapor
$y_{B,V} = n_{B,V} / n_{T,V} = 5 / 8 = 0.625 = y_{B,V}$	

$x_{A,L} = n_{A,L} / n_{T,L} = 6 / 10 = 0.6 = x_{A,L}$	Líquido
$x_{B,L} = n_{B,L} / n_{T,L} = 4 / 10 = 0.4 = x_{B,L}$	

$\varphi_V = n_{T,V} / n_T = 8 / 18 = 0.444 = \varphi_V$
$\varphi_L = n_{T,L} / n_T = 10 / 18 = 0.556 = \varphi_L$

Benzene / Toluene at 90.00 C By NRTL



★ Liquid ◆ Vapor

ELV binario

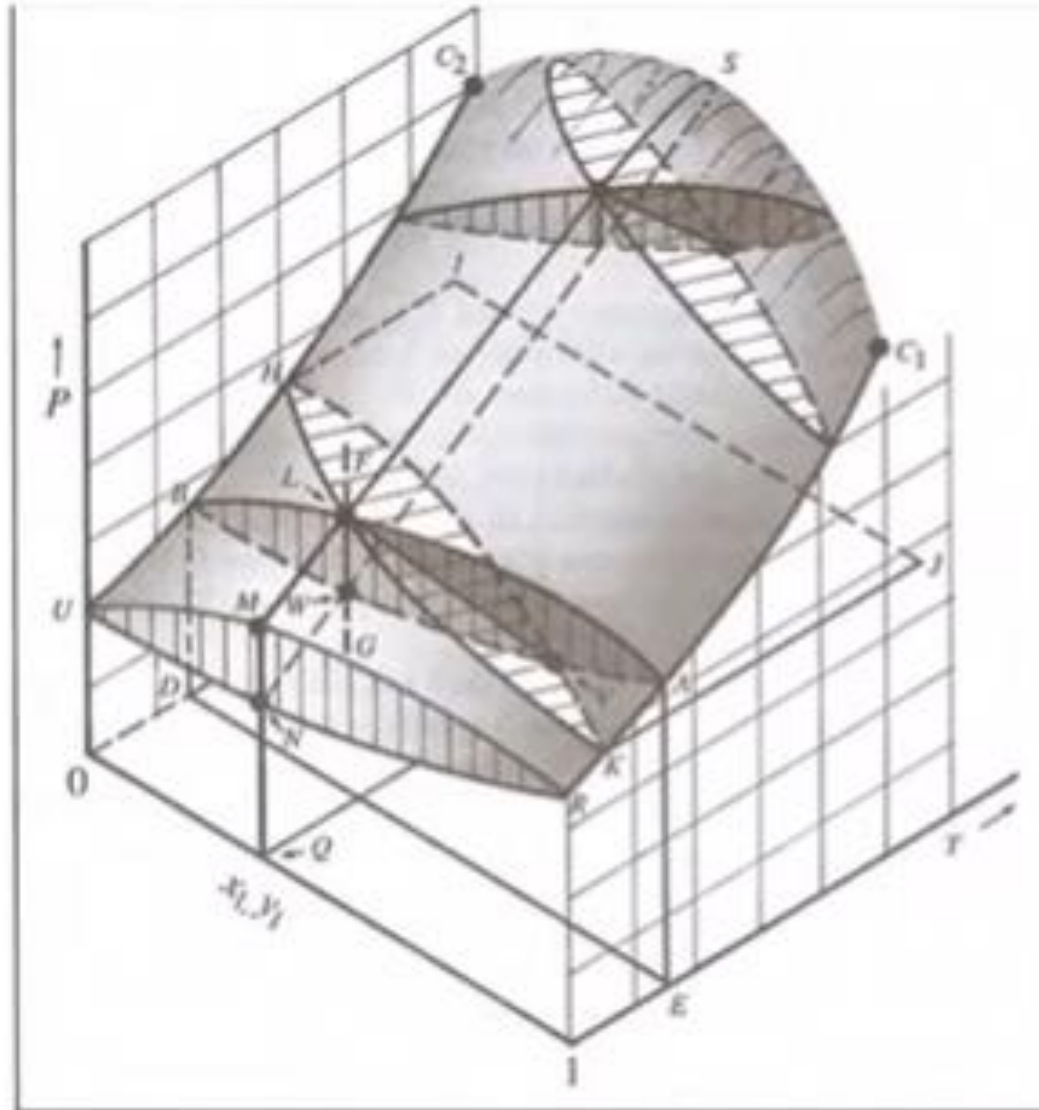
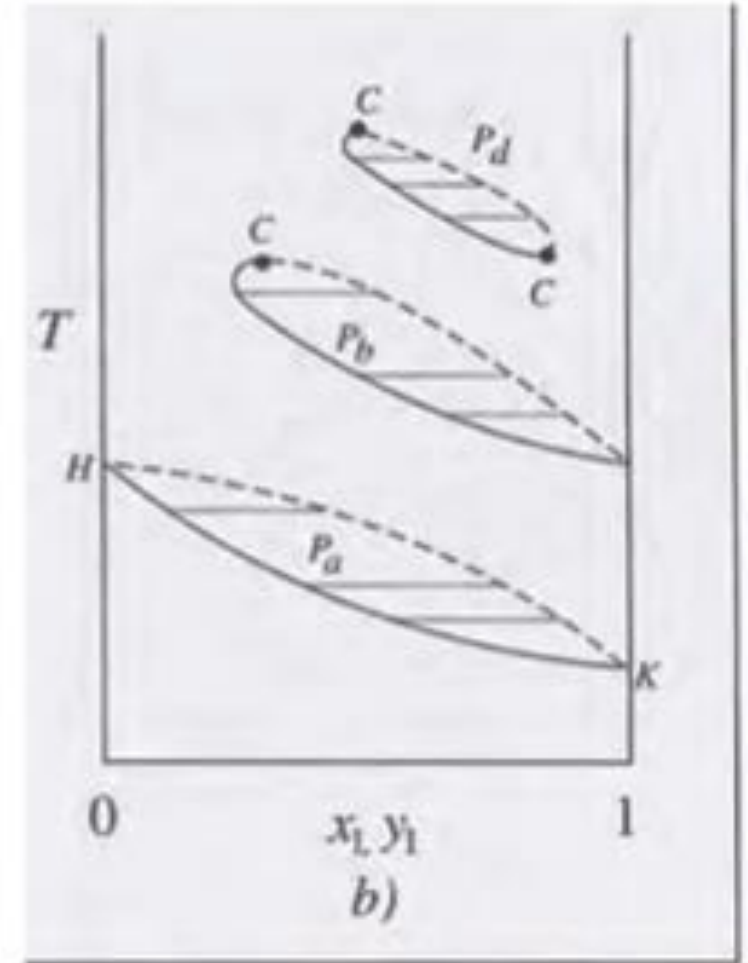


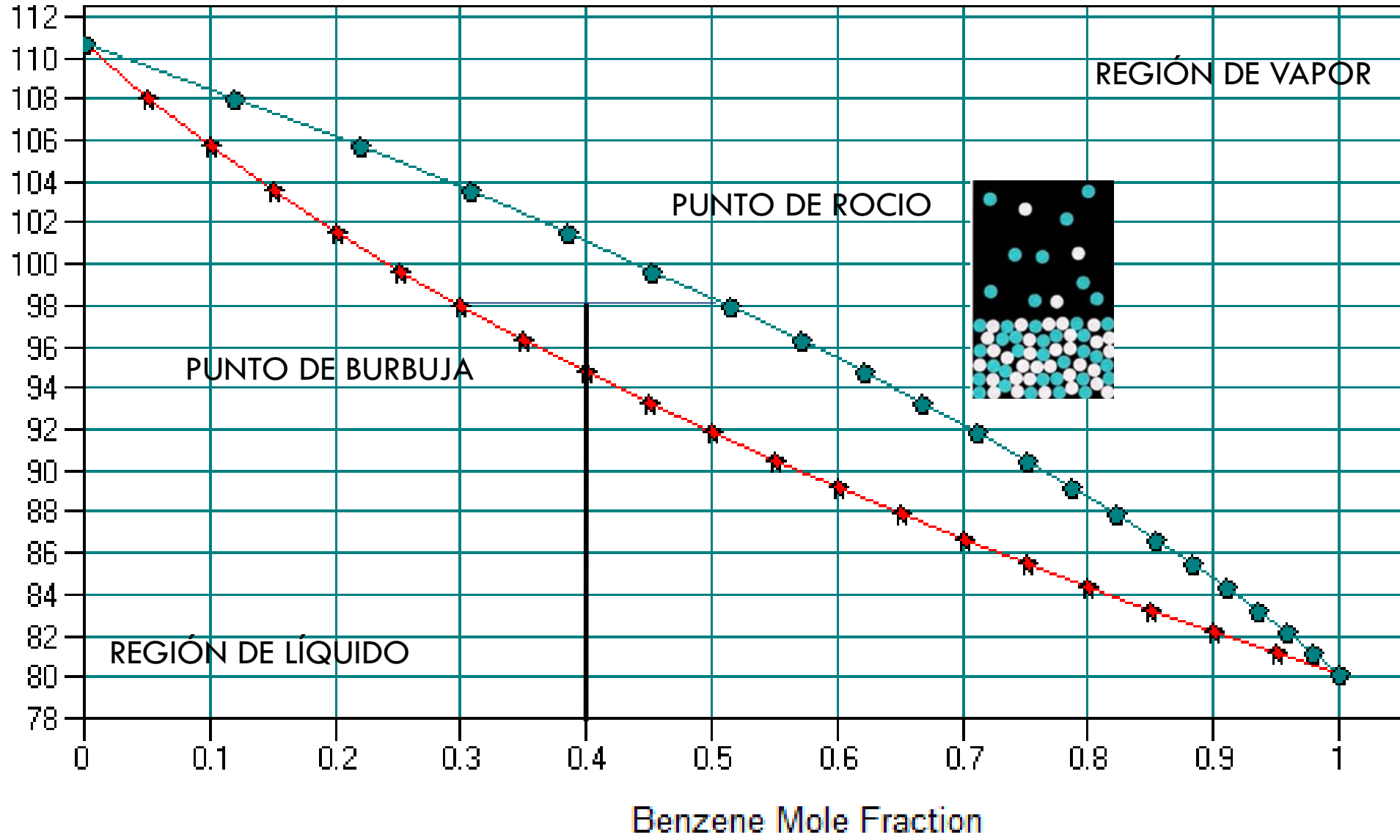
Figura 10.1: Diagrama $PTxy$ para el equilibrio vapor/líquido.

Diagramas Txy (a P constante)



aturas. b) Diagrama Txy para tres presiones.
- - - Vapor saturado (línea de rocío).

Temp C



ELV binario

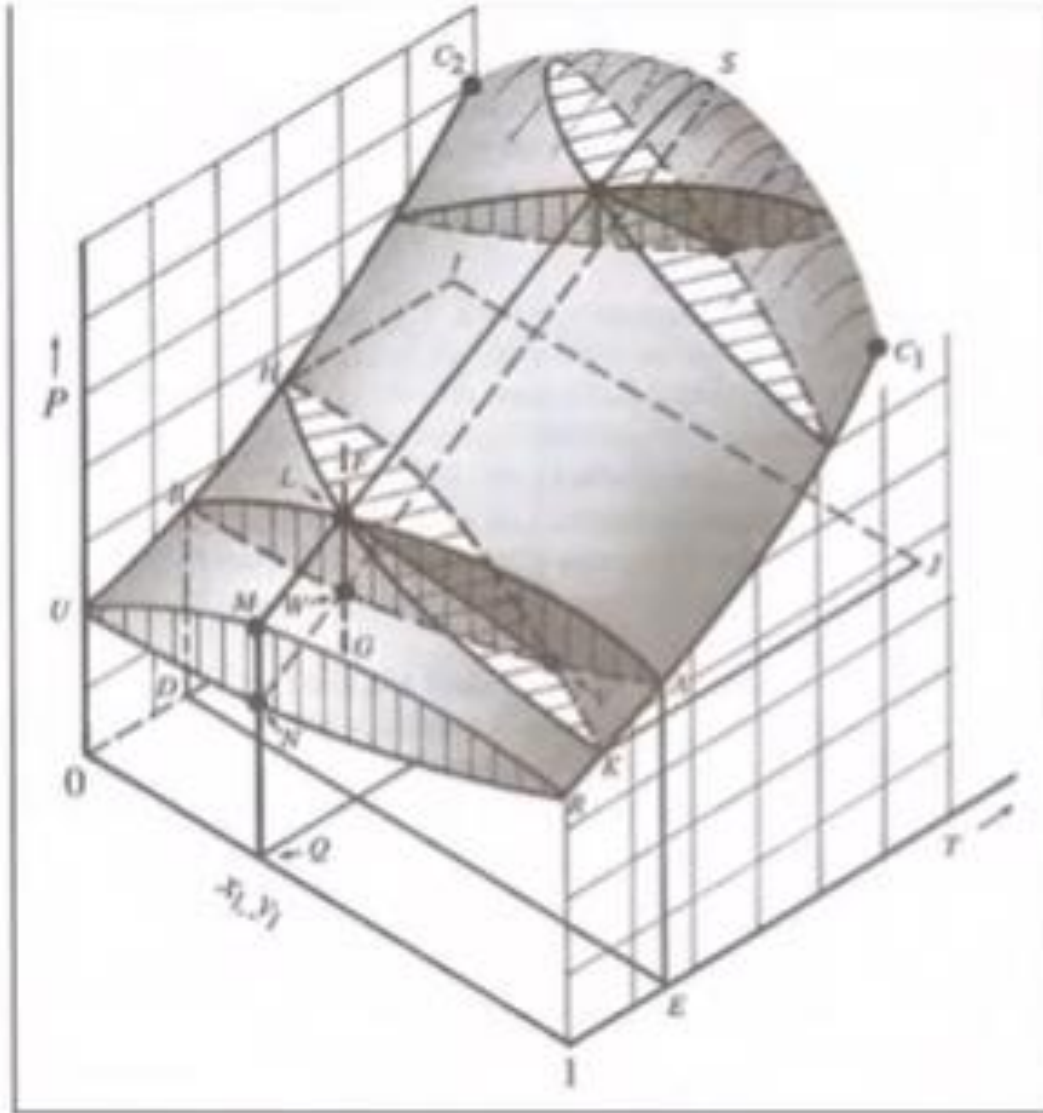


Figura 10.1: Diagrama *PTxy* para el equilibrio vapor/líquido.

Isopletas (envolventes de fase de z constante)

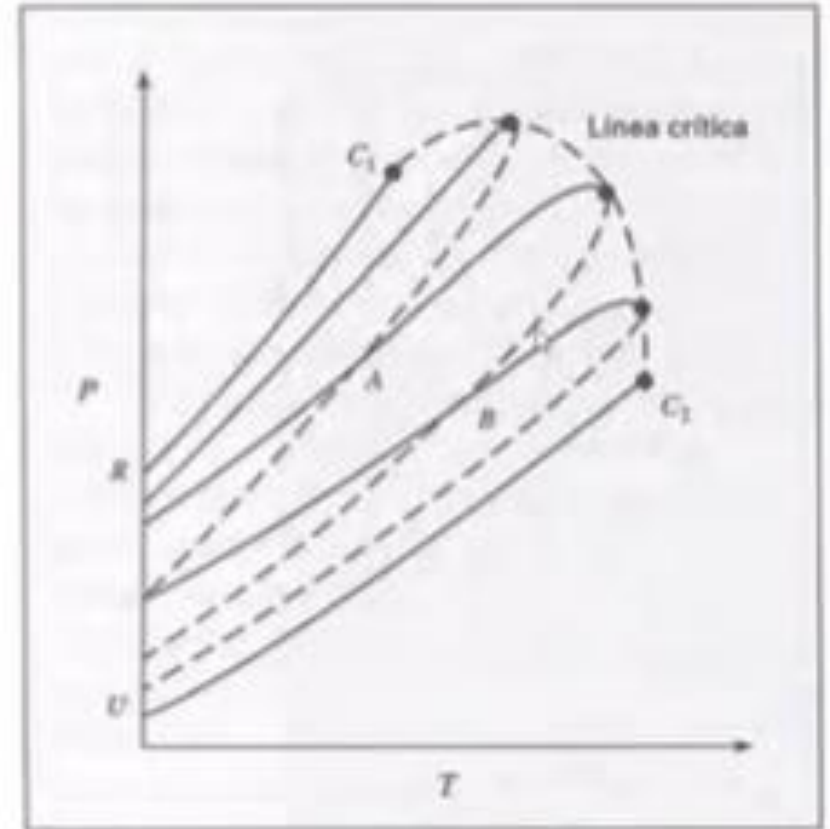


Figura 10.3: Diagrama *PT* para diferentes composiciones.

- Líquido saturado (línea de burbuja)
- - - Vapor saturado (línea de rocío)

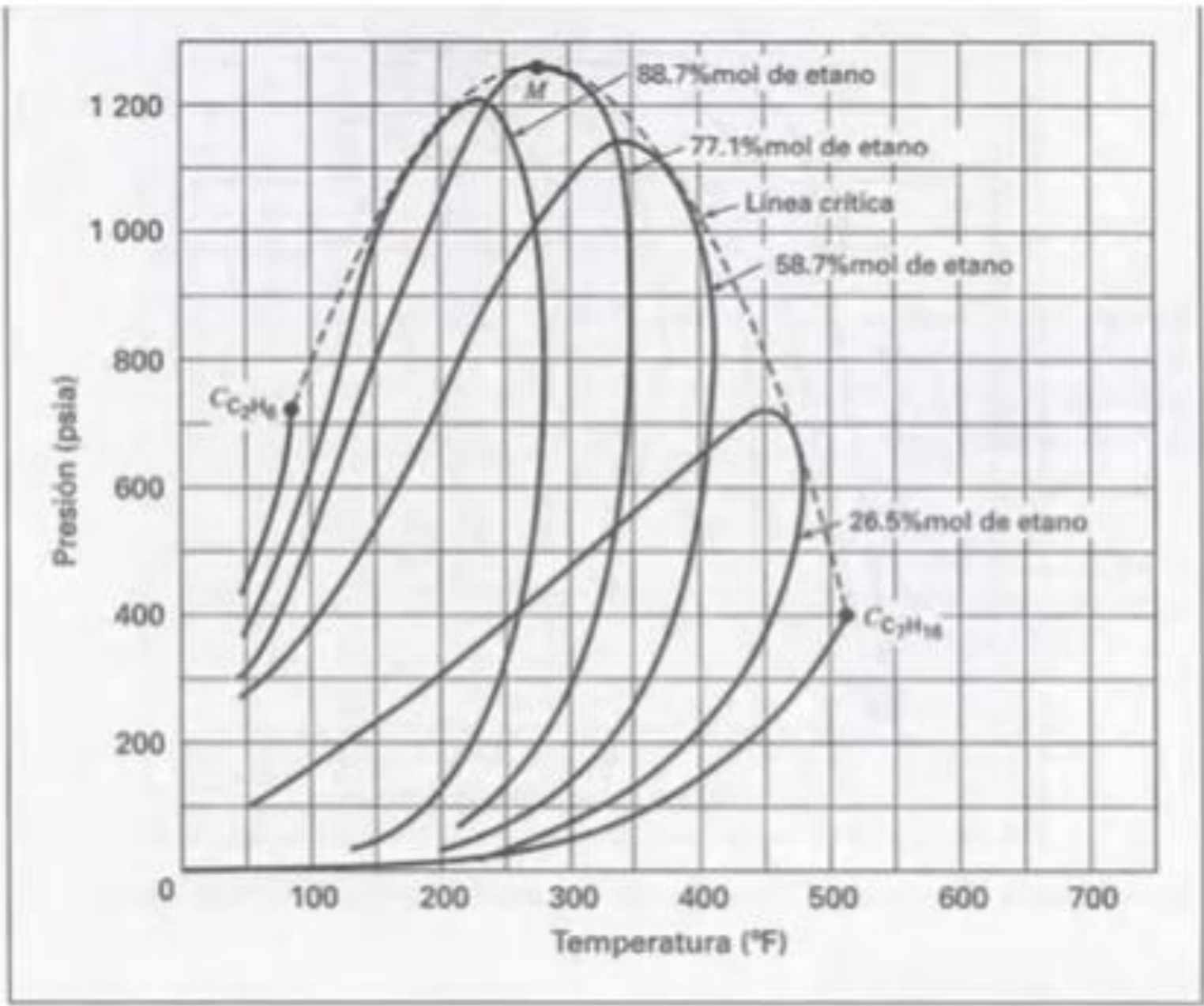
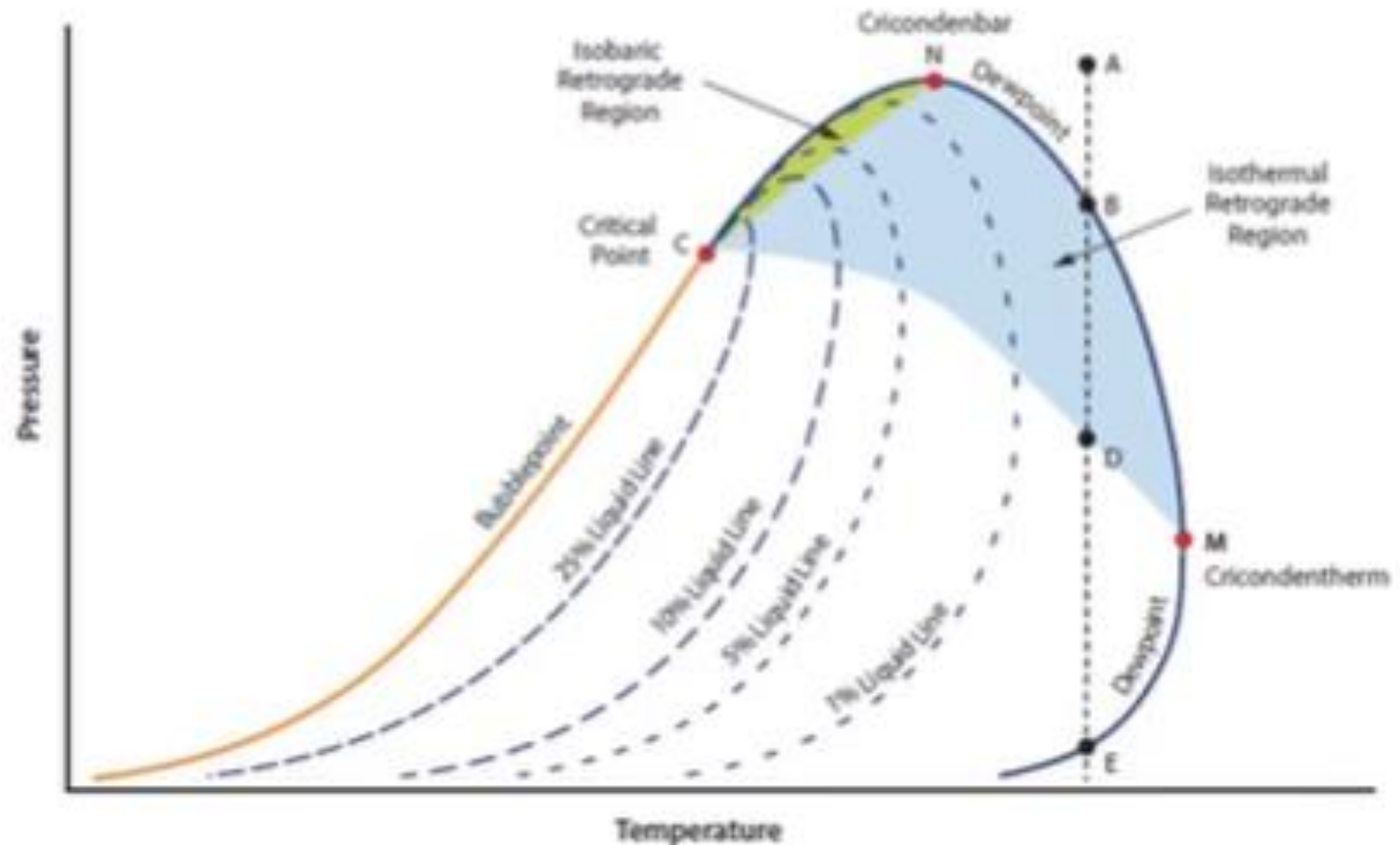


Figura 10.5: Etano/*n*-heptano: Diagrama *PT*. (Reproducido con autorización de F. H. Barr-David, *AIChE J.*, vol. 2, pp. 426-427, 1956.)

Equilibrio Líquido-Vapor

Diagrama isoplético (a x_A cte)

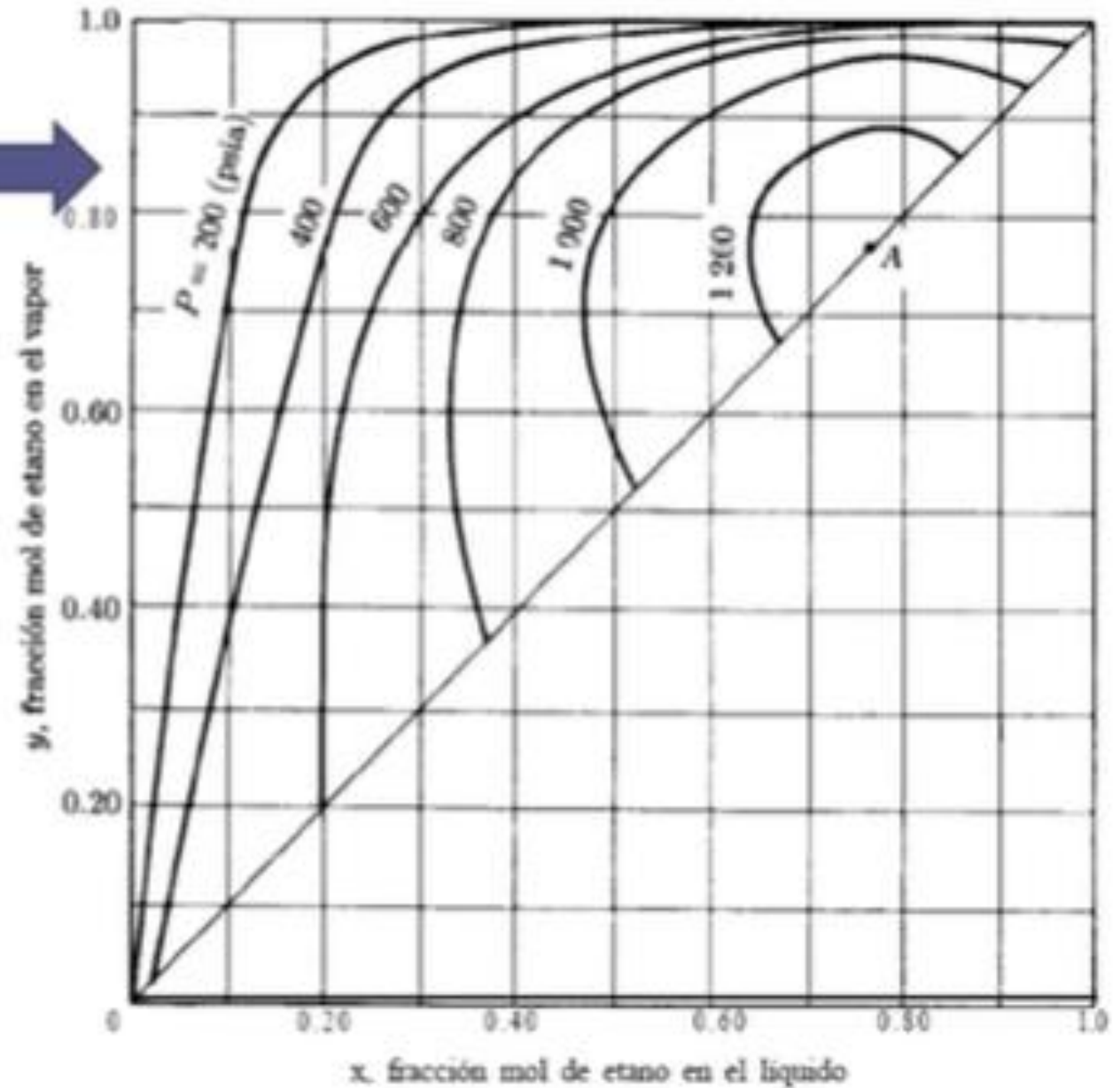
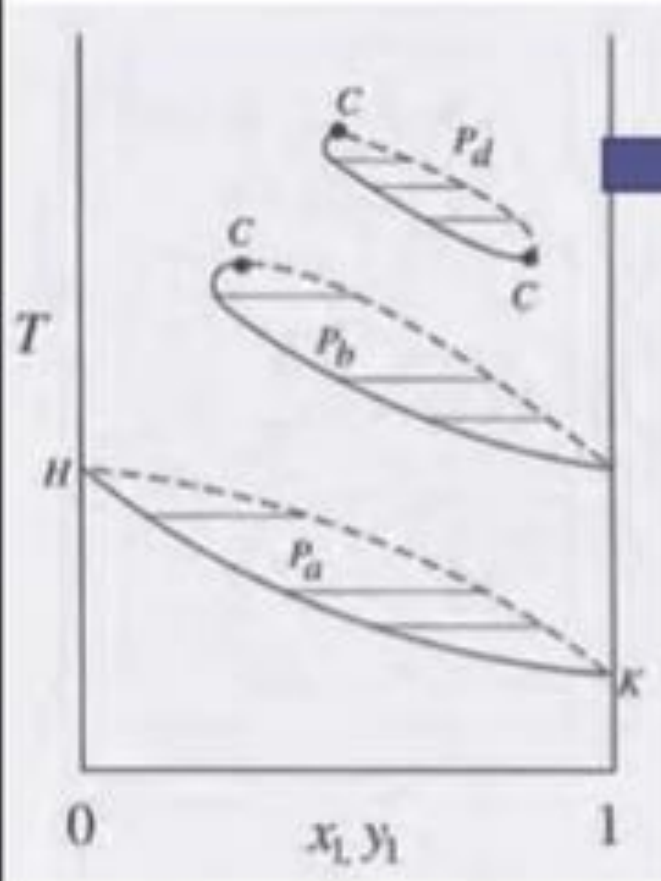
Condensación retrógrada



Línea Crítica (proyección P-T)



Diagrama y-x para isobaras



$$K_i = \frac{\text{fracción molar del componente } i \text{ en la fase vapor}}{\text{fracción molar del componente } i \text{ en la fase líquida}}$$

- $K_i = \frac{y_i}{x_i}$

- $K_j = \frac{y_j}{x_j}$

- VOLATILIDAD RELATIVA

- $\alpha_{i,j} = \frac{K_i}{K_j}$

- $\alpha_{i,j} = \frac{y_i x_j}{x_i y_j}$

- $\alpha_{i,j} > 1$

PARA DOS COMPONENTES Y VOLATILIDAD RELATIVA CONSTANTE

$$\alpha_{1;2} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{y_1 \times (1 - x_1)}{x_1 \times (1 - y_1)}$$

$$y_1 = \frac{\alpha_{1,2} x_1}{1 + (\alpha_{1,2} - 1)x_1}$$

CONSIDERANDO UN COMPORTAMIENTO IDEAL

$$p_i = x_i P_i^{\circ}$$

$$p_i = y_i P$$

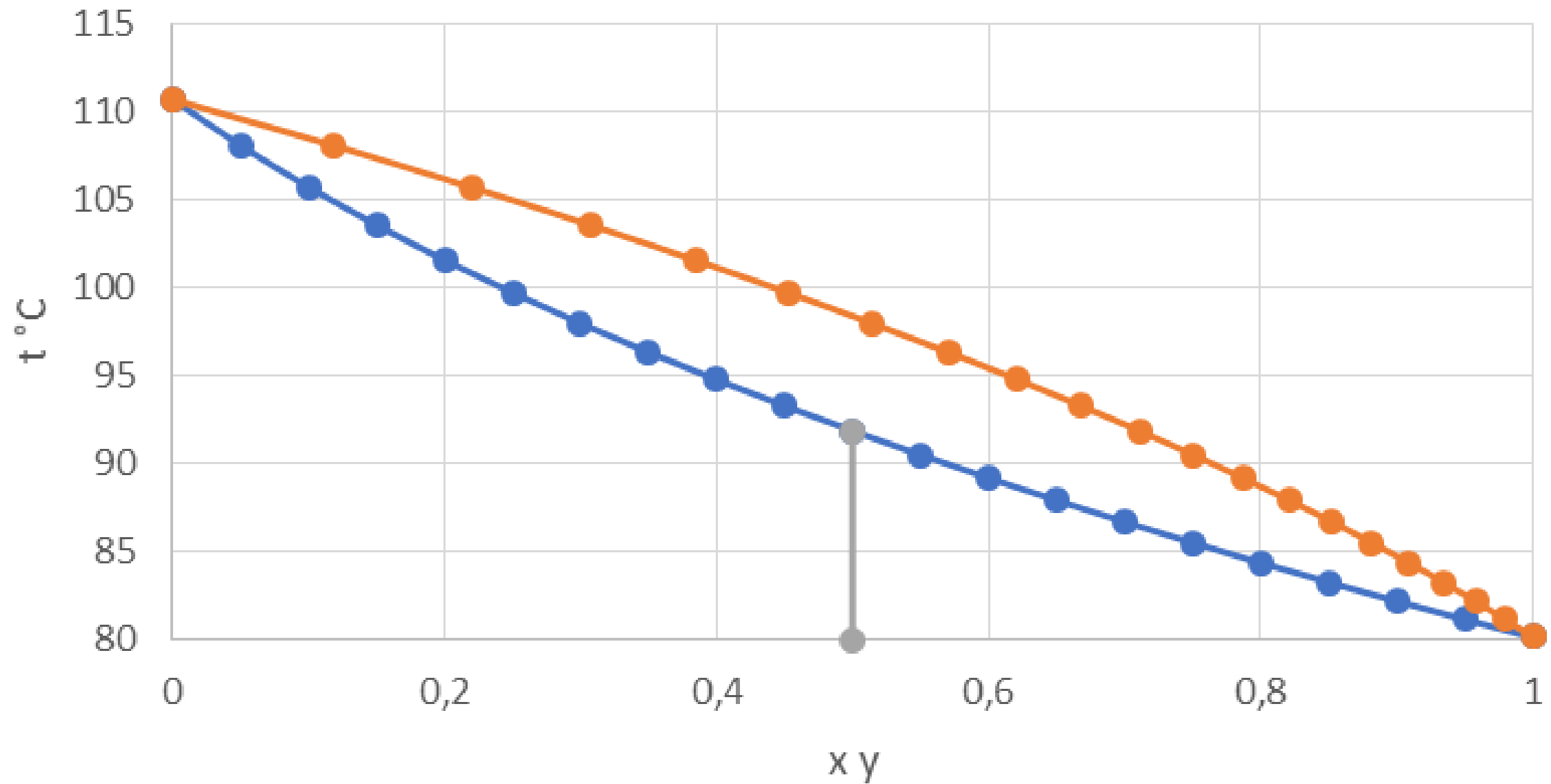
$$x_i = \frac{p_i}{P_i^{\circ}}$$

$$y_i = \frac{p_i}{P}$$

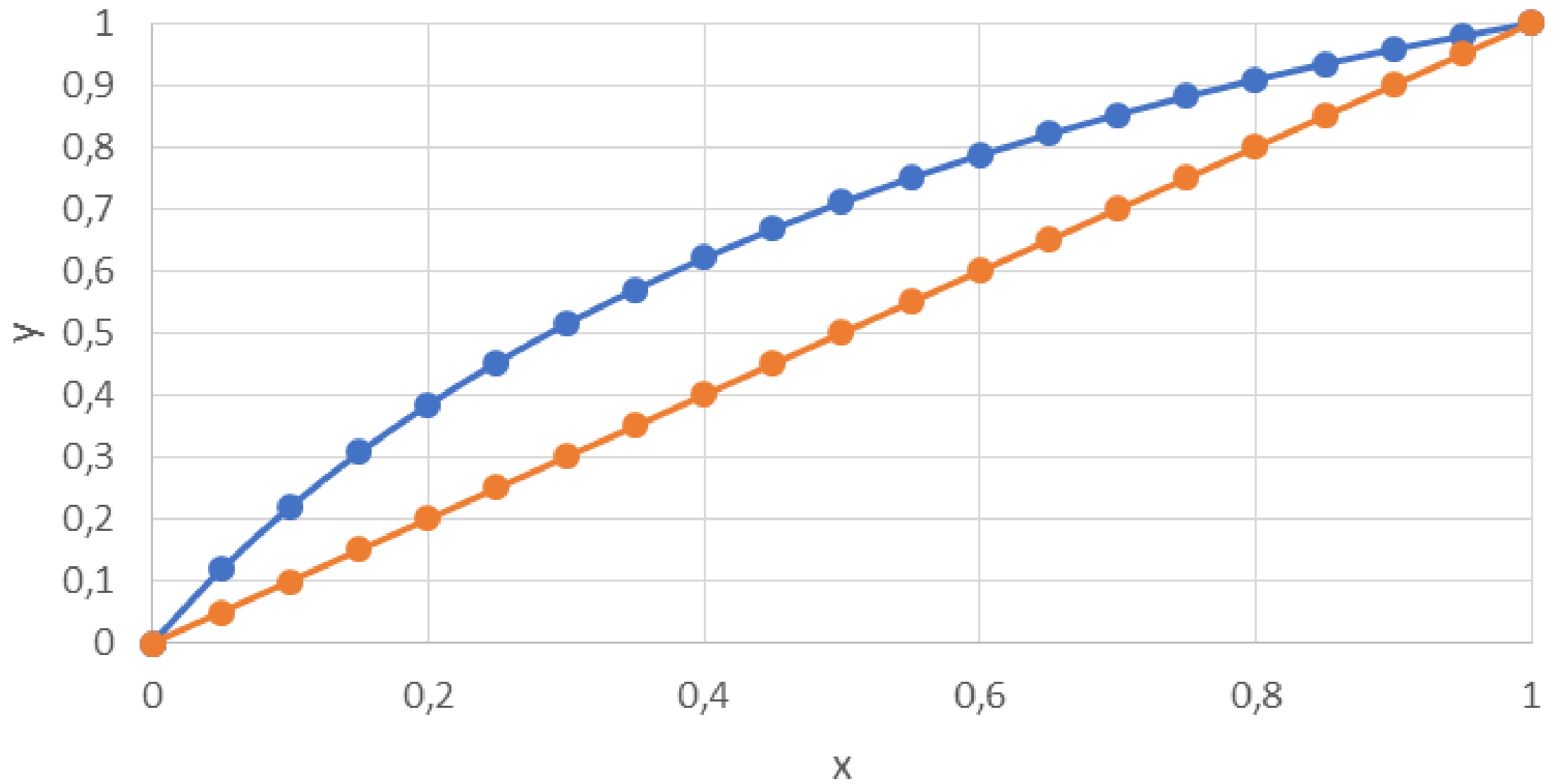
$$K_i = \frac{y_i}{x_i}$$

$$K_i = \frac{P_i^{\circ}}{P}$$

Tolueno Xileno P= 1 atm



Tolueno Xileno P = 1 atm



Una mezcla equimolar de benceno y tolueno se evapora a una temperatura de 90°C ¿Cuáles son las presiones de comienzo y finalización del proceso de vaporización?

Simulation: B_T

Date: 03/22/2020

Time: 15:37:27

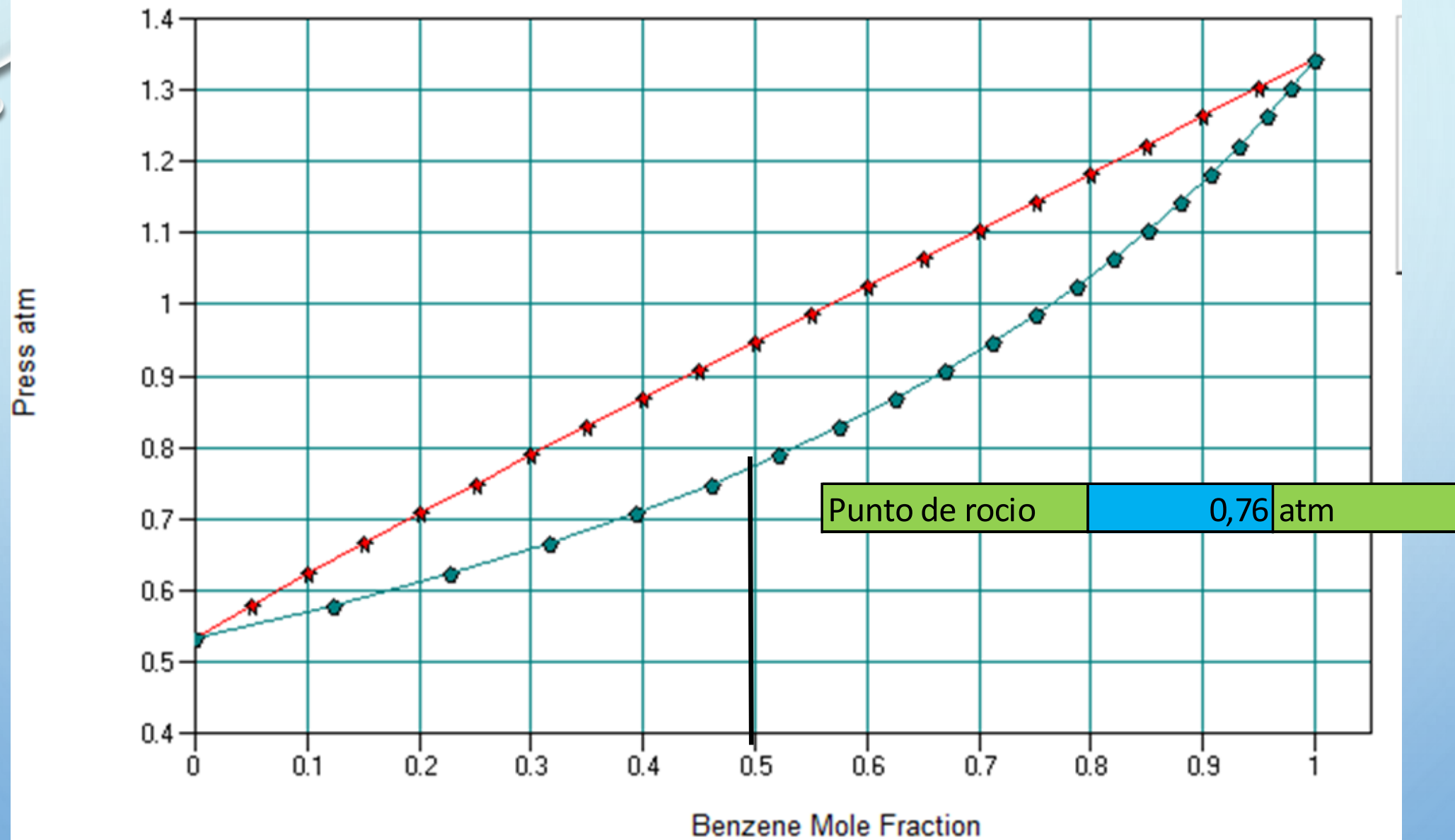
XY data for Benzene / Toluene

NRTL	Bij	Bji	Alpha	Aij	Aji	Cij	Cji	Dij	Dji
	-226.10	308.99	0.324	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Mole Fractions

T Deg C	P atm	X1	Y1	Gamma1	Gamma2	Phi1	Phi2
90.000	0.534	0.00000	0.00000	1.093	1.000	1.000	1.000
90.000	0.580	0.05000	0.12438	1.074	1.000	1.000	1.000
90.000	0.623	0.10000	0.22791	1.059	1.002	1.000	1.000
90.000	0.666	0.15000	0.31617	1.046	1.003	1.000	1.000
90.000	0.707	0.20000	0.39284	1.035	1.005	1.000	1.000
90.000	0.748	0.25000	0.46049	1.027	1.008	1.000	1.000
90.000	0.788	0.30000	0.52091	1.020	1.010	1.000	1.000
90.000	0.828	0.35000	0.57541	1.014	1.013	1.000	1.000
90.000	0.868	0.40000	0.62499	1.010	1.016	1.000	1.000
90.000	0.907	0.45000	0.67038	1.007	1.018	1.000	1.000
90.000	0.946	0.50000	0.71216	1.004	1.020	1.000	1.000
90.000	0.986	0.55000	0.75078	1.003	1.022	1.000	1.000
90.000	1.025	0.60000	0.78662	1.001	1.024	1.000	1.000
90.000	1.065	0.65000	0.81996	1.000	1.025	1.000	1.000
90.000	1.104	0.70000	0.85105	1.000	1.026	1.000	1.000
90.000	1.144	0.75000	0.88010	1.000	1.027	1.000	1.000
90.000	1.183	0.80000	0.90728	1.000	1.027	1.000	1.000
90.000	1.223	0.85000	0.93274	1.000	1.027	1.000	1.000
90.000	1.263	0.90000	0.95660	1.000	1.026	1.000	1.000
90.000	1.302	0.95000	0.97899	1.000	1.025	1.000	1.000
90.000	1.342	1.00000	1.00000	1.000	1.023	1.000	1.000

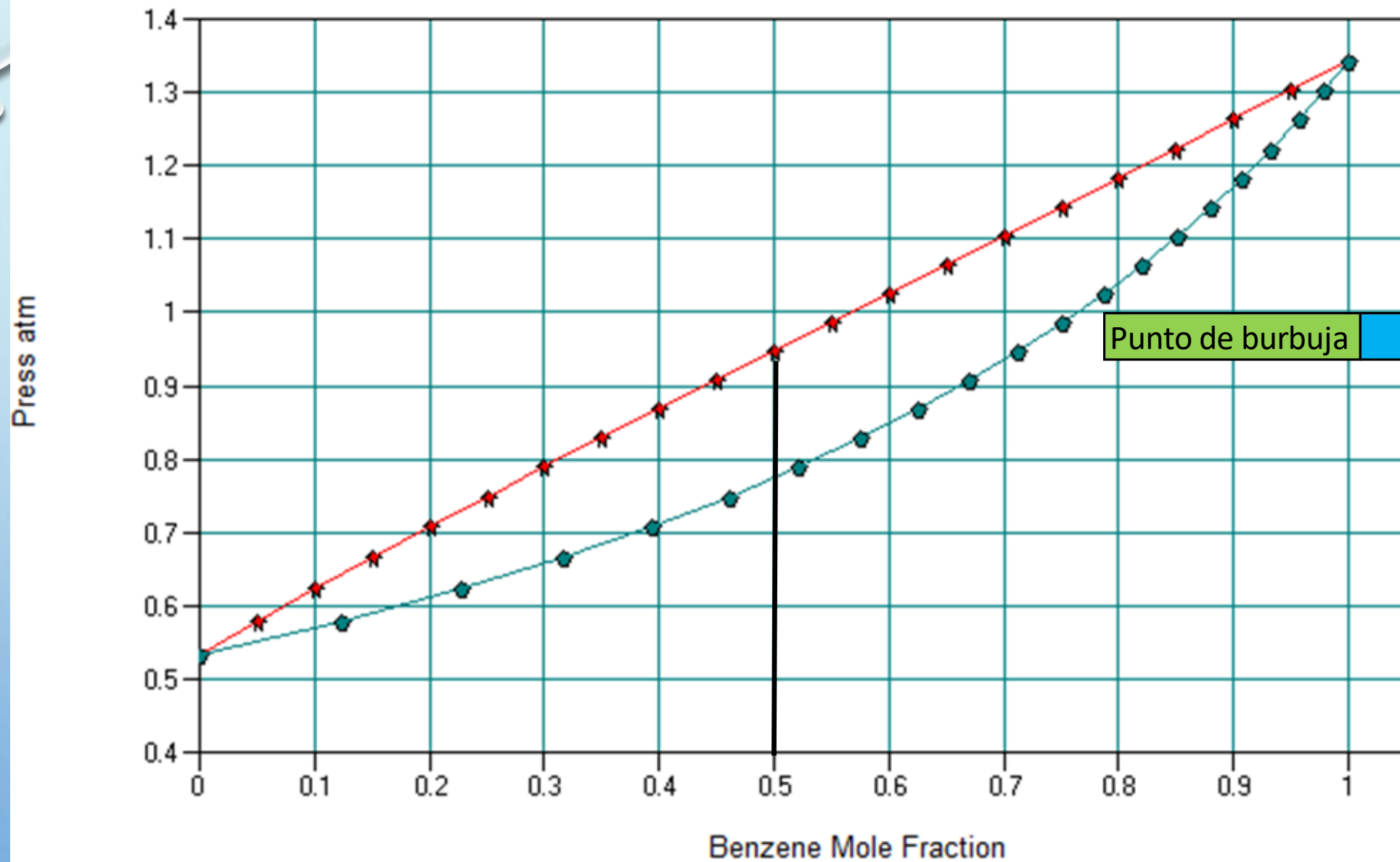
Benzene / Toluene at 90.00 C By NRTL



★ Liquid

◆ Vapor

Benzene / Toluene at 90.00 C By NRTL



Punto de burbuja 0,946 atm

★ Liquid

◆ Vapor

Una mezcla equimolar de benceno y tolueno se evapora a una presión de 760 mmHg ¿Cuales son las temperaturas de comienzo y fin de la vaporización?

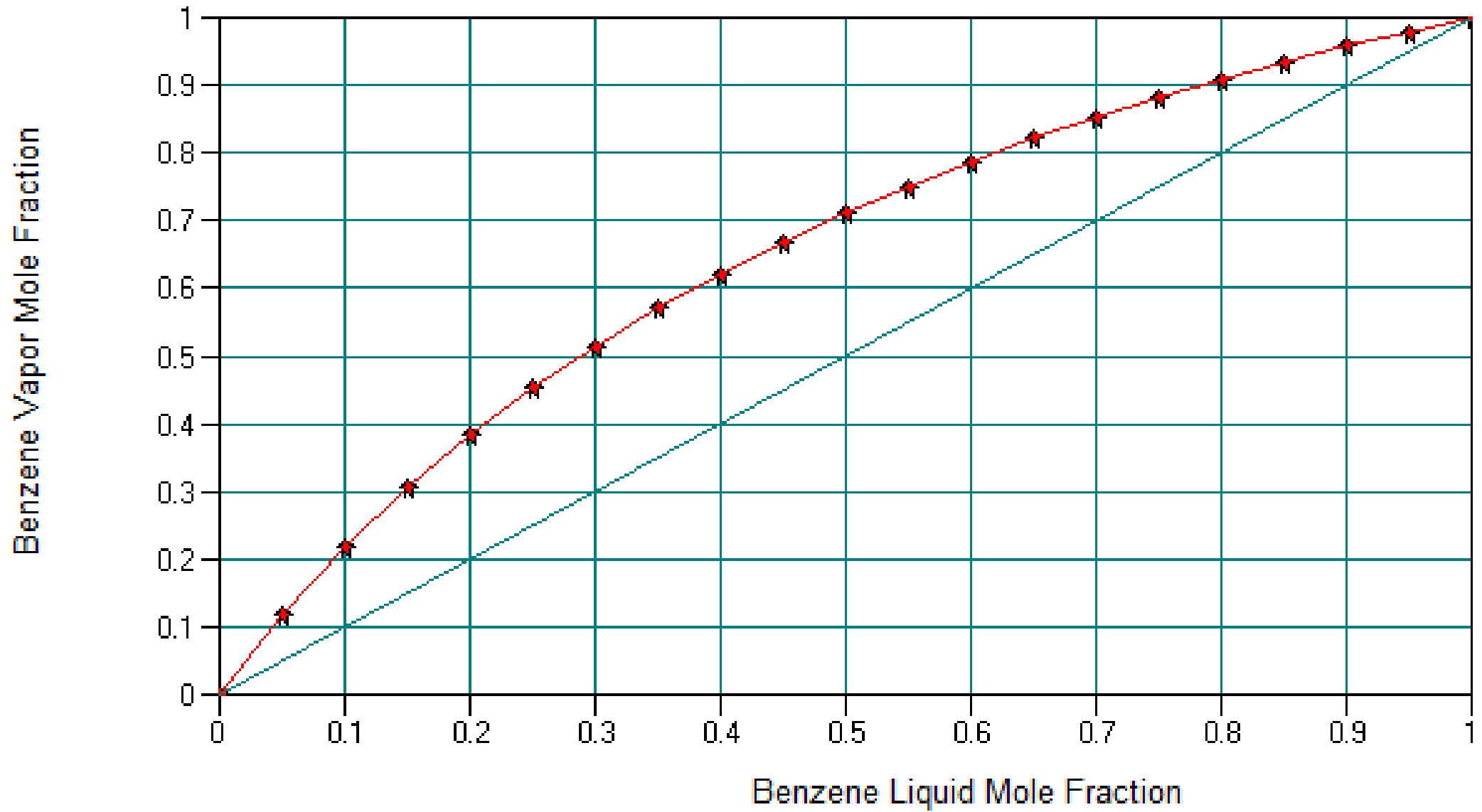
NRTL	Bij	Bji	Alpha	Aij	Aji	Cij	Cji	Dij	Dji
	-226.10	308.99	0.324	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Mole Fractions

T Deg C	P mmHg	X1	Y1	Gamma1	Gamma2	Phi1	Phi2
110.680	760.000	0.00000	0.00000	1.096	1.000	1.000	1.000
108.060	760.000	0.05000	0.11836	1.078	1.000	1.000	1.000
105.697	760.000	0.10000	0.21938	1.062	1.002	1.000	1.000
103.539	760.000	0.15000	0.30703	1.049	1.003	1.000	1.000
101.548	760.000	0.20000	0.38416	1.038	1.005	1.000	1.000
99.695	760.000	0.25000	0.45281	1.029	1.008	1.000	1.000
97.956	760.000	0.30000	0.51449	1.021	1.011	1.000	1.000
96.314	760.000	0.35000	0.57036	1.015	1.013	1.000	1.000
94.755	760.000	0.40000	0.62129	1.011	1.016	1.000	1.000
93.269	760.000	0.45000	0.66794	1.007	1.018	1.000	1.000
91.846	760.000	0.50000	0.71086	1.005	1.020	1.000	1.000
90.480	760.000	0.55000	0.75047	1.003	1.022	1.000	1.000
89.166	760.000	0.60000	0.78711	1.001	1.024	1.000	1.000
87.899	760.000	0.65000	0.82107	1.000	1.025	1.000	1.000
86.676	760.000	0.70000	0.85259	1.000	1.026	1.000	1.000
85.493	760.000	0.75000	0.88186	1.000	1.026	1.000	1.000
84.350	760.000	0.80000	0.90906	1.000	1.026	1.000	1.000
83.243	760.000	0.85000	0.93435	1.000	1.025	1.000	1.000
82.171	760.000	0.90000	0.95786	1.000	1.023	1.000	1.000
81.134	760.000	0.95000	0.97970	1.000	1.021	1.000	1.000
80.129	760.000	1.00000	1.00000	1.000	1.019	1.000	1.000

	FORMULA	A	B	C	Tmin	Tmax				
benzene	C6H6	6,90565	1211,033	220,79	-16	104				
toluene	C7H8	6,95464	1344,8	219,482	6	136				
	°C	K								
Temperatura:	92,112	365,262	$\log_{10} P_{\text{vap}} = A - [B / (T^{\circ}\text{C} + C)] \text{ mmHg}$							
$P_{V \text{ BEN}} =$	1084,73384		$X_{\text{BEN}} =$	0,5	0,5	$Y_{\text{BEN}} =$	0,714	$P_{\text{BEN}} =$	542,367	
$P_{V \text{ TOL}} =$	435,278706		$X_{\text{TOL}} =$	0,5	0,5	$Y_{\text{TOL}} =$	0,286	$P_{\text{TOL}} =$	217,639	
					1		1,000			
$P =$	760									
$P_C =$	760,01									

Benzene / Toluene at 760.00 mmHg By NRTL



★ XY Data

CÁLCULO DEL PUNTO DE ROCÍO Y DE BURBUJA SISTEMAS MULTICOMPONENTES:

$$\sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{K_i} = 1$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n K_i x_i = 1$$

EQUILIBRIO LÍQUIDO VAPOR EN SISTEMAS SEMI IDEALES

$$K_i = \frac{y_i}{x_i} = \frac{\gamma_i^L f_{i;L}^0}{\phi_i^V P}$$

$\gamma_i^L =$ *Coeficiente de actividad*

$\phi_i^L =$ *fugacidad*

$f_i^L =$ *fugacidad del líquido en estado de referencia*

$f_i^L \rightarrow P_{Vi}$ *a bajas presiones*

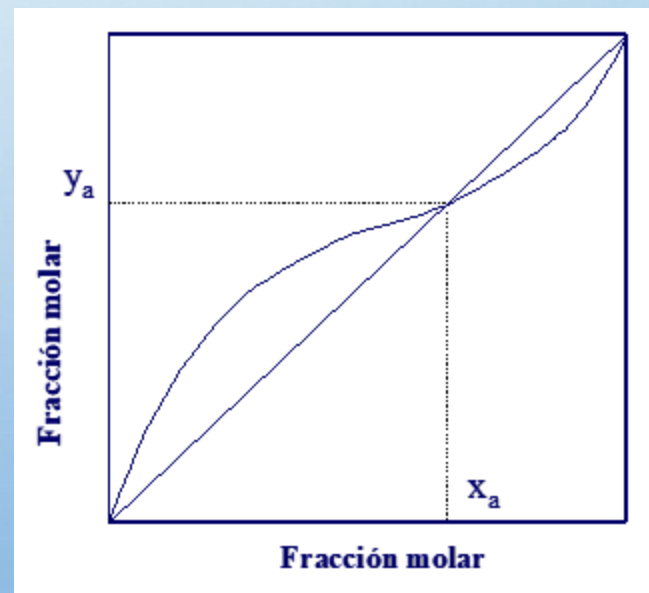
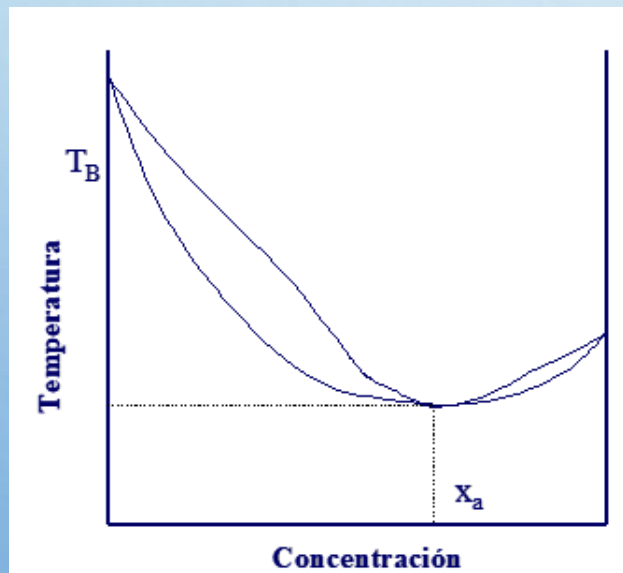
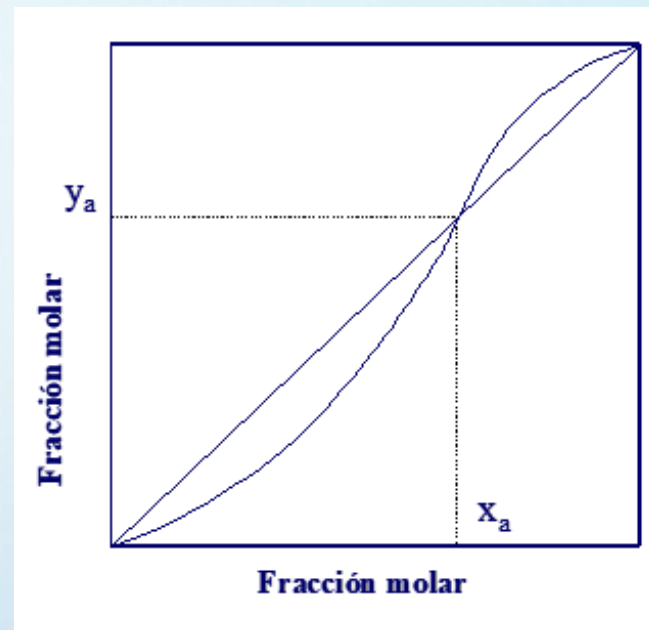
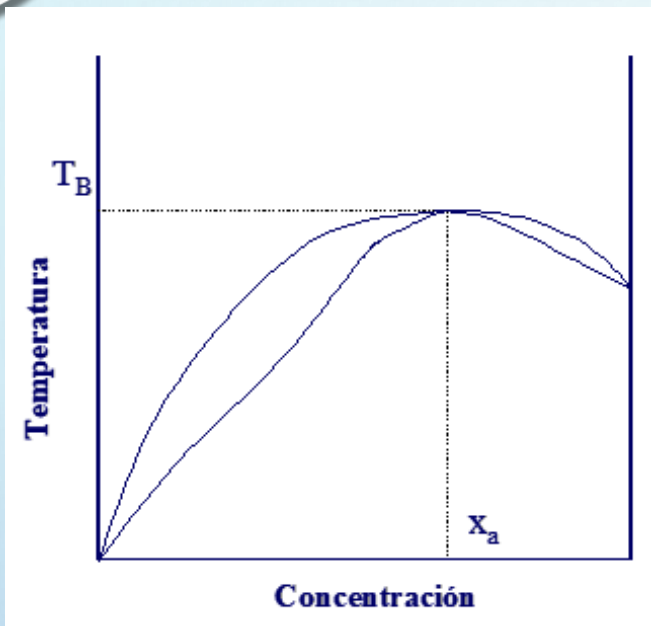
$$K_i = \frac{P_{Vi}}{P}$$

CONDICIONES QUE SEPARAN DE LA IDEALIDAD

Clase	Descripción	Ejemplos
I	Moléculas capaces de formar redes tridimensionales de átomos ligados por puentes de hidrógeno fuertes	Agua, glicerina, alcoholes que contengan grupos amina, hidroxilaminas, hidroxiaácidos y aminas en general
II	Otras moléculas conteniendo átomos activos de hidrógeno combinados con átomos donantes de electrones (O, N, F).	Alcoholes, ácidos, fenoles, aminas primarias y secundarias, oximas, compuestos de nitrógeno con grupos nitro y nitrilo con átomos de hidrógeno α , amoníaco, hidrazina, fluoruro de hidrógeno y cianuro de hidrógeno
III	Moléculas conteniendo átomos donantes de electrones pero no átomos activos de hidrógeno.	Eteres, cetonas, aldehidos, ésteres, aminas terciarias incluyendo el tipo piridínico y compuestos de nitrógeno con grupos nitro y nitrilo sin átomos de hidrógeno α .
IV	Moléculas que contienen átomos de hidrógeno activos pero no dadores, que contienen además dos o tres átomos de cloro en el mismo átomo de carbono en que tiene un átomo de hidrógeno, o un átomo cloror en el mismo átomo de carbono y uno o más átomos de cloro en átomos de carbono adyacentes.	CHCl_3 , CH_2Cl_2 , CH_3CHCl_2 , $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$...
V	Todas las otras moléculas que no contienen ni átomos activos de hidrógeno ni átomos donantes de electrones.	Hidrocarburos, disulfuro de carbono, sulfuros, mercaptanos y halohidrocarburos que no figuran en la Clase IV.

CONDICIONES QUE SEPARAN DE LA IDEALIDAD

Tipo de Desviación	Clases	Efecto sobre el puente de H
Siempre negativa	III+IV	Sólo se forman puentes de H
Casi ideal; siempre positivas o ideal	III+III III+V IV+IV IV+V V+V	No hay puentes de H involucrados
Usualmente positiva, pero algunas negativas	I+I I+II II+II II+III	Se forman y rompen puentes de H débiles
Siempre positiva	I+IV (frecuentemente con solubilidad limitada) II+IV	Se forman y rompen puentes de H, pero la disociación de clase I y II es el efecto más importante.
Siempre positiva	I+V II+V	Sólo se rompen puentes de H.



The background is a light blue gradient. There are several realistic water droplets of various sizes in the corners: top-left, top-right, and bottom-right. The central text is in a bold, black, sans-serif font.

FIN ENCUENTRO I