EJEMPLO DE REFERENCIA · CASILOTEX

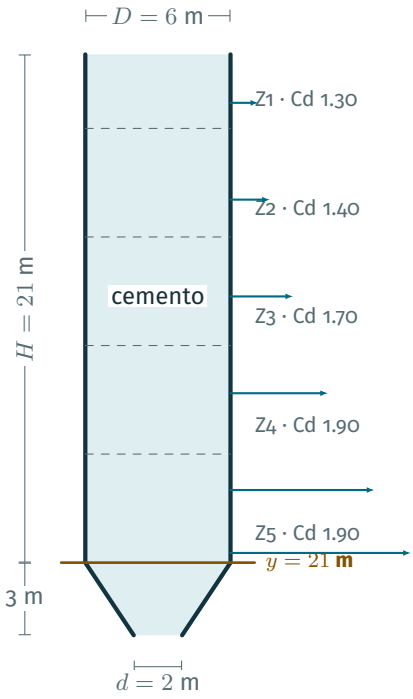
Ejemplo para TI-Nspire

Silo circular de cemento 6 × 21 m: presiones, armadura y grietas · v1.0.0 · Noviembre de 2026

Enunciado

Un silo circular de hormigón armado almacena **cemento portland**. Tiene diámetro $D = 6$ m, altura de pared $H = 21$ m, pared de $h_p = 25$ cm y una tolva de 3 m de altura con boca de 2 m. El material entra a 65 °C y el ambiente está a 10 °C.

En la base de la pared ($y = 21$ m) se pide: clasificar el depósito y su flujo; calcular las **presiones estáticas** por Reimbert y por Jaky y las **presiones dinámicas** con el coeficiente de sobrepresión C_d; **verificar el espesor**; diseñar la **armadura horizontal** (material más efecto térmico) y la **vertical**, y comprobar el **ancho de grietas**.



Datos

Geometría	Valor
Forma	Circular
Diámetro D	6 m
Altura de pared H	21 m
Espesor de pared h_p	25 cm
Tolva: altura h, boca d	3 m, 2 m
Profundidad de análisis y	21 m

Material almacenado	Valor
Cemento portland	$\gamma = 1600$ kgf/m³
Ángulo de rozamiento	$\phi = 27°$
Fricción con la pared	$\mu = 0.40$ (cohesivo)

Hormigón y acero	Valor
f'_c, f_y	250 y 4200 kgf/cm²
E_s	2.1×10^6 kgf/cm²
Recubrimiento r_m	5 cm
Barras	ϕ20 horizontal, ϕ16 vertical

Criterios	Valor
Temperaturas	$t_i = 65$ °C, $t_e = 10$ °C
Coeficiente K	Envolvente (Reimbert y Jaky)
Sobrepresión C_d	Conservador ($H/D = 3.5 \rightarrow$ col. 4)

Resultados clave

Magnitud	Referencia	CASILOTEX	Estado
Clasificación ($1.5\sqrt{A} = 7.976$ m)	Silo	Silo	Coincide
Flujo ($h/d = 1.5 \leq 2.5$)	Embudo	Embudo	Coincide
Reimbert: p (kgf/m²)	5376.8	5376.8	Coincide
Reimbert: q (kgf/m²)	10828.4	10828.4	Coincide
Reimbert: V (kgf/m)	34157.3	34157.3	Coincide
Jaky: p (kgf/m²)	5635.6	5635.6	Gobierna
Zona y C_d en $y = 21$ m	5 · 1.90	5 · 1.90	Coincide
$p_d = C_d\, p$ (kgf/m²)	10707.6	10707.6	Coincide
Tracción $T_d = p_d D/2$ (kgf/m)	32122.8	32122.8	Coincide
Espesor mecánico (cm)	16.07	16.07	≤ 25 cm, cumple
A_{sh} material (cm²/m)	14.447	14.447	Coincide
A_{st} térmico calc. / adoptado	0.651 / 6.25	0.651 / 6.25	Manda el mínimo
A_{SH} total (cm²/m)	20.697	20.697	4 ϕ20 c/25 por cara
A_{SV} total (cm²/m)	12.50	12.50	ext. 4 ϕ16 c/25, int. 3 ϕ16 c/30
Ancho de grieta W_{cr} (mm)	0.1026	0.1026	≤ 0.2 mm, cumple

Presiones en la base de la pared ($y = 21$ m). Para el diseño se toma el mayor de Reimbert y Jaky en cada magnitud (envolvente). Tolerancia de la validación: 10^{-6} relativo.

Comprobación

$$K_R = \frac{1-\sin 27^\circ}{1+\sin 27^\circ} = 0.3755, \qquad C = \frac{D}{4\mu K} = \frac{6}{4(0.40)(0.3755)} = 9.986 \text{ m}$$

$$P_{max} = \frac{\gamma D}{4\mu} = \frac{1600(6)}{4(0.40)} = 6000 \text{ kgf/m}^2, \qquad p = P_{max}\left[1-\left(\frac{21}{9.986}+1\right)^{-2}\right] = 5376.8 \text{ kgf/m}^2$$

$$K_J = 1-\sin 27^\circ = 0.5460, \qquad C = 6.868 \text{ m}, \qquad p = 5635.6 \text{ kgf/m}^2$$

$$T_d = C_d\, p\, \frac{D}{2} = 1.90(5635.6)(3) = 32122.8 \text{ kgf/m}$$

$$A_{sh} = \frac{1.7\, T_d}{0.9 f_y} = \frac{54608.8}{3780} = 14.447 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Documento: `CASILOTEX.tns` 1.0.0. En la calculadora: `Archivo > Ejemplos`, caso 1, y `Calcular > Calcular`; el paso a paso de 17 pasos está en la guía. Fuente: ejemplo *Silo circular de cemento 6x21 m* de CASILOTEX (`Archivo > Ejemplos`). Ejercicio resuelto del tema «Depósitos para materiales granulares» (págs. 6-16) del material de Estructuras Especiales; los valores se verificaron con un cálculo independiente. Las pequeñas diferencias con el texto original (menos del 0.3 %) se deben a que este redondea K a tres decimales..