

Problema VII.1 Tema Carbonato Sódico

1 Relación molar $\text{NH}_4\text{HCO}_3/\text{NaCl}$

En primer lugar se calcula la composición molar de las aguas madres, de las que conocemos la composición másica.

Ion Cloro: $23.9\text{g} \rightarrow 23.9/35.5 = 0.673\text{mol}$ (PM Cl=35.5)

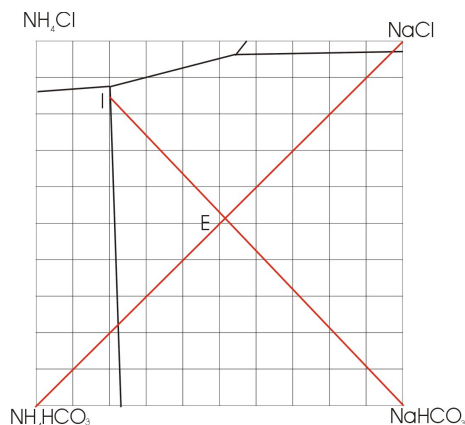
Ion Sodio: $3.7\text{g} \rightarrow 3.7/23 = 0.16\text{mol}$ (PM Na=23)

Ion Bicarbonato: $7.4\text{g} \rightarrow 7.4/61 = 0.12\text{mol}$ (PM $\text{HCO}_3 = 61$)

Ion amonio: $11.4\text{g} \rightarrow 11.4/18 = 0.63\text{mol}$ (PM $\text{NH}_4 = 18$)

Se sitúa el punto en el diagrama de Jaenecke para lo cual se necesitan dos puntos (que representen las concentraciones molares de los iones). Número de total de cationes= Número total de aniones = 0.79mol . Situamos el punto de aguas madres I, empleando la concentración de anión bicarbonato $0.12/0.79=0.15$ y la de sodio $0.16/0.79=0.2$.

El punto de aguas madres (I) se une con el de la sal que precipita, bicarbonato sódico. El punto que determina la alimentación es el cruce de la recta anterior con la recta que une el cloruro de sodio con el bicarbonato amónico (que son las sales alimentadas y que reaccionan).



Mediante la regla de la palanca obtenemos la proporción buscada: NaCl (7.2cm) y NH_4HCO_3 (6.9cm) dan lugar a una proporción 51% de cloruro a 49% de bicarbonato.

2 Producción de bicarbonato sódico y rendimiento de sodio

En primer lugar calculamos los kmol/h de NaCl alimentados a la planta, conociendo el caudal y la densidad por el enunciado:

$$F_{\text{salmuera}} = 20 * 1000\text{l/h} * 1.197\text{kg/l} = 23940\text{kg/h}$$

$$F_{\text{NaCl}} = 23940 \cdot \frac{36}{100+36} = 6337\text{kg/h} \rightarrow 108.3\text{kmol/h}$$

Como conocemos la relación con el bicarbonato amónico tendremos que entra:

$$\text{NH}_4\text{HCO}_3 = 108.3 * 0.49/0.51 = 104\text{kmol/h}$$

Ahora calculamos la composición de las aguas madres:

Ion Cloro: Sabemos ya que entran 108.3kmol/h y que todo va con las aguas madres (no hay pérdidas), luego usaremos este dato para calcular el caudal de aguas madres.

$$\text{Cl}^- = 108.3 = \frac{0.67}{0.79} F_{\text{AgMadres}} \rightarrow F_{\text{AgMadres}} = 127.7\text{kmol/h}$$

$$\text{Ion Sodio: Na}^+ = 127.7 * 0.16/0.79 = 25.9\text{kmol/h}$$

$$\text{Ion Bicarbonato: HCO}_3^- = 127.7 * 0.12/0.79 = 19.5\text{kmol/h}$$

$$\text{Ion amonio: NH}_4^+ = 127.7 * 0.63/0.79 = 101.9\text{kmol/h}$$

La cantidad de bicarbonato sódico producido se puede obtener realizando un balance al sodio: $\text{NaHCO}_3 = \text{Na entra} - \text{Na sale aguas madres} = 108.3 - 25.9 = 82.4\text{kmol/h}$.

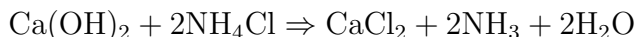
$$\text{El rendimiento es por tanto: } \eta = \frac{82.4}{108.3} = 76.1\%$$

3 Caudal máximo de aguas madres y cantidad de Hidróxido Cálcico

El caudal de aguas madres ya se ha calculado en el apartado anterior y resulta 127.7kmol/h.

NOTA: El caudal de aguas madres y de bicarbonato sódico se podían haber calculado gráficamente mediante la regla de la palanca pero en este caso el resultado es bastante sensible a ligeros errores de medida.

La cantidad de hidróxido cálcico viene determinada por la reacción:



Como tenemos 101.9 kmol/h de cloruro amónico tendremos de hidróxido (teniendo en cuenta el 20% de exceso especificado): $\text{Ca(OH)}_2 = 101.9/2 * 1.2 = 61.1\text{kmol/h}$

4 Balance de CO₂ de la planta completa

$$\text{CO}_2 \text{ producido: } 61.1 \text{ (R-V)} + 41.2 \text{ (R-II)} = 102.3$$

$$\text{CO}_2 \text{ consumido: } 104 \text{ (R-IV)}$$

Luego hay aproximadamente un defecto de 2kmol/h de CO₂. Esto ya se podía ver en el caudal

de aguas madres obtenido 127.7, que no cuadra al sumarlo con el bicarbonato sódico obtenido (82.4) para obtener lo que entra, cloruro sódico (108.3) y bicarbonato amónico (104). El error es de $108.3+104-127.7-82.4=2.2\text{kmol/h}$. O también viendo que el amonio en las aguas madres(101.9kmol/h) es 2kmol/h menor que el calculado (104kmol/h) según el apartado 2.

La explicación es que se produce una precipitación de bicarbonato amónico junto con el bicarbonato sódico, esto supone una pérdida de amoníaco, puesto que tras la calcinación el CO_2 se recicla al proceso. Con estos 2kmol/h extra formados tenemos que se producen 2kmol/h más de CO_2 que con 2kmol/h extra alimentados de amoníaco forman los 2kmol/h de bicarbonato amónico que precipitan.

La figura siguiente muestra la composición de la planta y las reacciones que se producen con sus cantidades.

