

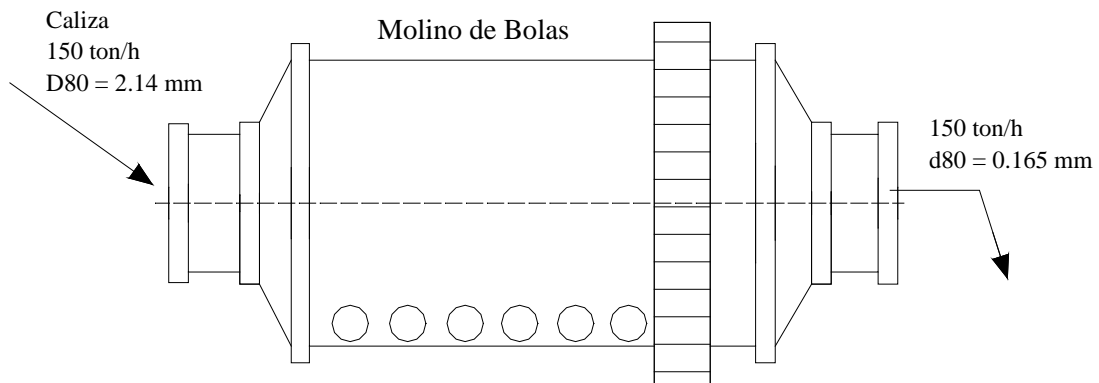
EJERCICIO SOBRE DIMENSIONADO DE MOLINOS

EJERCICIO

En una planta de cementos que debe tratar 150 ton/h de caliza, cumpliendo dicho material un $D_{80} = 2.14 \text{ mm}$ y un $d_{80} = 165 \text{ }\mu\text{m}$; con un control sobre el tamaño del producto (% de paso) del 80 %, se quiere instalar un molino de bolas para dicha capacidad a través del criterio de Bond.

Los revestimientos del molino no serán de caucho y la descarga se efectuará a través de parrilla, siendo la molienda por vía seca y en circuito abierto, con un volumen de carga del 35 %.

De los diferentes molinos de bolas que nos proporciona el fabricante seleccionar el más adecuado, calculando además el diámetro máximo de bolas para dicho molino.



Datos:

- 1 HP = 0.74569 kW
- Índice de Bond (w_i) del material = 13.2 kWh/ton.
- Peso específico el material (S_g) = 2.4 gr/cm³.

Características técnicas de los molinos de bolas que ofrece el fabricante:

Longitud (m)	% Velocidad Crítica (% Cs)	Potencia del molino (HP)		Diámetro Interior (m) (D_M)
		% Volumen de la carga		
		35 %	40 %	
4.27	70.7	1595 HP	1699 HP	4.08
4.27	70.8	1730 HP	1842 HP	4.24
4.57	69.8	1980 HP	2107 HP	4.39
4.57	69.8	2132 HP	2264 HP	4.54

Dicho fabricante suministra para los anteriores equipos los siguientes tamaños de bolas de acero:

Diámetro de bola (mm)	115	100	90	75	65	50	40	25
-----------------------	-----	-----	----	----	----	----	----	----

Solución:

Para seleccionar el molino, empleamos la expresión de la potencia absorbida según BOND:

$$P_a = 10 \cdot w_i \cdot \frac{1}{0.907} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{d_{80}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{80}}} \right) \cdot C$$

$$P_a = 10 \cdot 13.2 \cdot \frac{1}{0.907} \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{165}} - \frac{1}{\sqrt{2140}} \right) \cdot 150 = 1227.6 \text{ kW}$$

Donde 1227.6 kW es la potencia absorbida teórica. Como las potencias que suministra el fabricante vienen expresadas en HP, habrá que llevar a cabo una conversión de unidades:

$$1227.6 \text{ kW} = 1646.23 \text{ HP}$$

Por lo que se escogería el molino de 1730 HP (35% de volumen de carga).

Ahora hay que obtener la potencia útil para las condiciones exigidas de molienda y observar si la elección anterior sigue siendo correcta.

Para la potencia útil la expresión a emplear es de:

$$P_m = P_a (E_{Fi}), \text{ siendo } E_{Fi} \text{ los factores de corrección.}$$

Cálculo de los factores de Corrección (E_{Fi}) para el modelo de 1730 HP

1. E_{F1} (molienda en seco) = 1.3
2. E_{F2} (molienda en circuito abierto) = 1.20 (tabla 4.5); control sobre el tamaño del producto (% paso) = 80% de paso.
3. E_{F3} (Factor de Eficiencia del Diámetro) = 0.89 < 0.914 (diámetro = 4.24)
luego se toma como coeficiente 0.914.

$$\varepsilon F_3 = \left(\frac{2.44}{4.24} \right)^{0.2} = 0.89$$

4. εF_4 (Factor de sobretamaño) = 0.78

$$F_o = 4000 \cdot \sqrt{\frac{13}{13.2}} = 3969.58 \text{ micras}$$

$$R_r = \frac{D_{80}}{d_{80}} = \frac{2140}{165} = 12.97$$

$$\varepsilon F_4 = \frac{12.97 + (13.2 - 7) \cdot \left(\frac{2140 - 3969.6}{3969.6} \right)}{12.97} = 0.78$$

5. εF_5 (Factor de molienda fina) = 1

$d_{80} = 165 \text{ micras} > 75 \text{ micras}$, luego no se aplica.

6. εF_6 (Alto/Bajo ratio de reducción) = 1

7. εF_7 (Bajo ratio de reducción) = 1

$R_r = 12.97 > 6$; luego no se aplica.

8. εF_8 (molino de barras) = 1

9. εF_9 (Factor de revestimientos de caucho) = 1

No llevará revestimientos de caucho.

Cálculo de la potencia útil

$$P_m = 122.76 \times 1.3 \times 1.20 \times 0.914 \times 0.78 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1365 \text{ kW}$$

$$P_m = 1365 \text{ kW} = 1830.89 \text{ HP}$$

Como resulta que aún P_m (1830.89 HP) $>$ 1730 HP (potencia del Molino seleccionado); entonces el Molino seleccionado aún no es adecuado, por lo tanto,

se vuelve a seleccionar otro molino de superior potencia y se comienza de nuevo con el proceso del cálculo teórico de la potencia motor.

Ahora el molino seleccionado sería el de 1980 HP.

Para este molino el $D_m = 4.39m$

Cálculo de los factores de Corrección ($\mathcal{E}F_i$) para el modelo de 1980 HP

10. $\mathcal{E}F_1$ (molienda en seco) = 1.3

11. $\mathcal{E}F_2$ (molienda en circuito abierto) = 1.20 (tabla 4.5); control sobre el tamaño del producto (% paso) = 80% de paso.

12. $\mathcal{E}F_3$ (Factor de Eficiencia del Diámetro) = 0.88 < 0.914 (diámetro = 4.39)
luego se toma como coeficiente 0.914.

$$\mathcal{E}F_3 = \left(\frac{2.44}{4.39} \right)^{0.2} = 0.88$$

13. $\mathcal{E}F_4$ (Factor de sobretamaño) = 0.78

$$F_o = 4000 \cdot \sqrt{\frac{13}{13.2}} = 3969.58 \text{ micras}$$

$$R_r = \frac{D_{80}}{d_{80}} = \frac{2140}{165} = 12.97$$

$$\mathcal{E}F_4 = \frac{12.97 + (13.2 - 7) \cdot \left(\frac{2140 - 3969.6}{3969.6} \right)}{12.97} = 0.78$$

14. $\mathcal{E}F_5$ (Factor de molienda fina) = 1

$$d_{80} = 165 \text{ micras} > 75 \text{ micras, luego no se aplica.}$$

15. $\mathcal{E}F_6$ (Alto/Bajo ratio de reducción) = 1

16. $\mathcal{E}F_7$ (Bajo ratio de reducción) = 1

$R_r = 12.97 > 6$; luego no se aplica.

17. E_{f8} (molino de barras) = 1

18. E_{f9} (Factor de revestimientos de caucho) = 1

No llevará revestimientos de caucho.

Cálculo de la potencia útil

$$P_m = 122.76 \times 1.3 \times 1.20 \times 0.914 \times 0.78 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1365 \text{ kW}$$

$$P_m = 1365 \text{ kW} = 1830.89 \text{ HP}$$

Como esta vez $1830 \text{ HP} < 1980 \text{ HP}$, por lo tanto MOLINO ADECUADO

Cálculo del diámetro máximo de bolas

Se empleará la expresión (4.24) de los apuntes, es decir:

$$D_{bola} = \left(\sqrt{\frac{D_{80}}{K}} \cdot \sqrt[3]{\frac{w_i \cdot S_g}{(\%C_s) \cdot \sqrt{3.281 \cdot D_m}}} \right) \cdot 25.4$$

$$D_{bola} = \left(\sqrt{\frac{2140}{335}} \cdot \sqrt[3]{\frac{13.2 \cdot 2.4}{69.8 \cdot \sqrt{3.281 \cdot 4.39}}} \right) \cdot 25.4 = 31.6 \text{ mm}$$

Luego, se seleccionarán bolas de acero de 25 mm (diámetro inferior al máximo calculado para un molino de 1980 HP).