

FUNDICIÓN

2025-11

BALANCE DE CARGA

Problema 1

Efectuar el balance de carga para la siguiente aleación base aluminio fundida en horno de crisol

C. Q. Requerida (Normas)	C.Q. Promedio	Rendimientos (η)
Si = 8.0 – 12.0 %	Si = 10 %	99 %
Cu = 2.5 – 3.5%	Cu = 3 %	98.5 %
Zn = 1.0 – 3.0 %	Zn = 2 %	98.5 %
Al Resto	Al = 85 %	96.5 %

Se debe usar 10% de retornos y al menos dos materias primas

Se usaran 10% retornos 15% de Chatarra 1

Base de cálculo 100 Kg

Materias Primas	Al (%)	Si (%)	Cu (%)	Zn (%)
C.Q. requerida	85	10	3	2
Ch 1	88	8	0	4
Ch 2	88	6	1.5	4.5
Ch 3	87	8	1	4
Ch 4	87	10	1	2
Ch 5	80	10	10	0
Ch 6	83	7	7	3
Al-Si (50 - 50)	50	50		
Cobre catodo	---	---	100	---
Zn lingotes	---	---	---	100
Al lingote	100	---	---	---

1.- Cálculo de la cantidad de elementos necesarios. En función de los parámetros de fusión: Rendimientos y tratamientos del metal líquido.

$$Si: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{10}{100} \right)}{\frac{99}{100}} = 10.1 \text{ Kg}$$

$$Zn: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{2}{100} \right)}{\frac{98.5}{100}} = 2.03 \text{ Kg}$$

$$Cu: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{3}{100} \right)}{\frac{98.5}{100}} = 3.04 \text{ Kg}$$

$$Al: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{85}{100} \right)}{\frac{96.5}{100}} = 88.08 \text{ Kg}$$

2. Cálculo de la cantidad de elementos aportados por las materias primas prefijadas. Retornos (10%) y chatarra 1.

10% Retornos = 10 Kg

Si: $10\left(\frac{10}{100}\right) = 1 \text{ Kg}$

Cu: $10\left(\frac{3}{100}\right) = 0.3 \text{ Kg}$

Zn: $10\left(\frac{2}{100}\right) = 0.2 \text{ Kg}$

Al: $10\left(\frac{85}{100}\right) = 8.5 \text{ Kg}$

15% Ch₁ = 15 kg

Si: $15\left(\frac{8}{100}\right) = 1.2 \text{ Kg}$

Cu: 0 Kg

Zn: $15\left(\frac{4}{100}\right) = 0.6 \text{ Kg}$

Al: $15\left(\frac{88}{100}\right) = 13.2 \text{ Kg}$

3. Balance en función de un elemento “crítico”. Elemento critico seleccionado: Cu

$$\begin{array}{rcll} \text{Req} + \text{Ch}_1 & = & 25 \text{ Kg} & \text{Ch}_4 + \text{Ch}_5 = 75 \text{ Kg} \Rightarrow \text{Ch}_4 = 75 - \text{Ch}_5 \\ \text{Req} & \text{Ret.} & \text{Ch}_1 & \\ 3.04 \text{ Kg} & = & 0.3 \text{ Kg} + 0.0 \text{ Kg} + \text{Ch}_4 (1.0/100) + \text{Ch}_5 (10/100) \\ 3.04 \text{ Kg} & = & 0.3 + (75 - \text{Ch}_5) (1.0/100) + \text{Ch}_5 (10/100) \\ 3.04 \text{ Kg} & = & 0.3 + 75/100 - \text{Ch}_5 (1.0/100) + \text{Ch}_5 (10/100) \\ 3.04 \text{ Kg} & = & 0.3 + 0.75 + \text{Ch}_5 (9/100) \end{array}$$

$$1.99 = \text{Ch}_5 (9/100) \quad \text{Ch}_5 = 1.99 (100/9) = 22.11$$

$$\text{Ch}_4 + 22.11 \text{ Kg} = 75 \text{ Kg} \Rightarrow \text{Ch}_4 = 52.89 \text{ Kg}$$

4. Cálculo de la cantidad de elementos aportados por

Ch ₄	Ch ₅
Si: $52.89 \text{ Kg} \left(\frac{10}{100}\right) = 5.289 \text{ Kg}$	Si: $22.11 \text{ Kg} \left(\frac{10}{100}\right) = 2.211 \text{ Kg}$
Cu: $52.89 \text{ Kg} \left(\frac{1}{100}\right) = 0.528 \text{ Kg}$	Cu: $22.11 \text{ Kg} \left(\frac{10}{100}\right) = 2.211 \text{ Kg}$
Zn: $52.89 \text{ Kg} \left(\frac{2}{100}\right) = 1.05 \text{ Kg}$	Zn: 0 Kg
Al: $52.89 \text{ Kg} \left(\frac{87}{100}\right) = 46.01 \text{ Kg}$	Al: $22.11 \text{ Kg} \left(\frac{80}{100}\right) = 17.688 \text{ Kg}$

5. Balance de cada elemento.

Balance para Si

$$\begin{array}{rcll} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_1 & \text{Ch}_4 & \text{Ch}_5 \\ 10.1 \text{ Kg} & = & 1 \text{ Kg} + 1.2 \text{ Kg} + 5.289 \text{ Kg} + 2.211 \\ 10.1 & = & 9.7 \text{ Kg} & \text{¿Esta bien?} \end{array}$$

Balance para Cu

$$\begin{array}{rcll} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_1 & \text{Ch}_4 & \text{Ch}_5 \\ 3.04 \text{ Kg} & = & 0.3 \text{ Kg} + 0.0 \text{ Kg} + 0.528 \text{ Kg} + 2.211 \text{ Kg} \\ 3.04 \text{ Kg} & = & 3.039 \text{ Kg} & \text{O.K.} \end{array}$$

Balance para Zn

$$\begin{array}{rcll} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_1 & \text{Ch}_4 & \text{Ch}_5 \\ 2.03 \text{ Kg} & = & 0.2 \text{ Kg} + 0.6 \text{ Kg} + 1.05 \text{ Kg} + 0.0 \text{ Kg} \end{array}$$

2.03 = 1.85 O.K. dentro de intervalo

Balance para Al

Req. Ret. Ch₁ Ch₄ Ch₅ Al lingote
 88.08 Kg = 8.5 Kg + 13.2 Kg + 46.01 Kg + 17.688 Kg + Al (100/100)

88.08 Kg = 85.398 + Al (100/100) $\Rightarrow$ lingote de Al = 2.682 Kg

Tabulación de resultados

Materias primas	Kg	%	Si Kg	Cu Kg	Zn Kg	Al Kg
Retornos	10	9.738	1.0	0.3	0.2	8.5
Chatarra 1	15	14.608	1.2	0.0	0.6	13.2
Chatarra 4	52.89	51.508	5.289	0.528	1.05	46.01
Chatarra 5	22.11	21.532	2.211	2.211	0.0	17.688
Zn lingote	--		--	--	--	--
Al lingote	2.682	2.611	--	--	--	2.682
	102.682	100	9.7 10.1 Kg	3.039 3.04 Kg	1.85 2.03 Kg	88.08 88.08 Kg

BALANCE DE CARGA**Problema 2**

Hierro gris matriz perlítica

Horno de inducción

C. Q. Requerida C.Q. Promedio Rendimientos (η)
(Normas)

C = 3.2 – 3.6 % C = 3.4% 92%
Si = 2.4 – 2.8% Si = 2.6% 94%
Mn = 0.6 – 0.8% Mn = 0.7 96%
S = 0.10% S = 0.10% 100%
P = 0.10% P = 0.10% 100%

Se usaran 10% retornos Inoculación 0.10% base silicio 15% de Chatarra 2

Base de Cálculo: 100Kg

Materias Primas	% C	% Si	% Mn	% S	% P
Retornos	3.3	2.6	0.65	0.06	0.05
Chatarra 1	3.8	2.5	0.6	0.07	0.07
Chatarra 2	3.6	2.6	0.5	0.08	0.07
Chatarra 3	3.6	2.0	0.6	0.07	0.06
FeSi	--	75	--	--	--
FeMn	--	--	60	--	--
Recarburante	90	--	--	--	--

1.- Cálculo de la cantidad de elementos necesarios. En función de los parámetros de fusión: Rendimientos y tratamientos del metal líquido.

$$C: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{3.4}{100} \right)}{\frac{92}{100}} = 3.69 \text{ Kg}$$

$$Si: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{2.6}{100} - \frac{0.10}{100} \right)}{\frac{94}{100}} = 2.66 \text{ Kg}$$

$$Mn: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{0.7}{100} \right)}{\frac{96}{100}} = 0.729 \text{ Kg}$$

$$S: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{0.10}{100} \right)}{\frac{100}{100}} = 0.10 \text{ Kg}$$

$$P: \frac{100 \text{ Kg} \left(\frac{0.10}{100} \right)}{\frac{100}{100}} = 0.10 \text{ Kg}$$

2. Cálculo de la cantidad de elementos aportados por las materias primas prefijadas. Retornos (10%) y chatarra 2.

10% Retornos = 10 Kg

15% Ch₂ = 15 kg

$$C: 10 \left(\frac{3.3}{100} \right) = 0.33 \text{ Kg}$$

$$C: 15 \left(\frac{3.6}{100} \right) = 0.54 \text{ Kg}$$

$$Si: 10 \left(\frac{2.6}{100} \right) = 0.26 \text{ Kg}$$

$$Si: 15 \left(\frac{2.6}{100} \right) = 0.39 \text{ Kg}$$

$$Mn: 10 \left(\frac{0.65}{100} \right) = 0.065 \text{ Kg}$$

$$Mn: 15 \left(\frac{0.5}{100} \right) = 0.075 \text{ Kg}$$

$$S: 10 \left(\frac{0.06}{100} \right) = 0.006 \text{ Kg}$$

$$S: 15 \left(\frac{0.08}{100} \right) = 0.012 \text{ Kg}$$

$$P: 10 \left(\frac{0.05}{100} \right) = 0.005 \text{ Kg}$$

$$P: 15 \left(\frac{0.07}{100} \right) = 0.0105 \text{ Kg}$$

3. Balance en función de un elemento “crítico”. Elemento crítico seleccionado: C

$$\begin{array}{rcl} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_2 \\ 3.69 \text{ Kg} & = & 0.33 \text{ Kg} + 0.54 \text{ Kg} + \text{Ch}_1 (3.8/100) + \text{Ch}_3 (3.6/100) \\ 2.82 \text{ Kg} & = & (75 - \text{Ch}_3) (3.8/100) + \text{Ch}_3 (3.6/100) \\ 2.82 \text{ Kg} & = & 2.85 - \text{Ch}_3 (3.8/100) + \text{Ch}_3 (3.6/100) \\ -0.03 \text{ Kg} & = & - \text{Ch}_3 (0.2/100) \\ 0.03 (100/0.2) & = & \text{Ch}_3 = 15 \text{ Kg} \Rightarrow \text{Ch}_1 = 60 \text{ Kg} \end{array}$$

4. Cálculo de la cantidad de elementos aportados por

Ch ₁	Ch ₃
C: $60 \text{ Kg} \left(\frac{3.8}{100} \right) = 2.28 \text{ Kg}$	C: $15 \text{ Kg} \left(\frac{3.6}{100} \right) = 0.54 \text{ Kg}$
Si: $60 \text{ Kg} \left(\frac{2.5}{100} \right) = 1.5 \text{ Kg}$	Si: $15 \text{ Kg} \left(\frac{2.0}{100} \right) = 0.3 \text{ Kg}$
Mn: $60 \text{ Kg} \left(\frac{0.6}{100} \right) = 0.36 \text{ Kg}$	Mn: $15 \text{ Kg} \left(\frac{0.6}{100} \right) = 0.09 \text{ Kg}$
S: $60 \text{ Kg} \left(\frac{0.07}{100} \right) = 0.042 \text{ Kg}$	S: $15 \text{ Kg} \left(\frac{0.07}{100} \right) = 0.0105 \text{ Kg}$
P: $60 \text{ Kg} \left(\frac{0.07}{100} \right) = 0.042 \text{ Kg}$	P: $15 \text{ Kg} \left(\frac{0.06}{100} \right) = 0.009 \text{ Kg}$

5. Balance para Si

$$\begin{array}{rcl} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_2 \quad \text{Ch}_1 \quad \text{Ch}_3 \\ 2.66 \text{ Kg} & = & 0.26 \text{ Kg} + 0.39 \text{ Kg} + 1.5 \text{ Kg} + 0.3 \text{ Kg} + \text{FeSi} (75/100) \\ 0.21 \text{ Kg} & = & \text{FeSi} (75/100) \quad 0.21 \text{ Kg} (100/75) = \text{FeSi} = 0.28 \text{ Kg} \end{array}$$

6. Balance para Mn

$$\begin{array}{rcl} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_2 \quad \text{Ch}_1 \quad \text{Ch}_3 \\ 0.729 \text{ Kg} & = & 0.065 \text{ Kg} + 0.075 \text{ Kg} + 0.36 \text{ Kg} + 0.09 \text{ Kg} + \text{FeMn} (60/100) \\ 0.139 & = & \text{FeMn} (60/100) \quad 0.139 (100/60) = \text{FeMn} = 0.231 \text{ Kg} \end{array}$$

7. Balance para S

$$\begin{array}{rcl} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_2 \quad \text{Ch}_1 \quad \text{Ch}_3 \\ 0.10 \text{ Kg} & = & 0.006 \text{ Kg} + 0.012 \text{ Kg} + 0.042 \text{ Kg} + 0.0105 \\ 0.10 \text{ Kg} & > & 0.0705 \text{ Kg} \text{ O.K.} \quad \text{S} = 0.0705 \% \end{array}$$

8. Balance para P

$$\begin{array}{rcl} \text{Req.} & \text{Ret.} & \text{Ch}_2 \quad \text{Ch}_1 \quad \text{Ch}_3 \\ 0.10 \text{ Kg} & = & 0.005 \text{ Kg} + 0.0105 \text{ Kg} + 0.042 \text{ Kg} + 0.009 \text{ Kg} \\ 0.10 \text{ Kg} & > & 0.0665 \text{ Kg} \text{ O.K.} \quad \text{P} = 0.0665\% \end{array}$$

Materias primas	Kg	%	<i>C</i> Kg	<i>Si</i> Kg	<i>Mn</i> Kg	<i>S</i> Kg	<i>P</i> Kg
Retornos	10	9.949	0.33	0.26	0.065	0.006	0.005
Chatarra 1	60	59.694	2.28	1.5	0.36	0.042	0.042
Chatarra 2	15	14.923	0.54	0.39	0.075	0.012	0.0105
Chatarra 3	15	14.923	0.54	0.3	0.09	0.0105	0.009
FeSi (75/100)	0.28	0.278	--	0.21	--	--	--
FeMn (60/100)	0.231	0.229	--	--	0.139	--	--
	100.511		3.69 /	2.66 /	0.729 /	0.0705 /	0.0665 /
			3.69 Kg	2.66 Kg	0.729 Kg	0.10 Kg	0.10 Kg

BALANCE DE CARGA**Problema 3**

Hierro gris

Horno de Inducción + Espectrómetro de emisión

Capacidad = 900 Kg

C. Q. Deseada	C.Q. Promedio	C. Q. Preliminar
C = 3.0 – 3.4 %	C = 3.2%	C = 2.9%
Si = 2.0 – 2.4%	Si = 2.2%	Si = 2.0%
Mn = 0.4 – 0.6%	Mn = 0.5	Mn = 0.35%
S = 0.08%	S = 0.08%	S = 0.06%
P = 0.09%	P = 0.09%	P = 0.05%

Inoculación 0.10% base silicio

Materias primas	Rendimientos
Recarburante (80% C)	90
FeSi (75%Si))	93
FeMn (60%Mn)	96

1. Cálculo de la cantidad de elementos requeridos

$$C: 900 \text{ Kg} \left(\frac{3.2}{100} \right) = 28.8 \text{ Kg}$$

$$Si: 900 \text{ Kg} \left(\frac{2.2}{100} - \frac{0.1}{100} \right) = 18.9 \text{ Kg}$$

$$Mn: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.50}{100} \right) = 4.5 \text{ Kg}$$

$$S: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.08}{100} \right) = 0.72 \text{ Kg}$$

$$P: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.09}{100} \right) = 0.81 \text{ Kg}$$

2. Cantidad de elementos aportados por una sola materia prima: 900 Kg de metal líquido

$$C: 900 \text{ Kg} \left(\frac{2.9}{100} \right) = 26.1 \text{ Kg}$$

$$Si: 900 \text{ Kg} \left(\frac{2.0}{100} \right) = 18 \text{ Kg}$$

$$Mn: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.35}{100} \right) = 3.15 \text{ Kg}$$

$$S: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.06}{100} \right) = 0.54 \text{ Kg}$$

$$P: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.05}{100} \right) = 0.45 \text{ Kg}$$

3. Balance para C.

Req. M. Liq.

$$28.8 \text{ Kg} = 26.1 \text{ Kg} + \text{Rec} (80/100) (90/100)$$

$$\text{Rec} = 3.75 \text{ Kg}$$

4. Balance para Si

Req. M. Liq.

$$18.9 \text{ Kg} = 18 + \text{FeSi} (70/100) (93/100)$$

$$\text{FeSi} = 1.29 \text{ Kg}$$

5. Balance para Mn

Req. M. Liq.

$$4.5 \text{ Kg} = 3.15 \text{ Kg} + \text{FeMn} (60/100) (96/100)$$

$$\text{FeMn} = 2.34 \text{ Kg}$$

6. Balance para S

Req. M. Liq.

$$0.72 > 0.54 \text{ O.K.} \quad S = 0.06\%$$

7. Balance para P

Req. M. Liq.

$$0.81 > 0.45 \text{ O.K.} \quad P = 0.05\%$$

BALANCE DE CARGA**Problema 4**

Hierro gris

Horno de Inducción + Espectrómetro de emisión

Capacidad = 900 Kg

C. Q. Deseada	C.Q. Promedio	C. Q. Preliminar
C = 3.0 – 3.4 %	C = 3.2%	C = 2.9%
Si = 2.0 – 2.4%	Si = 2.2%	Si = 2.8%
Mn = 0.4 – 0.6%	Mn = 0.5	Mn = 0.35%
S = 0.08%	S = 0.08%	S = 0.06%
P = 0.09%	P = 0.09%	P = 0.05%

Inoculación 0.10% base silicio

Materias primas	Rendimientos
Recarburante (80% C)	90
FeSi (75%Si))	93
FeMn (60%Mn)	96

Otra materia prima Acero 1010.

Suposición: contiene únicamente Fe y C, %C = 0.10

1. Cálculo de la cantidad de elementos requeridos

$$C: 900 \text{ Kg} \left(\frac{3.2}{100} \right) = 28.8 \text{ Kg}$$

$$Si: 900 \text{ Kg} \left(\frac{2.2}{100} - \frac{0.1}{100} \right) = 18.9 \text{ Kg}$$

$$Mn: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.50}{100} \right) = 4.5 \text{ Kg}$$

$$S: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.08}{100} \right) = 0.72 \text{ Kg}$$

$$P: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.09}{100} \right) = 0.81 \text{ Kg}$$

2. Cantidad de elementos aportados por una sola materia prima: 900 Kg de metal líquido

$$C: 900 \text{ Kg} \left(\frac{2.9}{100} \right) = 26.1 \text{ Kg}$$

$$Si: 900 \text{ Kg} \left(\frac{2.8}{100} \right) = 25.2 \text{ Kg}$$

$$Mn: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.35}{100} \right) = 3.15 \text{ Kg}$$

$$S: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.06}{100} \right) = 0.54 \text{ Kg}$$

$$P: 900 \text{ Kg} \left(\frac{0.05}{100} \right) = 0.45 \text{ Kg}$$

En vista de lo anterior; se debe determinar que cantidad de metal líquido contiene 18.9 Kg de silicio.

$$\begin{array}{rcl} 900 \text{ Kg (carga)} & \text{-----} & 25.2 \text{ kg (Si)} \\ X \text{ (carga)} & \text{-----} & 18.9 \text{ Kg (Si)} \end{array}$$

$$X = 900 \text{ Kg carga} (18.9 \text{ Kg (Si)}) / 25.2 \text{ Kg (Si)} = 675 \text{ Kg}$$

$$\text{“Tirar” } 900\text{kg} - 675\text{Kg} = 225 \text{ Kg}$$

Y ajustar con 225 Kg de chatarra de acero 1010

Se repite el paso 2 con una carga de metal líquido de 675 Kg

2. Cantidad de elementos aportados por 675 Kg de metal líquido

$$C: 675 \text{ Kg} \left(\frac{2.9}{100} \right) = 19.575 \text{ Kg} \quad Si: 675 \text{ Kg} \left(\frac{2.8}{100} \right) = 18.9 \text{ Kg}$$

$$Mn: 675 \text{ Kg} \left(\frac{0.35}{100} \right) = 2.36 \text{ Kg} \quad S: 675 \text{ Kg} \left(\frac{0.06}{100} \right) = 0.405 \text{ Kg}$$

$$P: 675 \text{ Kg} \left(\frac{0.05}{100} \right) = 0.337 \text{ Kg}$$

Cantidad de Elementos aportado por 225 kg de acero 1010

$$C: 225 \text{ Kg} \left(\frac{0.10}{100} \right) = 0.225 \text{ Kg} :$$

3. Balance para C.

$$\begin{array}{lcl} \text{Req.} & \text{M. Liq.} & \text{Acero 1010} \\ 28.8 \text{ Kg} & = & 19.575 \text{ Kg} + 0.225 \text{ Kg} + \text{Rec (80/100) (90/100)} \end{array} \quad \text{Rec} = 12.5 \text{ Kg}$$

4. Balance para Si

$$\begin{array}{lcl} \text{Req.} & \text{M. Liq.} & \\ 18.9 \text{ Kg} & = & 18.9 \quad \text{O. K.} \end{array}$$

5. Balance para Mn

$$\begin{array}{lcl} \text{Req.} & \text{M. Liq.} & \\ 4.5 \text{ Kg} & = & 2.36 \text{ Kg} + \text{FeMn (60/100) (96/100)} \end{array} \quad \text{FeMn} = 3.71 \text{ Kg}$$

6. Balance para S

$$\begin{array}{lcl} \text{Req.} & \text{M. Liq.} & \\ 0.72 \text{ Kg} & > & 0.405 \text{ Kg} \quad \text{O.K.} \quad S = 0.045\% \end{array}$$

7. Balance para P

$$\begin{array}{lcl} \text{Req.} & \text{M. Liq.} & \\ 0.81 \text{ Kg} & > & 0.337 \text{ Kg} \quad \text{O.K.} \quad P = 0.037\% \end{array}$$