

EJERCICIO SOBRE DIMENSIONADO DE CICLONES

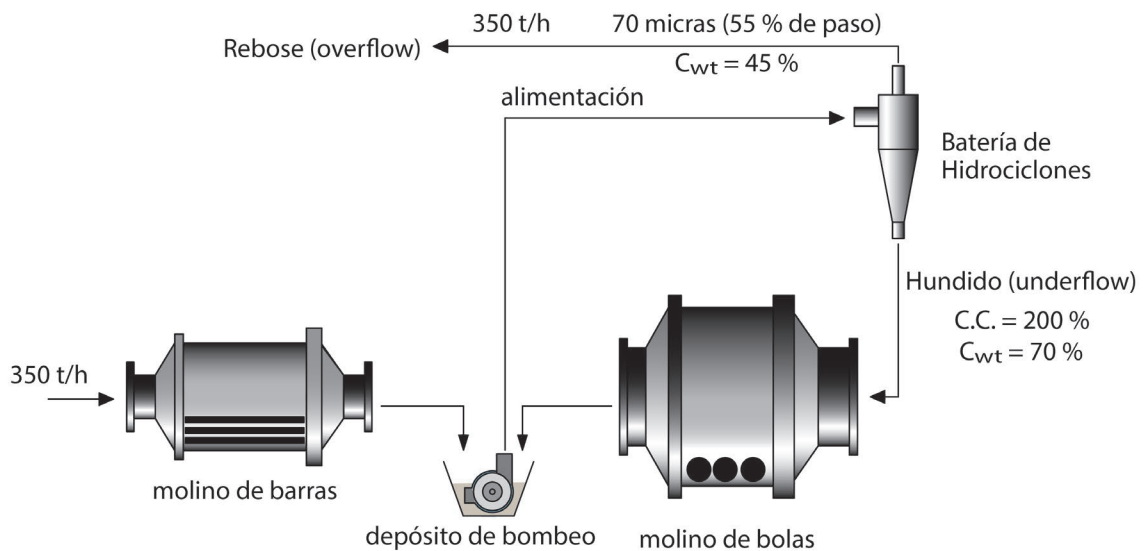
EJERCICIO

Una planta de molienda procesa 350 t/h de mineral (sólidos) de una densidad de 3.0 ton/m³ (Ver diagrama de flujo).

Determinar¹ el **número de ciclones** y su **diámetro** para obtener un rebose que cumpla las siguientes condiciones:

- Un porcentaje en peso de sólidos del 45 % (C_{wt}).
- Teniendo un 55 % de paso por la abertura de 70 μm .
- La caída de presión es de 50 kPa.

Diagrama de la etapa de molienda



$\Delta P = 50 \text{ kPa}$ (7 PSI)

Densidad del mineral = 3.0 t/m³

PMP2021

C_{wt} = Porcentaje (%) de los sólidos en peso.

C_v = Porcentaje (%) de los sólidos en volumen.

ρ_{pulpa} = Densidad de la pulpa.

1 l/s = 15.84 USGPM (galones por minuto US)

1 Galón (US) = 4 litros

1 PSI = 6.9 kPa.

¹ Es necesario el balance de material del ciclón.

$$\rho_{pulpa} = \frac{\rho_{líquido}}{1 - C_{wt} \cdot \left(\frac{\rho_{sólido} - \rho_{líquido}}{\rho_{sólido}} \right)}$$

$$C_v = \frac{\rho_{pulpa} - \rho_{líquido}}{\rho_{sólido} - \rho_{líquido}}$$

Solución:

Para resolver este tipo de problemas hay que hacer uso del balance de materia que ocurre en el hidrociclón (o grupo de ciclones), como unidad de proceso:

REBOSE (Overflow)

Se considerará que el flujo en el rebose coincide con la cantidad de material que entra, es decir 250 t/h de mineral (sólidos).

Sólidos (C_{wt} = Porcentaje de sólidos en peso en el rebose) = 45%

$$350 \text{ tph} \rightarrow 45\%$$

$$x \text{ tph} \rightarrow 55\%$$

$$\text{Así, } x = 427.78 \text{ tph de agua}$$

Líquidos = 427.78 t/h de agua

Pulpa (sólidos + agua) = 350 t/h + 427.78 t/h = 777.78 t/h

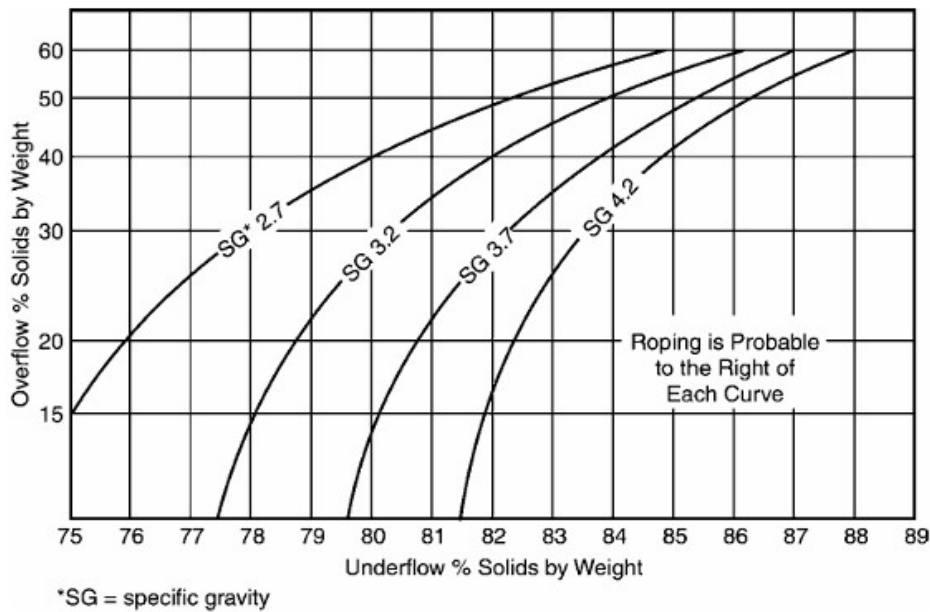
HUNDIDO (Underflow)

Carga Circulante (C.C.) = 2.00 x (hundido/Alimentación), es decir el hundido es igual a 2.00 x 350 t/h = 700 t/h

Nota para evitar condiciones de espesamiento a la salida del hundido (fenómeno de "roping"), el porcentaje de sólidos en el hundido no debe de exceder del 8.3% en peso, por lo que para estar del lado de la seguridad se tomará un 70% de sólidos en peso (Ver Fig. 4.2, pág. 164 (Maurice C. Fuerstenau and Kenneth N. Han)).

70% → 700 tph de sólidos
 30% → y
 Así, y = 300 tph de agua

Sólidos (C_{wt} = Porcentaje de sólidos en peso en el hundido) = 70% = 700 tph
Líquidos = 300 tph = 30% porcentaje de líquido en peso en el hundido
Pulpa = 1000 tph.
 % de sólidos en peso en el hundido = 70%



Source: Mular and Jull 1982.

FIGURE 4.32 Critical percentage solids cyclone overflow versus underflow at different specific gravities

ALIMENTACIÓN (Feed)

Sólidos = 350 tph + 700 tph = 1050 tph = $850 \times (\sqrt[3]{3.0}) = 350 \text{ m}^3/\text{h}$
Líquidos (agua) = 427.78 tph + 300 tph = 727.78 tph = $727.78 \times (\sqrt[3]{1}) = 727.78 \text{ m}^3/\text{h}$
Pulpa = 350 m³/h + 727.78 m³/h = 1077.78 m³/h = 4742.23 USGPM

1077.78 m³/h de pulpa → 100%
 350 m³/h de sólidos → x
 Así, x = 32.5% concentración de sólidos en volumen (C_v)

CÁLCULO DEL D_{50c} (APLICACIÓN):

El corte de aplicación es aquel que se produce bajo condiciones reales de trabajo. En nuestro caso el ciclón (o grupo de ciclones) debe cumplir con un rebose (overflow) cuyo contenido en sólidos presente un 55% de paso por la abertura de 70 micras (d_{60}).

Con estos datos y entrando en la tabla siguiente:

Table 1. Relationship of D_{50c} to Overflow Size Distribution

<u>Required Overflow Size Distribution (Percent Passing) of Specified Micron Size</u>	<u>Multiplier (To Be Multiplied Times Micron Size)</u>
98.8	0.54
95.0	0.73
90.0	0.91
80.0	1.25
70.0	1.67
60.0	2.08
50.0	2.78

Obtenemos un factor $K = 2.43$ (obtenido por interpolación entre 60% y 50%), así:

$$D_{50c}(\text{aplicación}) = K \cdot d_{60} (\text{micras}) = 2.43 \times 70 \text{ micras} = 170.1 \text{ micras}$$

CÁLCULO DEL D_{50c} (BASE):

El D_{50c} (BASE) es el corte que un hidrociclón Krebs estándar daría trabajando bajo condiciones base y cumple que:

$$D_{50c}(\text{aplicación}) = D_{50c}(\text{Base}) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$

Ahora habrá que calcular los coeficientes (C_i) anteriores:

Cálculo del coeficiente (C_1):

Tiene en cuenta el % de sólidos en volumen en la alimentación al hidrociclón (o grupo de hidrociclones), sería el parámetro (C_v) previamente calculado, así tendríamos:

$$C_1 = \left(\frac{53 - C_v}{53} \right)^{-1.43} = \left(\frac{53 - 32.5}{53} \right)^{-1.43} = 3.9$$

Cálculo del coeficiente (C_2):

Tiene en cuenta la caída de presión que se produce internamente a lo largo de la longitud del hidrociclón (ΔP):

$$C_2 = 3.27 \cdot \Delta P^{-0.28} = 3.27 \cdot (50 \text{ kPa})^{-0.28} = 1.09$$

50 kPa = 7 PSI

Cálculo del coeficiente (C_3):

Tiene en cuenta la variación de la densidad de las partículas sólidas a partir de las condiciones base (ρ_s):

$$C_3 = \left(\frac{1.65}{\rho_{\text{sólido}} - \rho_{\text{líquido}}} \right)^{0.5} = \left(\frac{1.65}{3.0 - 1} \right)^{0.5} = 0.91$$

Una vez calculados todos los coeficientes, nos vamos a la siguiente expresión y obtenemos el D_{50c} (BASE):

$$D_{50c}(\text{aplicación}) = D_{50c}(\text{Base}) \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3$$
$$170.1 \text{ micras} = D_{50c}(\text{Base}) \cdot 3.9 \cdot 1.09 \cdot 0.91;$$
$$D_{50c}(\text{Base}) = 44 \text{ micras}$$

Ahora se calcularía el diámetro del hidrociclón ($D_{\text{ciclón}}$), en cm, con la siguiente expresión:

$$D_{50c}(\text{Base, micras}) = 2.84 \cdot D_{\text{CICLÓN}}^{0.66};$$

$$44 \text{ micras} = 2.84 \cdot D_{\text{CICLÓN}}^{0.66};$$

$$D_{\text{CICLÓN}} = 63.6 \text{ cm} = 25.04 \text{ pulgadas} = \text{aprox. } 25''$$

Según la siguiente gráfica, entrando con una caída de presión de 7 PSI y buscando la recta para un hidrociclón con un diámetro aproximado de 25 pulgadas, éste proporcionaría una capacidad de tratamiento de aproximadamente 1300 gpm, como según nuestros cálculos anteriores se necesitarán procesar 4074.4 gpm, entonces habrá que colocar:

$$\frac{4742.23 \text{ gpm}}{1300 \text{ gpm}} = 3.65 \text{ unidades} = 4 \text{ unidades}$$

