



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Química

Guía Lixiviación control 2 IQ46B 2004

Rodrigo Caro E. ¹

¹ Dudas o reclamos a rcaro@ing.uchile.cl

Lixiviación.

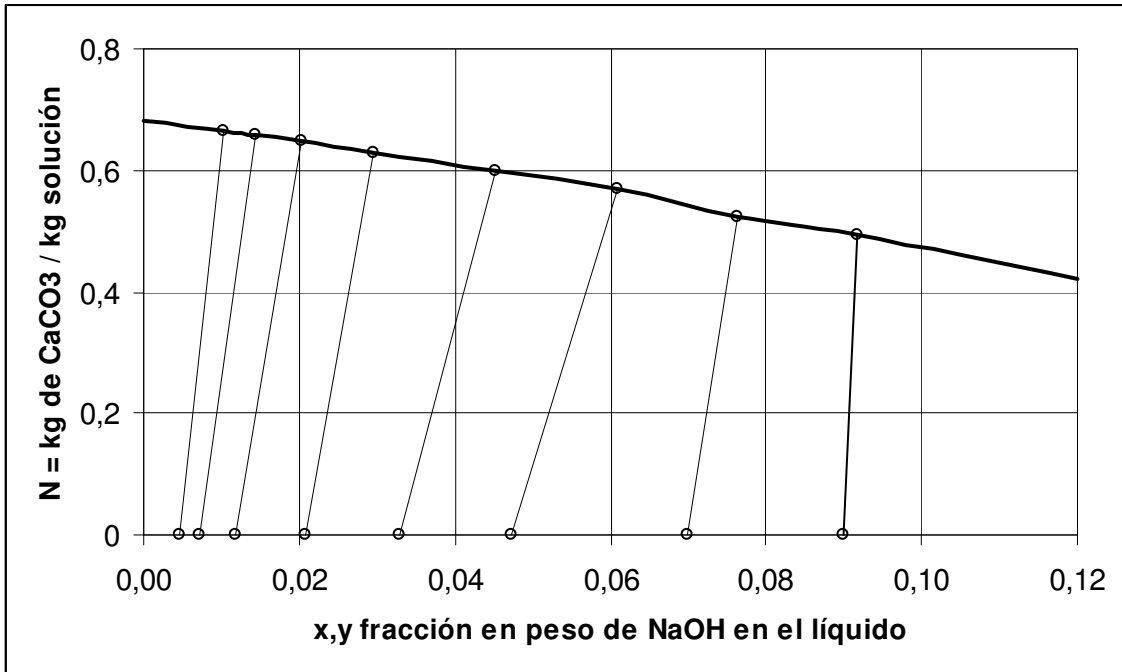
PROBLEMA 1

Se va a preparar sosa cáustica mediante el tratamiento de hidróxido de calcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, con una solución de carbonato de sodio. La suspensión resultante consiste en partículas de carbonato de calcio, CaCO_3 , suspendidas en una solución 10% de hidróxido de sodio, NaOH, 0,125 kg. sólido suspendido / kg. solución. Ésta se sedimenta, la solución clara de hidróxido de sodio se separa y se reemplaza por un peso igual de agua y la mezcla se agita perfectamente. Después de repetir el proceso (un total de dos lavados con agua fresca) ¿qué fracción de la sosa cáustica original en la suspensión permanece sin recuperar y se pierde en el lodo? Las características de sedimentación de la suspensión, determinadas en condiciones que representan la práctica por seguir en el proceso, muestran que hay adsorción en el sólido, con la siguiente información experimental.

x = fracción peso NaOH en sol. clara	N = kg CaCO_3 /kg sol. en el lodo sedimentado	y* = fracción peso NaOH en sol. del lodo sedimentado
0,0900	0,495	0,09170
0,0700	0,525	0,07620
0,0473	0,568	0,06080
0,0330	0,600	0,04520
0,0208	0,630	0,02950
0,0119	0,650	0,02040
0,0071	0,659	0,01435
0,0045	0,666	0,01015

Solución problema 1

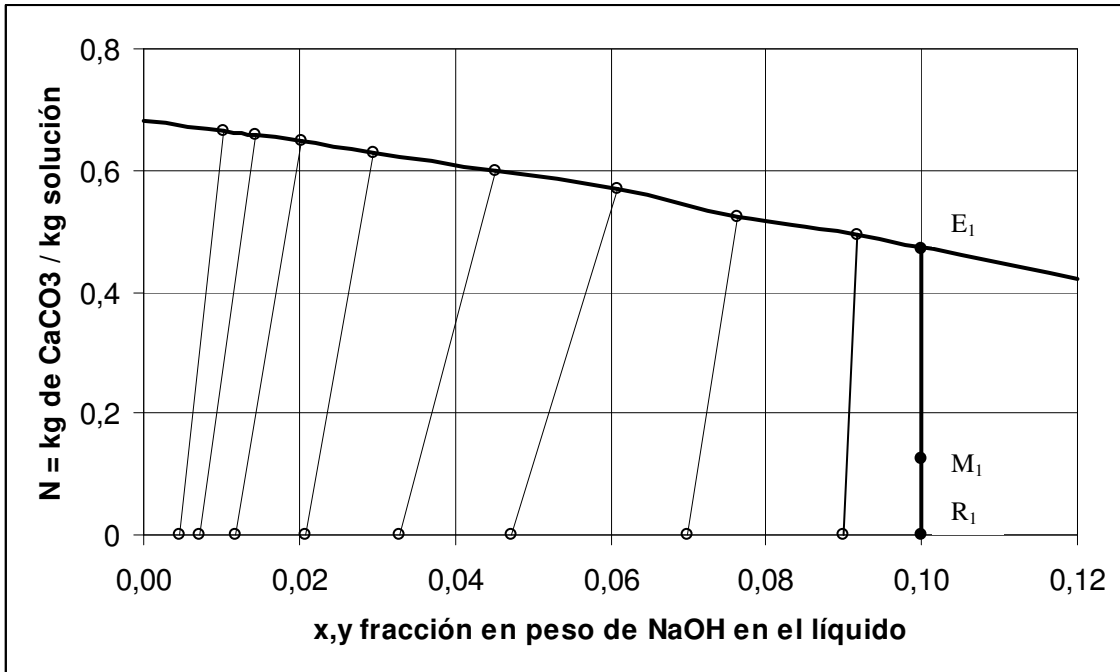
Los datos de equilibrio se grafican en la siguiente figura. Se toman como base de cálculo, 1 kg de solución de la mezcla original, que contiene 0,1 kg de NaOH (C) y 0,9 kg de agua (A). B = 0,125 kg de CaCO_3 .



La mezcla original corresponde a M_1 con $N_{M1} = 0,125$ kg CaCO_3 / kg solución; $y_{M1} = 0,10$ kg NaOH / kg. sol. M_1 se grafica en la figura y se traza la línea de unión a través de este punto. En el punto E_1 que representa el lodo sedimentado, $N_1 = 0,47$, $y_1 = 0,10$. Utilizando la ecuación correspondiente se tiene:

$$E_1 = \frac{B}{N_1} = \frac{0,125}{0,470} = 0,266 \text{ kg sol. en el lodo}$$

$$R_1 = 1 - E_1 = 1 - 0,266 = 0,734 \text{ kg de sol. clara}$$



Etapla 2: $R_0 = 0,734$ kg de agua agregada, $x_0 = 0$ kg NaOH /kg sol. El balance de masa global en esta etapa será:

$$M_2 = E_1 + R_0 = E_2 + R_2 = 0,266 + 0,734 = 1,0 \text{ kg de líquido.}$$

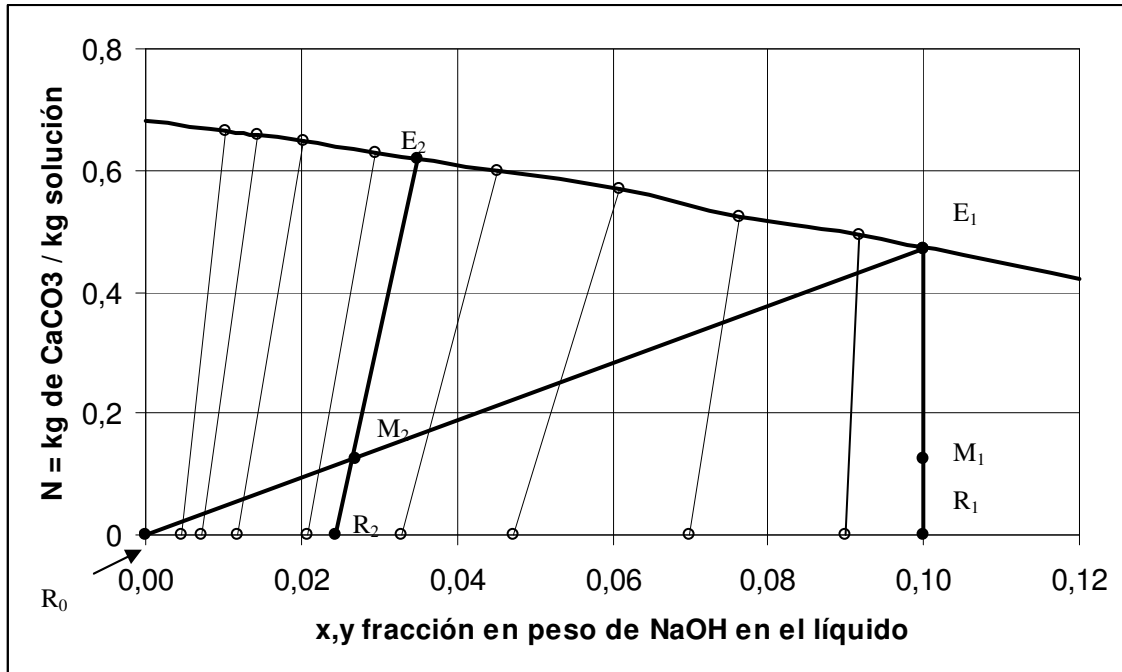
Luego podemos determinar el punto M_2 :

$$N_{M_2} = \frac{B}{E_1 + R_0} = \frac{B}{M_2} = \frac{0,125}{1,00} = 0,125$$

El punto M_2 se localiza sobre la línea R_0E_1 en su valor de N y se traza la línea de unión a través de M_2 . En E_2 , $N_2 = 0,62$, $y_2 = 0,035$, y además:

$$E_2 = \frac{B}{N_2} = \frac{0,125}{0,620} = 0,202 \text{ kg sol. en el lodo}$$

$$R_2 = 1 - E_2 = 1 - 0,202 = 0,798 \text{ kg de sol. clara}$$



Etapla 3: $R_0 = 0,798$ kg de agua agregada, $x_0 = 0$ kg NaOH /kg sol. El balance de masa global en esta etapa será:

$$M_3 = E_2 + R_0 = 0,202 + 0,798 = 1,0 \text{ kg de líquido.}$$

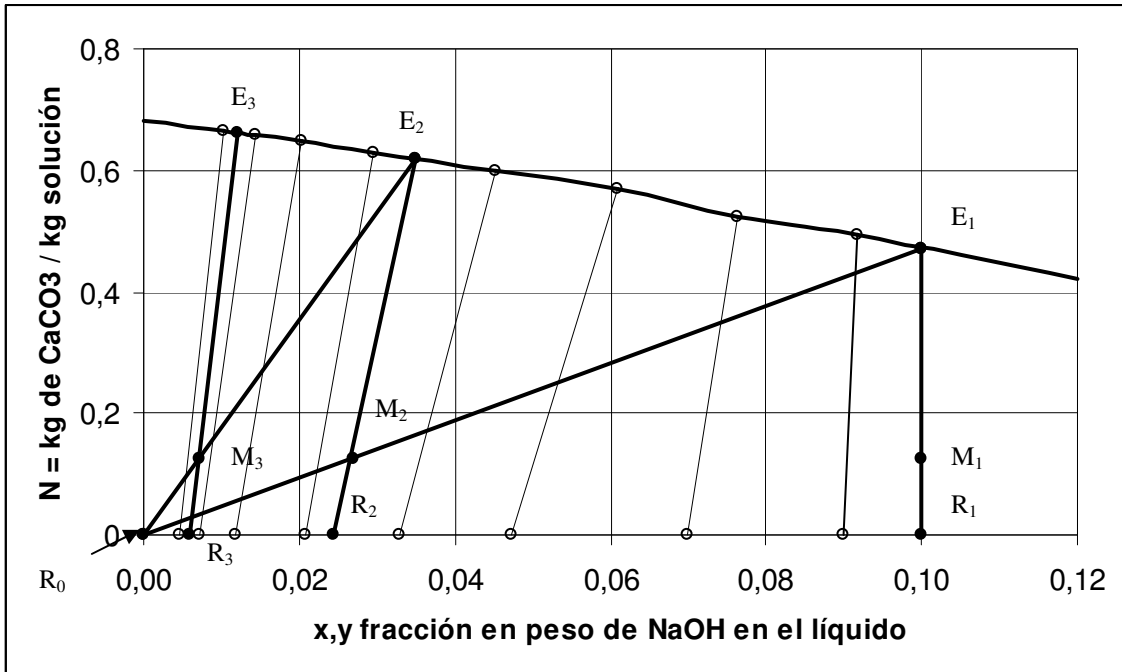
Luego podemos determinar el punto M_3 :

$$N_{M_3} = \frac{B}{M_3} = \frac{0,125}{1,00} = 0,125$$

El punto M_3 se localiza sobre la línea R_0E_2 en su valor de N y se traza la línea de unión a través de M_3 . En E_3 , $N_3 = 0,662$, $y_3 = 0,012$, y además:

$$E_3 = \frac{B}{N_3} = \frac{0,125}{0,662} = 0,189 \text{ kg sol. en el lodo}$$

$$R_3 = 1 - E_3 = 1 - 0,189 = 0,811 \text{ kg de sol. clara}$$



Para la solución en el lodo final se tiene $E_3 \times y_3 = 0,189 \times 0,012 = 0,00227$ kg NaOH en el lodo, ó bien en términos relativos $(0,00227 / 0,1) \times 100 = 2,27\%$ del original.

PROBLEMA 2

Un sistema continuo en contracorriente de multiples etapas es usado para lixiviar aceite de comida (harina) desde solvente benzeno (B3). En este proceso se tratarán 2000 Kg/h de un sólido (harina) inerte (B) que contiene 800 Kg de aceite (A) y 50 Kg de benzeno (C). El flujo de entrada por hora de la mezcla de solvente fresco contiene 1310 Kg de benzeno y 20 Kg de aceite. El sólido lixiviado contiene 120 Kg de aceite. Eperimentos similares al descrito en el mismo extractor muestran que la solución retenida depende e la concentración de aceite en la solución. Los datos (B3) son tabulados como N Kg de sólido inerte B / Kg de solución y, y_A Kg de aceite A/Kg de solución.

N	2	1,98	1,94	1,89	1,82	1,75	1,68	1,61
y_A	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Calcule la cantidad y concentración del flujo de salida y el número de etapas requeridas en el proceso.

Solución problema 2.

Los datos de la tabla son graficados en la **Figura 1** como N v/s y_A .

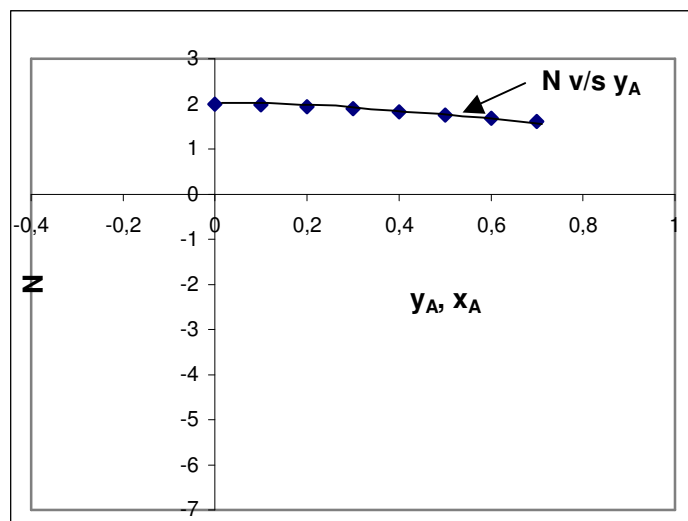


Figura 1

I) En la solución de entrada con sólidos:

$L_0 = 800 + 50 = 850 \text{ Kg/h}$ (flujo de aceite (A) + flujo de solvente benzeno (C) en B)

$y_{A0} = 800 / (800+50) = 0,941$ (Kg (A)/ (Kg (A) + Kg (C))) ¡en flujo de entrada de sólido!

$B = 2000 \text{ Kg/h}$ (flujo de sólido a tratar)

$N_0 = 2000 / (800 + 50) = 2,36$ (flujo de B a tratar / (flujo (A) + flujo (C)))

II) En la solución de entrada de solvente lixivante:

$V_{N+1} = 1310 + 20 = 1330 \text{ Kg/h}$ (flujo de solvente fresco)

$x_{AN+1} = 20 / 1330 = 0,015$ (Kg (A) / (Kg (A) + Kg (C))) ¡en flujo de entrada de solvente!

$N_{N+1} = 0$

III) Los puntos V_{N+1} y L_0 son graficados en la **Figura 2**.

L_0	N_0	y_{A0}
	2,36	0,941
V_{N+1}	N_{N+1}	x_{AN+1}
	0	0,015

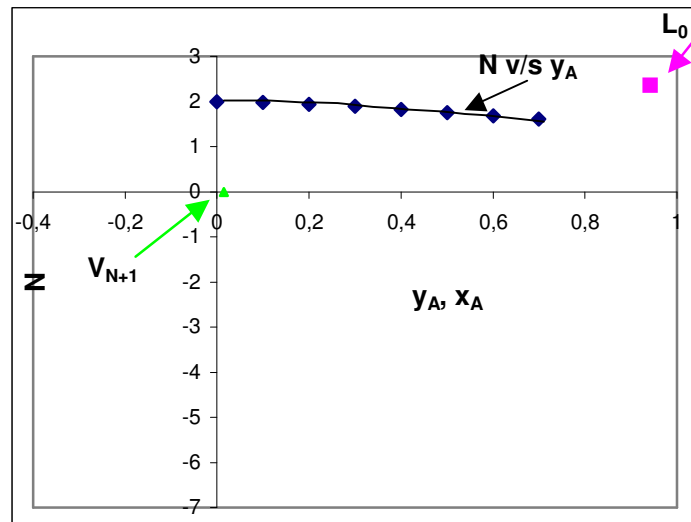


Figura 2

El punto L_N está sobre la recta N v/s y_A en la **Figura 3**.

Además en el punto L_N , cumple con la razón:

$$N_N/y_{AN} = (\text{Kg sólido/Kg de solución}) / (\text{Kg de aceite/Kg de solución}) =$$

$$N_N/y_{AN} = \text{Kg sólido/Kg de aceita} = 2000/120 = 16,67,$$

por lo tanto la recta que pasa a través del origen, es decir, $y_A = 0$ y $N = 0$ es graficada con una pendiente igual a 16,67; esta recta intersecta a la línea dada por “ N v/s y_A ” en el punto L_N .

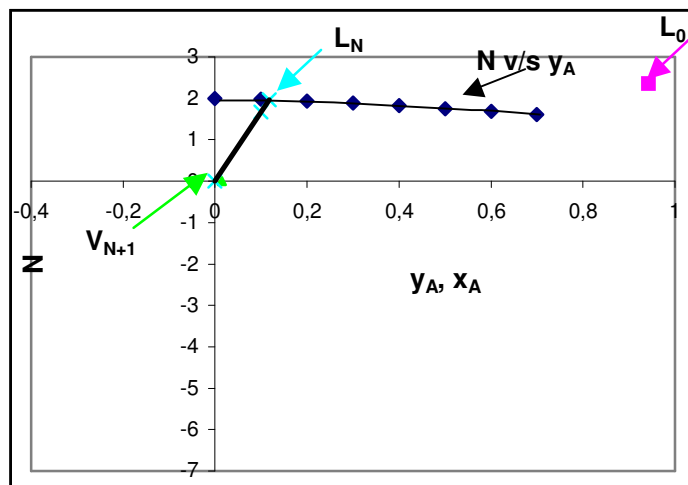


Figura 3

Gráficamente determinamos:

$$N_N = 1,95 \text{ Kg de solido / Kg de solución, e}$$

$$y_{AN} = 0,118 \text{ Kg de aceite / Kg de solución.}$$

Haciendo el balance total de la solución ((soluto A+ solvente C)/hr igual al flujo total la mezcla, M) en el proceso, se tiene:

$$L_0 + V_{N+1} = L_N + V_1 = M$$

Donde:

$$L_0 + V_{N+1} = 850 + 1330 = 2180 \text{ Kg/h} = M$$

Luego hacemos un balance de A

$$L_0 y_{A0} + V_{N+1} x_{AN+1} = M x_{AM}$$

y sustituyendo obtenemos:

$$L_0 y_{A0} + V_{N+1} x_{N+1} = 850 (0.941) + 1330 (0,015) = 2180 x_{AM}$$

Entonces:

$$x_{AM} = 0,376$$

Finalmente se hace un balance total de sólidos en B, donde:

$$B = N_0 V_{N+1} = N_N L_N = N_M M,$$

Pero sabemos que B = 2000, luego se tiene:

$$B = 2000 = N_M M = N_M (2180)$$

Entonces:

$$N_M = 0,918$$

El punto M es graficado con las coordenadas $x_{AM} = 0,376$ y $N_M = 0,918$ en la **Figura 4**.

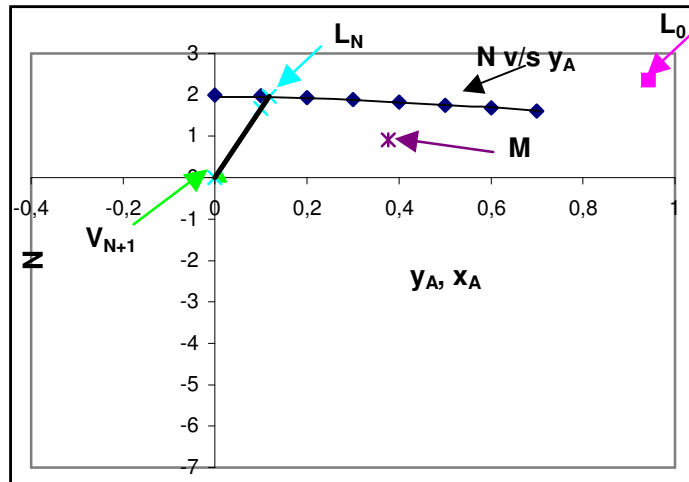


Figura 4

La línea que pasa por V_{N+1} M L_0 se dibuja (Figura 5).

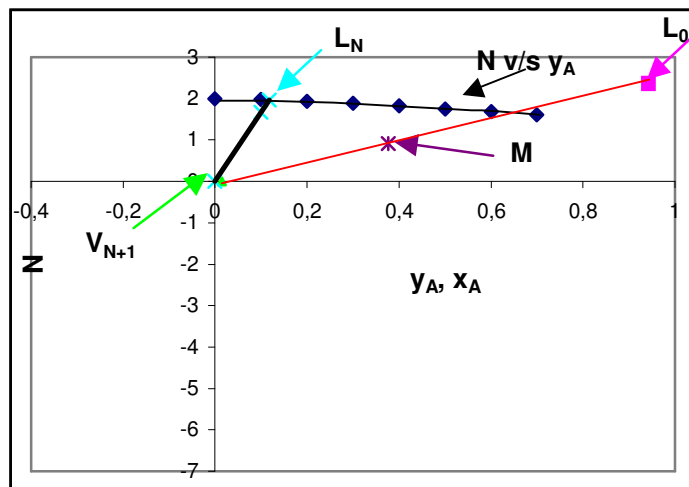


Figura 5

Como ésta es la línea que pasa por el punto M (que recién despejamos), podemos dibujar la recta que pasa por L_N y M y que al intersectar el eje de las coordenadas nos entrega el punto V_1 . Ver **Figura 6**.

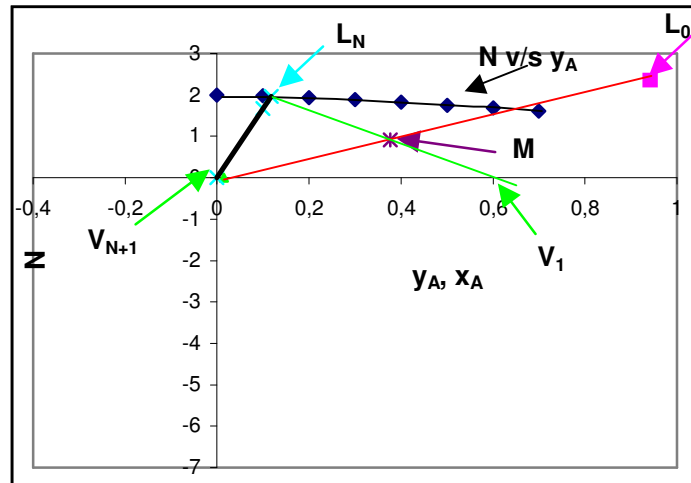


Figura 6

Obtenemos así: $x_{A1} = 0,600$

$$L_0 + V_{N+1} = L_N + V_1 = M$$

$$L_0 y_{A0} + V_{N+1} x_{AN+1} = L_N y_{AN} + V_1 x_{A1} = M x_{AM}$$

Resolviendo simultáneamente:

$$L_N + V_1 = M = 2180$$

$$L_N y_{AN} + V_1 x_{A1} = M x_{AM} = L_N (0,118) + V_1 (0,600) = 2180 (0,376),$$

Luego:

$L_N = 1016$ Kg solución/h en el flujo de salida y

$V_1 = 1164$ Kg solución /h en el flujo de salida “sobrenadante” (no como sólidos).

Alternativamente estos cálculos pueden ser realizados por otros medios (lever arm rule).

El punto de operación Δ se obtiene de la intersección de las líneas L_0V_1 y $L_N V_{N+1}$. Ver la **Figura 7**.

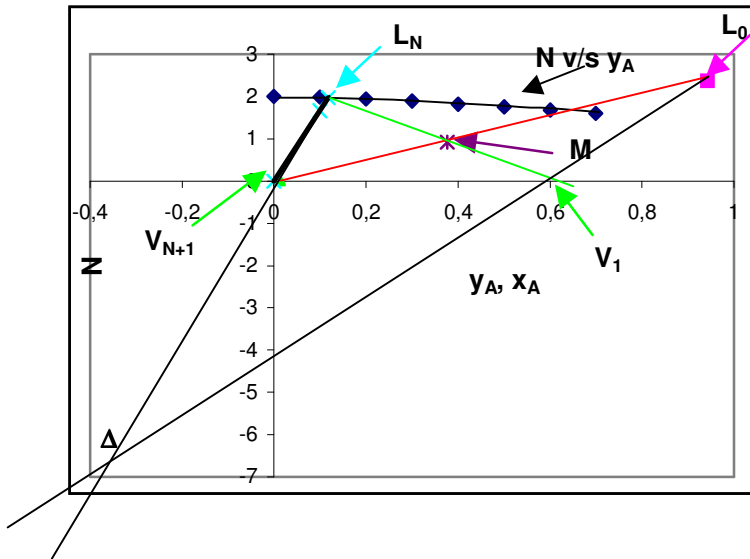


Figura 7

Las coordenadas de Δ pueden ser también calculadas con las ecuaciones:

$$x_{A\Delta} = (L_0 y_{A0} - V_1 x_{A1}) / (L_0 - V_1) = (L_N y_{AN} - V_{N+1} x_{AN+1}) / (L_N - V_{N+1})$$

y

$$N_{\Delta} = B / (L_0 - V_1) = N_{\Delta} L_0 / (L_0 - V_1)$$

Esta última ecuación proviene del balance de masa de los sólidos.

El número de etapas necesarias se dibuja paso a paso sobre el último gráfico (teniendo L_N , V_{N+1} , M , L_0 , V_1 y Δ , esto se puede ver en la Figura 8.

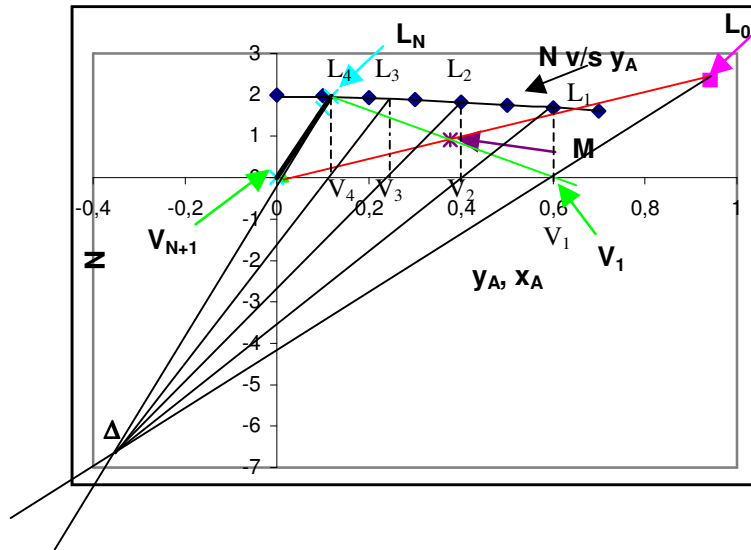


Figura 8

De las 4 etapas L_4 corresponde a L_N , se ve que se requieren 3,9 etapas, pero como debe ser un entero se aproxima al entero superior para cumplir con los requerimientos.

Propuestos:

PROBLEMA 3

Un mineral contiene 20% de azufre metálico. Este azufre se va a lixiviar con un aceite de petróleo caliente, en el cual el azufre es infinitamente soluble. El disolvente se va a bombear repetidamente (dos etapas) sobre un lote de mineral molido, utilizando 1,5 kg disolvente fresco / kg de mineral. Durante el drenado de la solución, los materiales sólidos retienen solución a un grado de un cuarto del peso del sólido no disuelto. El azufre se disuelve completamente en el aceite y no existe adsorción preferencial de ningún tipo.

- Calcule los datos de equilibrio y gráfíquelos en forma adecuada.
- Calcule la cantidad no extraída de azufre después de las dos etapas.