

## ANEXO B UNIDADES Y FÓRMULAS DE CONVERSIÓN

### ANEXO B1: UNIDADES

<b>Longitud:</b>		<b>Tiempo:</b>	
m	Metro	h	Hora
cm	Centímetro	min	Minuto
mm	Milímetro	s	Segundo
<b>Área:</b>		<b>Temperatura:</b>	
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado	°C	Grado Celsius o centígrado
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado	°K	Grado Kelvin
mm <sup>2</sup>	Milímetro cuadrado		
<b>Volumen:</b>		<b>Presión:</b>	
m <sup>3</sup>	Metro cúbico	mmHg	Milímetros de mercurio
dm <sup>3</sup>	Decímetro cúbico (*)		
L	Litro (*)	<b>Potencia:</b>	
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico (**)	kW	Kilovatio
mL	Mililitro (**)	<b>Energía:</b>	
mpc	Millar de pies cúbicos	kcal	Kilocaloría
		MJ	Megajoule
<b>Masa:</b>		kWh	Kilovatio-hora
t	Tonelada	<b>Concentración:</b>	
kg	Kilogramo	N	Normalidad (Nº equivalentes/L)
g	Gramo	ppm	Partes por millón
mg	Miligramo		

(\*) Se adoptará al litro (L) como equivalente al decímetro cúbico (dm<sup>3</sup>)

(\*\*) Se adoptará al mililitro (mL) como equivalente al centímetro cúbico (cm<sup>3</sup>)

### ANEXO B2: FÓRMULAS DE CONVERSIÓN

Frecuentemente, las recetas que se emplean en las curtiembres se expresan en cantidades como kg de un insumo por tonelada de piel a procesar (kg/t piel), o porcentaje de un insumo respecto al peso de piel a procesar (%). Para otros cálculos donde se necesita conocer el contenido del sulfuro o cromo elemental, se emplean conversiones como las que siguen.

La parte B.2.1 de este anexo, presenta conversiones para calcular el contenido (o porcentaje) de sulfuro en una sal de sulfuro, y viceversa. La parte B.2.2, presenta las conversiones correspondientes a cromo y sales de cromo. Las transformaciones en todos los casos están dadas por tonelada de piel como se acostumbra a trabajar en las curtiembres.

#### B.2.1 SULFUROS

Datos generales:

- PM del sulfuro de sodio (Na<sub>2</sub>S) = 78 g/mol
- Pureza de la SC de sulfuro de sodio (% contenido de Na<sub>2</sub>S en la SC) = 60%
- PM del sulfhidrato de sodio (NaHS) = 56 g/mol
- Pureza de la SC de sulfhidrato de sodio (% contenido de NaHS en la SC) = 70%
- PA del sulfuro (S<sup>2-</sup>) = 32 g/mol

PM = Peso molecular

PA = Peso atómico

SC = Sal comercial

- a) **Fórmula para calcular la cantidad de sulfuro ( $S^{2-}$ ) contenida en una cantidad dada de la sal comercial (SC) de sulfuro de sodio ( $Na_2S$ ) o de sulfuro ácido de sodio (NaHS) utilizados por tonelada de piel**

Fórmula para el caso de la SC de  $Na_2S$ :

$$\text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) = (\text{peso SC } Na_2S / t \text{ piel}) \times (\% \text{ pureza SC } Na_2S / 100\%) \times (PA \ S^{2-} / PM \ Na_2S)$$

Fórmula para el caso de la SC de NaHS:

$$\text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) = (\text{Peso SC NaHS} / t \text{ piel}) \times (\% \text{ pureza SC NaHS} / 100\%) \times (PA \ S^{2-} / PM \ NaHS)$$

**Ejemplo 1:** Hallar la cantidad de sulfuro ( $S^{2-}$ ) en 15 kg de la SC de sulfuro de sodio utilizado por tonelada de piel:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) &= (15 \text{ kg SC } Na_2S / t \text{ piel}) \times (60\% / 100\%) \times [(32 \text{ g/mol } S^{2-}) / (78 \text{ g/mol } Na_2S)] \\ &= 3.7 \text{ kg } S^{2-} / t \text{ piel} \end{aligned}$$

En general, la cantidad de sulfuro existente en 1 kg de la SC de sulfuro de sodio ( $Na_2S$ ), con una pureza del 60%, es igual a:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) &= (\% \text{ pureza SC } Na_2S / 100\%) \times (PA \ S^{2-} / PM \ Na_2S) \\ &= 0.25 \text{ kg } S^{2-} / \text{kg de la SC } Na_2S \text{ al } 60\% \end{aligned}$$

**Ejemplo 2:** Hallar la cantidad de sulfuro ( $S^{2-}$ ) en 15 kg de la SC de sulfuro ácido de sodio (NaHS) utilizado por tonelada de piel:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) &= (15 \text{ kg SC } Na_2S / t \text{ piel}) \times (70\% / 100\%) \times [(32 \text{ g/mol } S^{2-}) / (56 \text{ g/mol } NaHS)] \\ &= 6 \text{ kg } S^{2-} / t \text{ piel} \end{aligned}$$

En general, la cantidad de sulfuro existente en 1 kg de la SC de sulfuro ácido de sodio (NaHS), con una pureza del 70%, es igual a:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) &= (\% \text{ pureza SC NaHS} / 100\%) \times (PA \ S^{2-} / PM \ NaHS) \\ &= 0.4 \text{ kg } S^{2-} / \text{kg de la SC NaHS al } 70\% \end{aligned}$$

- b) **Fórmula para calcular la cantidad de sulfuro ( $S^{2-}$ ) correspondiente al porcentaje de la sal comercial (SC) de sulfuro de sodio ( $Na_2S$ ) o de sulfuro ácido de sodio (NaHS) utilizados sobre la base del peso de 1 tonelada de piel**

Fórmula para el caso de la SC de  $Na_2S$ :

$$\text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) = [(\% \text{ SC } Na_2S / 100\%) \times (1,000 \text{ kg SC } Na_2S / t \text{ piel})] \times (\% \text{ pureza SC } Na_2S / 100\%) \times (PA \ S^{2-} / PM \ Na_2S)$$

Fórmula para el caso de la SC de NaHS:

$$\text{Cantidad de Sulfuro } (S^{2-}) = [(\% \text{ SC NaHS} / 100\%) \times (1,000 \text{ kg SC NaHS} / t \text{ piel})] \times (\% \text{ pureza SC NaHS} / 100\%) \times (PA \ S^{2-} / PM \ NaHS)$$

**Ejemplo 1:** Hallar la cantidad de sulfuro ( $S^{2-}$ ) correspondiente al uso de 1.5% de la SC de  $Na_2S$  (sobre la base del peso de 1 tonelada de piel)

$$S^{2-} = [(1.5\% / 100\%) \times (1,000 \text{ kg SC } Na_2S / \text{ t piel})] \times (60\% / 100\%) \times [(32 \text{ g/mol } S^{2-}) / (78 \text{ g/mol } Na_2S)]$$

$$= 3.7 \text{ kg } S^{2-} / \text{ t piel}$$

**Ejemplo 2:** Hallar la cantidad de sulfuro ( $S^{2-}$ ) correspondiente al uso de 1.5% de la SC de  $NaHS$  (sobre la base del peso de 1 tonelada de piel)

$$S^{2-} = [(1.5\% / 100\%) \times (1,000 \text{ kg SC } NaHS / \text{ t piel})] \times (70\% / 100\%) \times [(32 \text{ g/mol } S^{2-}) / (56 \text{ g/mol } NaHS)]$$

$$= 6 \text{ kg } S^{2-} / \text{ t piel}$$

c) **Fórmula para calcular la cantidad equivalente de la sal comercial (SC) de sulfuro de sodio ( $Na_2S$ ) o de sulfuro ácido de sodio ( $NaHS$ ), contenida en un baño de volumen conocido, a partir de la determinación de la concentración de sulfuro ( $S^{2-}$ ) en dicho baño.**

Para expresar las ecuaciones que siguen, se define los siguientes términos adicionales:

V = Volumen de la solución del baño, en  $m^3$

$[S^{2-}]$  = Concentración de sulfuro ( $S^{2-}$ ) en el baño, expresado en:  $kg \text{ de } S^{2-} / m^3$  de solución del baño

Fórmula para el caso de la SC de  $Na_2S$ :

$$\text{Cantidad de SC de } Na_2S = [S^{2-}] \times V \times (100\% / \% \text{ pureza SC } Na_2S) \times (PM \text{ } Na_2S / PA \text{ } S^{2-})$$

Fórmula para el caso de la SC de  $NaHS$ :

$$\text{Cantidad de SC de } NaHS = [S^{2-}] \times V \times (100\% / \% \text{ pureza SC } NaHS) \times (PM \text{ } NaHS / PA \text{ } S^{2-})$$

**Ejemplo 1:** Hallar la cantidad de SC de  $Na_2S$  contenida en  $1 \text{ m}^3$  de solución del baño, cuya concentración en sulfuro ( $S^{2-}$ ), determinada mediante análisis de laboratorio, es de  $0.6 \text{ kg } S^{2-} / m^3$ .

$$\text{Cantidad de SC de } Na_2S = (0.6 \text{ kg } S^{2-} / m^3) \times (1 \text{ m}^3) \times (100\% / 60\%) \times [(78 \text{ g/mol } Na_2S) / (32 \text{ g/mol } S^{2-})]$$

$$= 2.44 \text{ kg } Na_2S$$

**Ejemplo 2:** Hallar la cantidad de SC de  $NaHS$  contenida en  $1 \text{ m}^3$  de solución del baño, cuya concentración en sulfuro ( $S^{2-}$ ), determinada mediante análisis de laboratorio, es de  $0.6 \text{ kg } S^{2-} / m^3$ .

$$\text{Cantidad de SC } NaHS = (0.6 \text{ kg } S^{2-} / m^3) \times (1 \text{ m}^3) \times (100\% / 60\%) \times [(56 \text{ g/mol } NaHS) / (32 \text{ g/mol } S^{2-})]$$

$$= 1.75 \text{ kg } NaHS$$

## B.2.2 CROMO

Datos:

- Contenido de óxido de cromo ( $Cr_2O_3$ ) en la SC de cromo = 26% (puede variar entre 24 –26%)
- PM del sulfato básico de cromo (III),  $Cr(OH)SO_4 = 165 \text{ g/mol}$
- PM del óxido de cromo ( $Cr_2O_3$ ) =  $152 \text{ g/mol}$
- PA del cromo (Cr) =  $52 \text{ g/mol}$

SC = Sal comercial

PM = Peso molecular

PA = Peso atómico

**a) Fórmula para calcular la cantidad de óxido de cromo (III) ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) contenida en una cantidad dada de la sal comercial (SC) de sulfato básico de cromo (III), ( $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ )**

$$\text{Cantidad de } \text{Cr}_2\text{O}_3 = [\text{Cantidad de SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4] \times (\% \text{ de } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4 / 100\%)$$

La “Cantidad de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ” que aparece en la fórmula precedente, estará expresada en las mismas unidades en las que se exprese la “Cantidad de  $\text{SC Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ ” de la misma fórmula. Esta última puede ser expresada en términos absolutos (p.e. kg) o en términos relativos (p.e. kg / tonelada de piel; o % respecto al peso de piel).

**Ejemplo 1:** Hallar la cantidad de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  existente en 70 kg de la SC de  $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ :

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de } \text{Cr}_2\text{O}_3 &= [70 \text{ kg de SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4] \times (26\% / 100\%) \\ &= 18.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Ejemplo 2:** Hallar la cantidad de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  existente en 70 kg de la SC de  $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$  / tonelada de piel:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de } \text{Cr}_2\text{O}_3 &= [70 \text{ kg de SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4 / \text{t piel}] \times (26\% / 100\%) \\ &= 18.2 \text{ kg / t piel} \end{aligned}$$

**Ejemplo 3:** Hallar la cantidad de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  existente en 7% de la SC de  $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$  respecto al peso de piel:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de } \text{Cr}_2\text{O}_3 &= [7\% \text{ de SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4] \times (26\% / 100\%) \\ &= 1.82\% \text{ (respecto al peso de piel)} \end{aligned}$$

**b) Fórmula para calcular la cantidad de cromo (Cr) contenida en una cantidad dada de la sal comercial (SC) de sulfato básico de cromo (III), ( $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ )**

$$\text{Cantidad de Cr} = [\text{Cantidad SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4] \times (\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ en SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4 / 100\%) \times (\text{PA Cr} / \text{PM Cr}_2\text{O}_3)$$

La “Cantidad de Cr” que aparece en la fórmula precedente, estará expresada en las mismas unidades en las que se exprese la “Cantidad de  $\text{SC Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ ” de la misma fórmula. Esta última puede ser expresada en términos absolutos (p.e. kg) o en términos relativos (p.e. kg / tonelada de piel; o % respecto al peso de piel).

**Ejemplo 1:** Hallar la cantidad de Cr existente en 70 kg de la SC de  $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ :

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Cr} &= [70 \text{ kg de SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4] \times [(52 \text{ g/mol Cr}) / (152 \text{ g/mol Cr}_2\text{O}_3)] \times (26\% / 100\%) \\ &= 6.23 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Ejemplo 2:** Hallar la cantidad de Cr existente en 70 kg de la SC de  $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$  / tonelada de piel:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Cr} &= [70 \text{ kg de SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4 / \text{t piel}] \times [(52 \text{ g/mol Cr}) / (152 \text{ g/mol Cr}_2\text{O}_3)] \\ &\quad \times (26\% / 100\%) \\ &= 6.23 \text{ kg / t piel} \end{aligned}$$

**Ejemplo 3:** Hallar la cantidad de Cr existente en 7% de la SC de  $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$  respecto al peso de piel:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Cr} &= [7\% \text{ de SC } \text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4] \times [(52 \text{ g/mol Cr}) / (152 \text{ g/mol Cr}_2\text{O}_3)] \times (26\% / 100\%) \\ &= 0.62\% \text{ (respecto al peso de piel)} \end{aligned}$$

- c) **Fórmula para calcular la cantidad equivalente de la sal comercial (SC) de sulfato básico de cromo (III), (Cr(OH)SO<sub>4</sub>), contenida en un baño de volumen conocido, a partir de la determinación de la concentración de cromo (Cr) en dicho baño**

Para expresar la ecuación que sigue, se define los siguientes términos adicionales:

V = Volumen de la solución del baño, en m<sup>3</sup>

[Cr] = Concentración de cromo (Cr) en el baño, expresado en: kg de Cr / m<sup>3</sup> de solución del baño

$$\text{Cantidad de SC Cr(OH)SO}_4 = [\text{Cr}] \times V \times (\text{PM Cr}_2\text{O}_3 / \text{PA Cr}) \times (100\% / \% \text{ de Cr}_2\text{O}_3 \text{ en Cr(OH)SO}_4)$$

**Ejemplo 1:** Hallar la cantidad de SC de Cr(OH)SO<sub>4</sub> contenida en 1 m<sup>3</sup> de solución del baño, cuya concentración en cromo [Cr], determinada mediante análisis de laboratorio, es de 6.23 kg Cr / m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{Cantidad SC Cr(OH)SO}_4 &= (6.23 \text{ kg Cr} / \text{m}^3) \times (1 \text{ m}^3) \times [(152 \text{ g/mol Cr}_2\text{O}_3) / (52 \text{ g/mol Cr})] \times (100\% / 26\%) \\ &= 70 \text{ kg SC Cr(OH)SO}_4 \end{aligned}$$