

Problema (Examen Junio 1997)

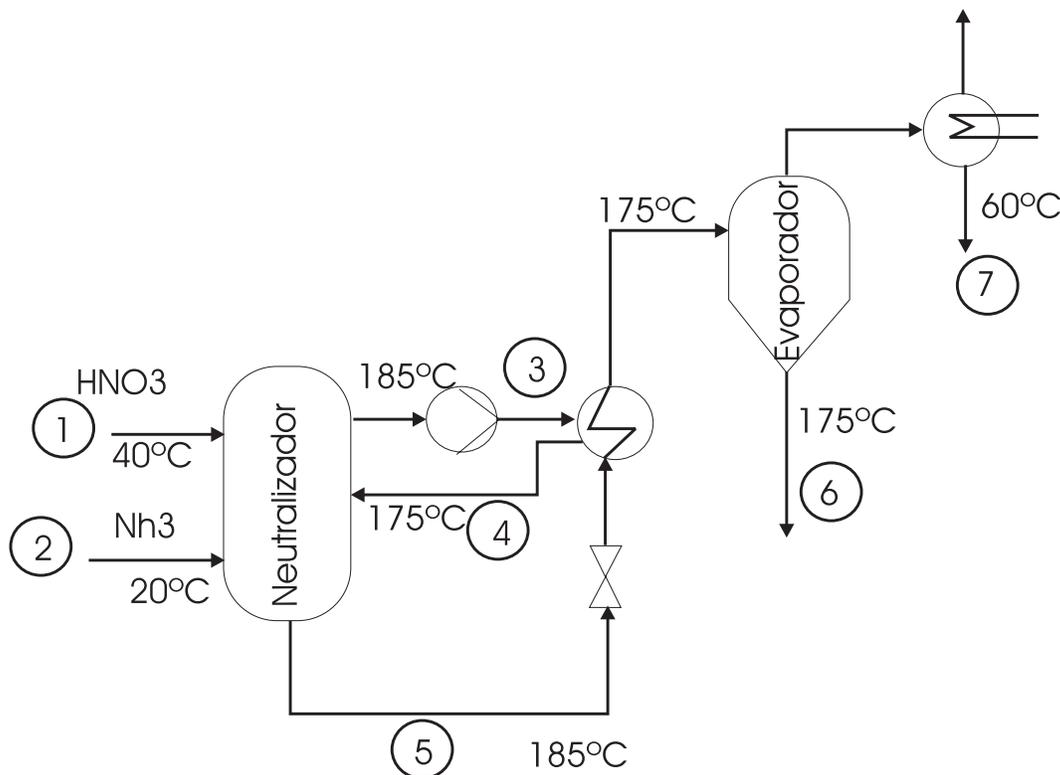
En el diagrama que se adjunta, se ha representado una instalación para la fabricación de solución de nitrato amónico (N.A.) del 99,7%p a una temperatura de 175°C, a partir de ácido nítrico 60%p a 40°C y de amoníaco anhidro en fase gas a 20°C. La neutralización se efectúa a la presión de 6 bar y 185°C. La corriente de recirculación sobre el neutralizador (salto térmico de 185°C a 175°C) permite el aprovechamiento energético en la concentración, la cual tiene lugar por evaporación a vacío, después de un primer flash del producto de reacción. De esta manera se obtiene la solución concentrada y un condensado de proceso a 60°C, que se puede suponer exento de N.A. La capacidad de la planta es de 1000t/d de N.A. 100%

Suponiendo un rendimiento del 100% de las materias primas, se pide calcular:

1. Caudal en t/h de la bomba de recirculación de solución al reactor de neutralización
2. Consumo de agua de refrigeración (salto térmico 12°C) del condensador del evaporador, expresado en m³/t de N.A.

Datos:

- Calor específico del ácido nítrico 60%: 0,64 kcal/kg°C
- Calor específico del amoníaco: 0,53 kcal/kg°C
- Calor de reacción, referido a la temperatura de 0°C: 432000kcal/t de N.A.
- Entalpías de las soluciones de N.A./Agua según el diagrama de Ohtmer y Frölich



Solución (Junio 1997)

Reacción 1:1 y $\eta = 100\%$ Balance molar:

$$\frac{\textcircled{1}}{63} \cdot 0,6 = \frac{1000/24}{80} \Rightarrow \textcircled{1} = 54,69t/h$$

De las mismas un 60% es ác. nítrico 100% : 32,81t/h y el resto agua: 21,88t/h.

Los moles de $\textcircled{2}$ son los mismos que $\textcircled{1}$ luego

$$\textcircled{2} = \frac{32,81}{63} \cdot 17 = 8,85t/h$$

La producción nos viene dada por el enunciado teniendo

$$\textcircled{6} = \frac{1000/24}{0,997} = 41,79$$

De las que el 99,7% son de N.A. : 41,67 y el resto de agua: 0,12t/h.

Finalmente haciendo un balance global

$$\textcircled{1} + \textcircled{2} = \textcircled{6} + \textcircled{7} \Rightarrow \textcircled{7} = 54,69 + 8,85 - 41,79 = 21,75t/h$$

Haciendo un balance al reactor obtenemos la corriente $\textcircled{5}$:

$$\textcircled{5} = \textcircled{1} + \textcircled{2} = 54,69 + 8,85 = 63,54t/h$$

El N.A. en $\textcircled{5}$ es el mismo que en $\textcircled{6}$, como tenemos la cantidad total de $\textcircled{5}$, su concentración será:

$$\% \textcircled{5} = \frac{41,67}{63,54} = 65,6\%p$$

Ahora realizamos un balance entálpico al reactor

$$\textcircled{5} N_A H_{reac} = \textcircled{1} h \textcircled{1} + \textcircled{2} h \textcircled{2} + \textcircled{4} h \textcircled{4} - \textcircled{5} h \textcircled{5} - \textcircled{3} h \textcircled{3}$$

Dado que:

H_{reac}	432000kcal/h	
$h \textcircled{1}$	0,64*40	
$h \textcircled{2}$	0,53*20	
$h \textcircled{3}$	142	Diagrama con %p y T
$h \textcircled{4}$	135	Diagrama con %p y T
$h \textcircled{5}$	142	Diagrama con %p y T

$$41,67 \cdot 432000 = (54,69 \cdot 0,64 \cdot 40 + 8,85 \cdot 0,53 \cdot 20 + F \textcircled{3}) \cdot (135 - 142) - 63,54 \cdot 142) \cdot 1000$$

$$F \textcircled{3} = F \textcircled{4} = 1498,82t/h$$

Balance entálpico al evaporador

$$\textcircled{5} h \textcircled{5} + \textcircled{3} h \textcircled{3} = \textcircled{4} h \textcircled{4} + \textcircled{6} h \textcircled{6} + \textcircled{7} h \textcircled{7} + Q_c$$

$$63,54 \cdot 142 + 1498,82 \cdot 142 = 1498,82 \cdot 135 + 41,79 \cdot 103 + 21,75 \cdot 60 + Q_c$$

$$Q_c = 13905130kcal/h \Rightarrow Q_c = m_c C_p \Delta T = m_c \cdot 12$$

$$m_c = 1158,76m^3/h \Rightarrow m_c = 27,7m^3/t(N.A.)$$