

Ejercicios cortos de balances macroscópicos de materia

1.- La superficie de los aceros de colada está recubierta por óxido del mismo (Fe_3O_4). Esta capa (y un poco de acero) es removida mediante arenado (sandblasting) con SiO_2 . El polvo producto de esta limpieza, es procesado mediante un separador magnético, de tal manera que se separa SiO_2 de la mezcla de acero/ Fe_3O_4 . Si se procesan 1000 kg/h de la mezcla inicial que contiene un 35 % de acero/ Fe_3O_4 y 65 % SiO_2 , sabiendo además que el separador magnético tiene una eficiencia del 85 %, resuelva el balance de masa que tiene lugar durante el proceso de separación magnética.

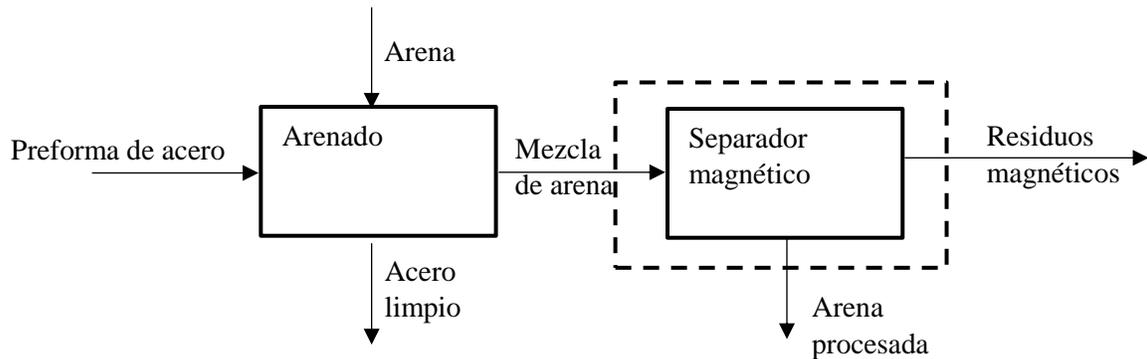


Figura 1.- Fotografía del proceso de arenado para quitar el recubrimiento de una tubería.

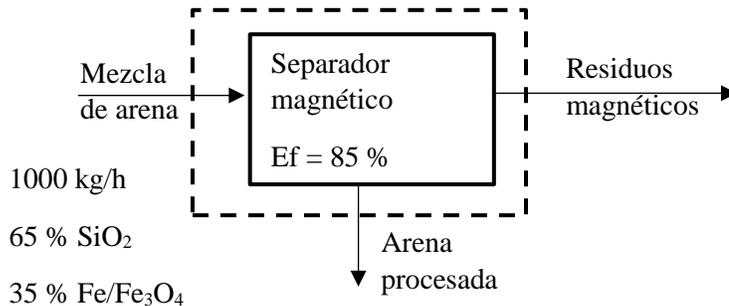


Figura 2.- Fotografía de un grupo de separadores magnéticos usados en un proceso de beneficio de minerales.

Definición del sistema:



Colocar datos conocidos en el esquema:



Procedemos a resolver el proceso, el balance para el SiO_2 es bastante directo, por lo es sencillo saber que en la arena procesada se tendrá un flujo de 650 kg/h del mismo. Por otra parte, el balance de la mezcla magnética está controlado por la eficiencia del separador, por lo que de los 350 kg/h que ingresan al mismo, el 85 % sale por la corriente de residuos magnéticos y únicamente el 15 % sale por la corriente de arena procesada. De tal manera que los residuos magnéticos tienen un flujo de:

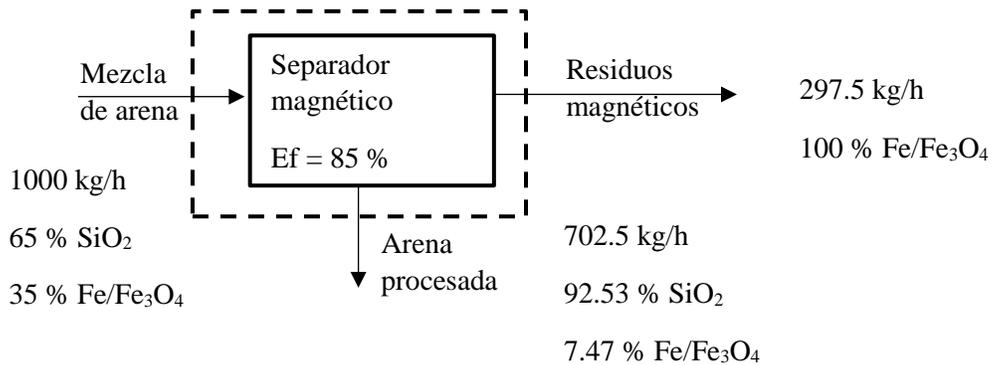
$$350 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \left(\frac{85 \text{ kg}}{100 \text{ kg}} \right) = 297.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Mientras que en la arena procesada se obtienen los 52.5 kg/h restantes. Por lo que en la arena procesada se tendría un flujo total de 702.5 kg/h. La composición química de dicha corriente se puede calcular mediante la definición de % masa, quedando para la cantidad de arena de la siguiente manera:

$$\%W \text{ SiO}_2 = \frac{650 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{702.5 \frac{\text{kg}}{\text{h}}} * 100\% = 92.53 \%$$

Siendo el complemento de esta composición la mezcla de material magnético.

Por lo que al final el balance quedaría de la siguiente manera:

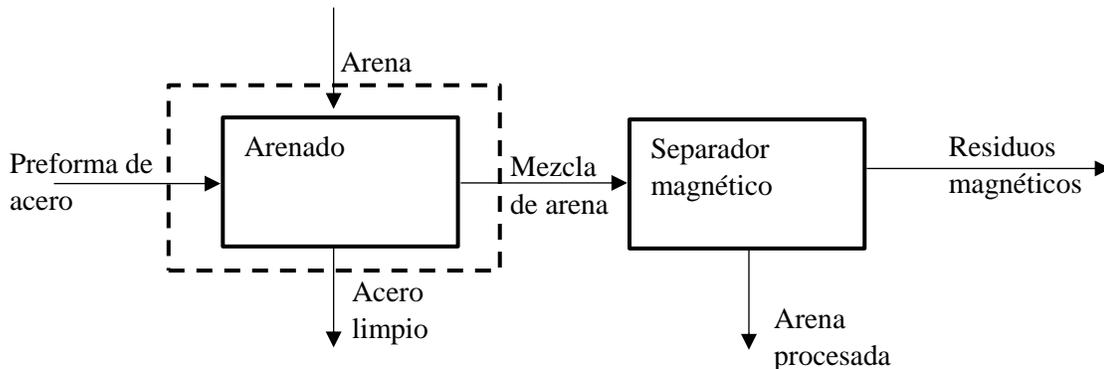


2.- La superficie de los aceros de colada está recubierta por óxido del mismo (Fe₃O₄). Esta capa (y un poco de hierro) es removida mediante arenado (sandblasting) con SiO₂. El polvo producto de esta limpieza, es procesado mediante un separador magnético, de tal manera que se separa SiO₂ de la mezcla de acero/Fe₃O₄ para su posterior reciclado. En el separador magnético se procesan 1000 kg/h de la mezcla que contiene un 35 % de acero/Fe₃O₄ y 65 % SiO₂. La placa de acero que entra en el arenado tiene un ancho de 1.20 m y un espesor de 0.50 m (incluyendo la cascarilla de óxido que la recubre). Durante el arenado se quita la cascarilla que tiene 7 mm de espesor, pero también se quita un pequeño espesor de acero (3 mm). Calcule el flujo másico de acero que sale del arenado.

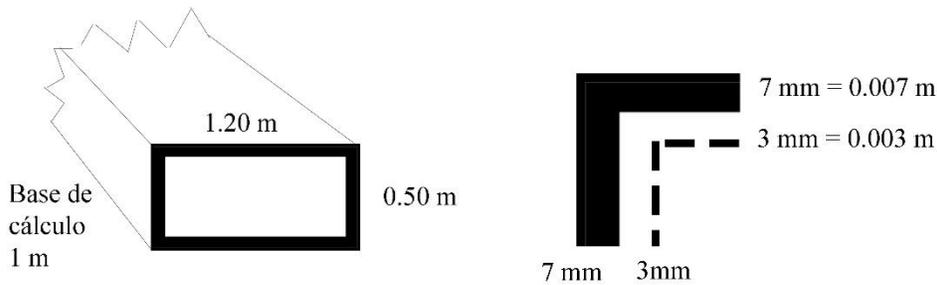
$$\rho_{acero} = 7850 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_{Fe_3O_4} = 5260 \frac{kg}{m^3}$$

Definición del sistema:



Utilizamos una base de cálculo para poder obtener más datos de nuestro proceso:



$$V_{\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{Rem}} = (1.20 \text{ m})(0.50 \text{ m})(1 \text{ m}) - (1.20 \text{ m} - 2*(0.007\text{m}))(0.50\text{m} - 2*(0.007\text{m}))(1 \text{ m})$$

$$V_{\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{Rem}} = (1.20 \text{ m})(0.50 \text{ m})(1 \text{ m}) - (1.186 \text{ m})(0.486 \text{ m})(1 \text{ m})$$

$$V_{\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{Rem}} = 0.0236 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{Rem}} = (0.0236 \text{ m}^3)(5260 \text{ kg/m}^3)$$

$$m_{\text{Fe}_3\text{O}_4, \text{Rem}} = 124.16 \text{ kg}$$

$$V_{\text{Fe,Rem}} = (1.20 \text{ m} - 2*(0.007\text{m}))(0.50\text{m} - 2*(0.007\text{m}))(1 \text{ m}) - (1.20 \text{ m} - 2*(0.010\text{m}))(0.50\text{m} - 2*(0.010\text{m}))(1 \text{ m})$$

$$V_{\text{Fe,Rem}} = (1.186 \text{ m})(0.486 \text{ m})(1 \text{ m}) - (1.18 \text{ m})(0.48 \text{ m})(1 \text{ m})$$

$$V_{\text{Fe,Rem}} = 0.0099 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{Fe,Rem}} = (0.0099 \text{ m}^3)(7850 \text{ kg/m}^3)$$

$$m_{\text{Fe,Rem}} = 77.71 \text{ kg}$$

Nota: Quitamos
0.003 m de
acero por lado

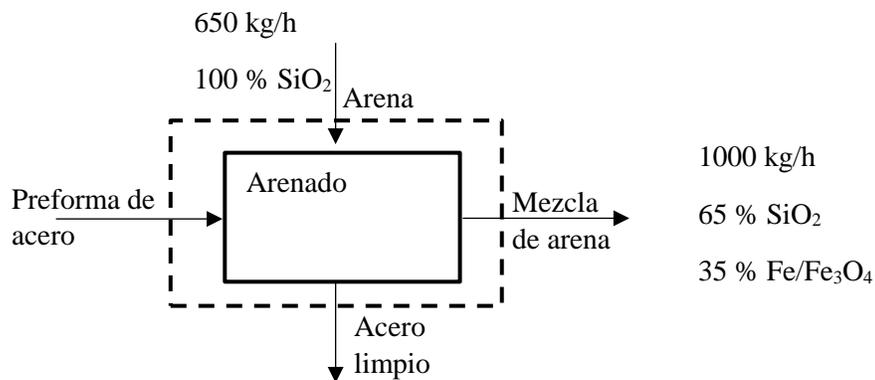
$$V_{\text{Fe,Placa}} = (1.18 \text{ m})(0.48 \text{ m})(1 \text{ m})$$

$$V_{\text{Fe,Placa}} = 0.5664 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{Fe,Placa}} = (0.5664 \text{ m}^3)(7850 \text{ kg/m}^3)$$

$$m_{\text{Fe,Rem}} = 4446.24 \text{ kg}$$

Una vez conocidos los datos del proceso, podemos colocarlos en nuestro esquema:



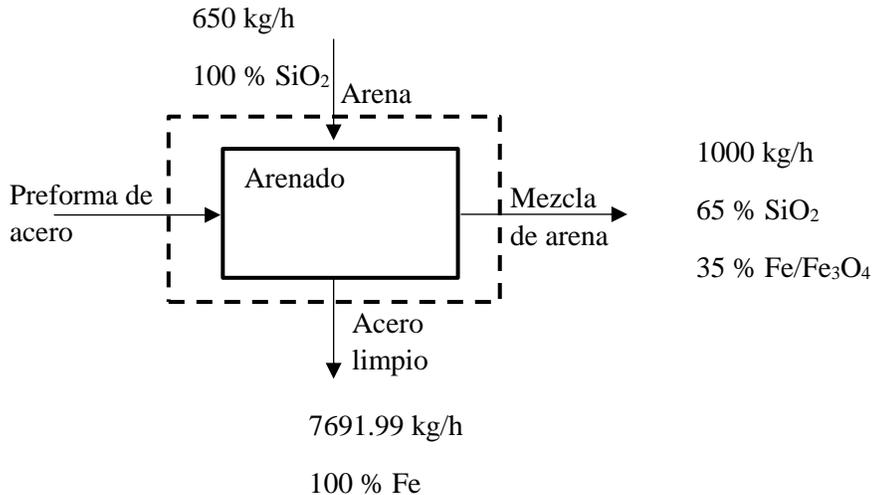
A partir de los datos que obtuvimos en la base de cálculo, sabemos que por cada metro de placa que se procesa, perdemos 201.87 kg de acero y magnetita, pero en la salida tenemos 350 kg/h de dicha mezcla, por lo tanto, cada hora se procesan:

$$\frac{1 \text{ m placa}}{201.87 \text{ kg Fe/Fe}_3\text{O}_4} \left(\frac{350 \text{ kg Fe/Fe}_3\text{O}_4}{1 \text{ h}} \right) = 1.73 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

Simplemente nos resta convertir el dato calculado con la base de cálculo al flujo del proceso:

$$1.73 \frac{m}{h} \left(\frac{4446.24 \text{ kg acero}}{1 m} \right) = 7691.99 \frac{\text{kg acero}}{h}$$

Por lo que terminar el balance ya es un trabajo sencillo:



Entrando al proceso de arenado un flujo total de:

$$m_{preforma} = 7691.99 \frac{\text{kg}}{h} + 350 \frac{\text{kg}}{h}$$

$$m_{preforma} = 8041.99 \frac{\text{kg}}{h}$$

Con una composición química que podemos obtener de la base de cálculo:

$$\%w_{Fe_3O_4} = \frac{124.16 \text{ kg}}{4648.11 \text{ kg}} * 100\% = 2.67 \%$$

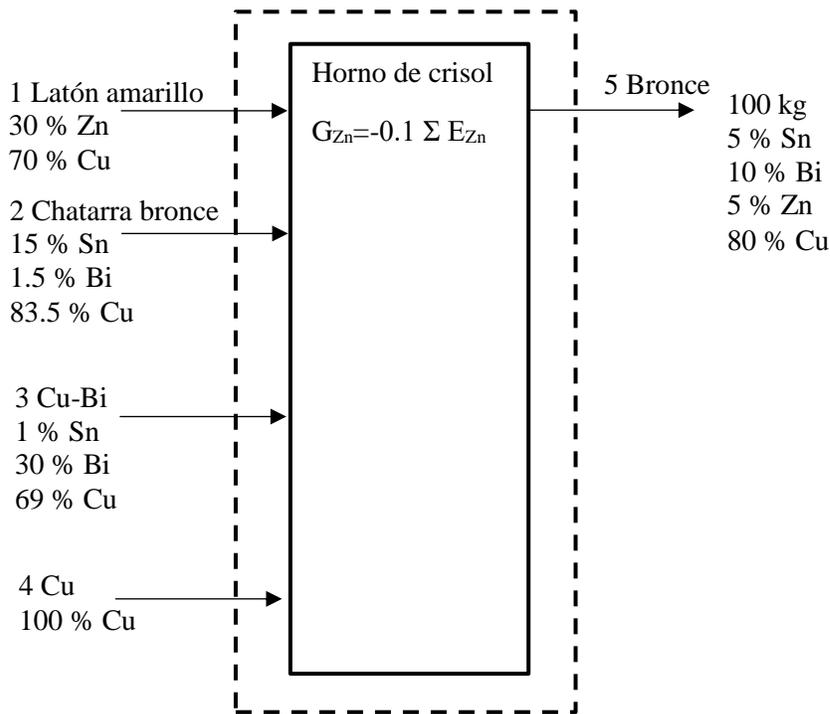
$$\%w_{Fe} = 100\% - 2.67 \% = 97.33 \%$$

3.- La composición deseada en un bronce es: 5 % Sn, 10 % Bi, 5 % Zn y el resto es Cu. Se quieren producir 100 kg de esta aleación mediante un horno de crisol, las materias primas disponibles para obtenerlo son las siguientes:

Elemento	Cu (%)	Sn (%)	Zn (%)	Bi (%)
Latón amarillo	70.00	----	30.00	----
Chatarra de bronce	83.50	15.00	----	1.50
Cu – Bi	69.00	1.00	----	30.00
Cobre electrolítico	100.00	----	----	-----

Se pierde un 10 % del Zinc durante la fusión, calcule la cantidad requerida de cada materia prima para obtener la composición final deseada.

Comencemos planteando nuestro sistema:



Nótese que, en este caso, el zinc tiene un término fuente a interior del crisol, aunque no poseemos la reacción química que lo involucra.

Para este balance contamos con cuatro componentes: Cu, Zn, Sn y Bi. Con lo cual tenemos 5 ecuaciones de balance.

General:

$$E - S + G = 0$$

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 - m_5 + G_{Zn} = 0$$

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + G_{Zn} = 100 \text{ kg}$$

Cu:

$$E - S = 0$$

$$m_{Cu,1} + m_{Cu,2} + m_{Cu,3} + m_{Cu,4} - m_{Cu,5} = 0$$

$$W_{Cu,1}m_1 + W_{Cu,2}m_2 + W_{Cu,3}m_3 + W_{Cu,4}m_4 - W_{Cu,5}m_5 = 0$$

$$(0.7)m_1 + (0.835)m_2 + (0.69)m_3 + m_4 - (0.80)(100 \text{ kg}) = 0$$

$$(0.7)m_1 + (0.835)m_2 + (0.69)m_3 + m_4 = 80 \text{ kg Cu}$$

Zn

$$E - S + G = 0$$

$$m_{Zn,1} - m_{Zn,5} + G_{Zn} = 0$$

$$W_{Zn,1}m_1 - W_{Zn,5}m_5 + G_{Zn} = 0$$

$$(0.30)m_1 - (0.05)(100 \text{ kg}) - 0.10 \sum E_{Zn} = 0$$

El termino fuente corresponde a perder el 10 % de la masa de zinc que entra en todas las entradas, en este caso en particular, únicamente entra en el latón amarillo, en donde la masa de zinc se expresa como:

$$m_{Zn,1} = (0.30)m_1$$

Por lo cual, todas las entradas de Zn se expresarían como:

$$\sum E_{Zn} = (0.30)m_1$$

Con lo que podemos sustituir esta expresión en el balance:

$$(0.30)m_1 - 5 \text{ kg} - 0.10[(0.30)m_1] = 0$$

$$(0.27)m_1 = 5 \text{ kg Zn}$$

$$m_1 = \frac{5 \text{ kg Zn}}{0.27}$$

$$m_1 = 18.52 \text{ kg}$$

Sn

$$E - S = 0$$

$$m_{Sn,2} + m_{Sn,3} - m_{Sn,5} = 0$$

$$W_{Sn,2}m_2 + W_{Sn,3}m_3 - W_{Sn,5}m_5 = 0$$

$$(0.15)m_2 + (0.01)m_3 - (0.05)(100 \text{ kg}) = 0$$

$$(0.15)m_2 + (0.01)m_3 = 5 \text{ kg Sn}$$

Bi

$$E - S = 0$$

$$m_{Bi,2} + m_{Bi,3} - m_{Bi,5} = 0$$

$$W_{Bi,2}m_2 + W_{Bi,3}m_3 - W_{Bi,5}m_5 = 0$$

$$(0.015)m_2 + (0.30)m_3 - (0.10)(100 \text{ kg}) = 0$$

$$(0.015)m_2 + (0.30)m_3 = 10 \text{ kg Bi}$$

Una vez obtenidas todas las ecuaciones de balance, procedemos a resolver el sistema de ecuaciones.

Podemos comenzar con las ecuaciones del Sn y el Bi, porque tenemos con ellas un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.

$$(0.15)m_2 + (0.01)m_3 = 5 \text{ kg Sn}$$

$$(0.015)m_2 + (0.30)m_3 = 10 \text{ kg Bi}$$

Despejamos m_2 de la ecuación del Sn y sustituimos en la ecuación del Bi:

$$m_2 = \frac{5 \text{ kg} - (0.01)m_3}{0.15}$$

$$(0.015) \left(\frac{5 \text{ kg} - (0.01)m_3}{0.15} \right) + (0.30)m_3 = 10 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
0.5 \text{ kg} - (0.001)m_3 + (0.30)m_3 &= 10 \text{ kg} \\
(0.299)m_3 &= 9.5 \text{ kg} \\
m_3 &= \frac{9.5 \text{ kg}}{0.299} \\
m_3 &= 31.77 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Sustituimos el resultado en la expresión de m_2 que despejamos:

$$\begin{aligned}
m_2 &= \frac{5 \text{ kg} - (0.01)(31.77 \text{ kg})}{0.15} \\
m_2 &= 31.21 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Y una vez obtenidas estas masas podemos sustituirlas en la expresión del Cu:

$$\begin{aligned}
(0.7)m_1 + (0.835)m_2 + (0.69)m_3 + m_4 &= 80 \text{ kg Cu} \\
(0.7)(18.52 \text{ kg}) + (0.835)(31.21 \text{ kg}) + (0.69)(31.77 \text{ kg}) + m_4 &= 80 \text{ kg} \\
m_4 &= 80 \text{ kg} - 60.95 \text{ kg} \\
m_4 &= 19.05 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Podemos corroborar el balance mediante la ecuación general:

$$\begin{aligned}
18.52 \text{ kg} + 31.21 \text{ kg} + 31.77 \text{ kg} + 19.05 \text{ kg} + G_{Zn} &= 100 \text{ kg} \\
100.55 \text{ kg} + G_{Zn} &= 100 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Recordando que:

$$\begin{aligned}
G_{Zn} &= -0.10[(0.30)m_1] \\
G_{Zn} &= -0.10[(0.30)18.52 \text{ kg}] \\
G_{Zn} &= -0.55 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Por lo tanto:

$$\begin{aligned}
100.55 \text{ kg} - 0.55 \text{ kg} &= 100 \text{ kg} \\
100 \text{ kg} &= 100 \text{ kg}
\end{aligned}$$

El balance es correcto.