

ANEJO N° 8
CONSTRUCCIONES.



1.- ESTUDIO GEOTÉCNICO.

El promotor de la obra, en su momento, encargó la realización de un estudio geotécnico (Norma Tecnológica NET-CEG), que ha consistido en.

1.- Trabajos de campo.

1.1.- Sondeos.

1.2.- Ensayos de penetración dinámica continua.

2.- Ensayos de laboratorio.

2.1.- Análisis granulométricos.

2.2.- Límites de Atterberg.

2.3.- Análisis de sulfatos.

3.- Antecedentes geológicos.

4.- Características del terreno y nivel freático.

5- Conclusiones y recomendaciones.

La conclusión a la que se ha llegado con el estudio es la siguiente:

Tras los diversos sondeos, golpes y ensayos de penetración realizados en el suelo, en el que se asienta las edificaciones objetos del proyecto, se llega a la conclusión de que el material es de buena calidad geotécnica y, por tanto, se considera “acto” como apoyo de cimentación.

El terreno presenta una resistencia en 2-4 Kg/cm².

Los resultados de los análisis, realizados en el laboratorio, consideran como “acto” el terreno para llevar a cabo la ejecución del proyecto. En las calicatas no se ha alcanzado la capa freática.



2.- MUROS

2.1.- CÁLCULO

2.1.1.- Muros de contención (Terrazas).

Se desea construir dos muros de hormigón en masa, tal como se indican en la figura 51, para sostener un relleno horizontal de material granular con $\phi = 45^\circ$, con altura de 2 m sobre el plano de cimentación y profundidad de cimentación de 1 m.

Se desea que la sección del muro sea trapecial.

Datos:

- Densidad del hormigón 23 kN/m^3 .
- Densidad del relleno 18 kN/m^3 .
- Resistencia característica del hormigón $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$.
- Tensión admisible del terreno $0,2 \text{ N/mm}^2$.
- Tensión admisible bajo el empuje incrementado $0,4 \text{ N/mm}^2$.
- Seguridad a deslizamiento $\geq 1,5$.
- Seguridad a vuelco $\geq 1,8$.

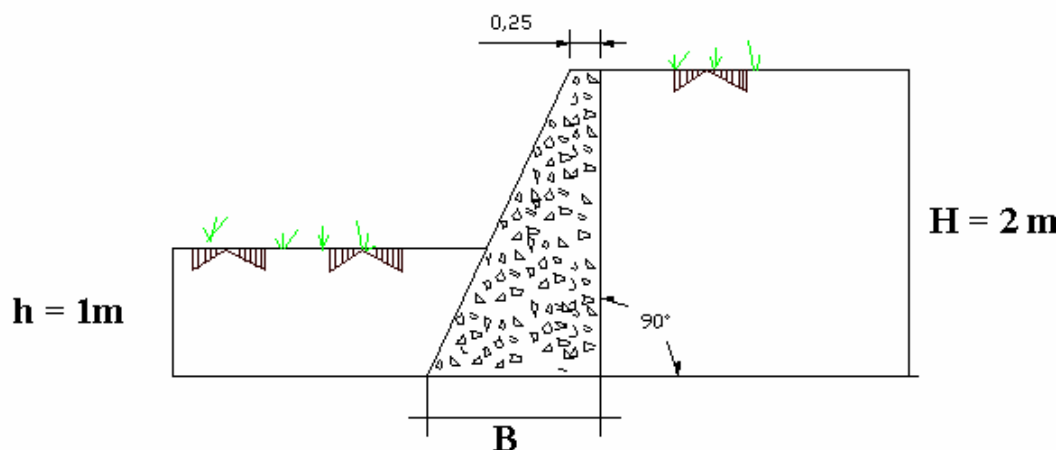


Figura: 51 “*Muros de contención (Terrazas)*”



La figura corresponde a un muro de gravedad, con un ancho de coronación pequeño, (0,25 m) respecto al ancho **B** de la base y con el talud del trasdós vertical. A efectos de lo que sigue, se asimilará al muro triangular de la figura que se representa a continuación, con trasdós vertical y relleno de superficie horizontal.

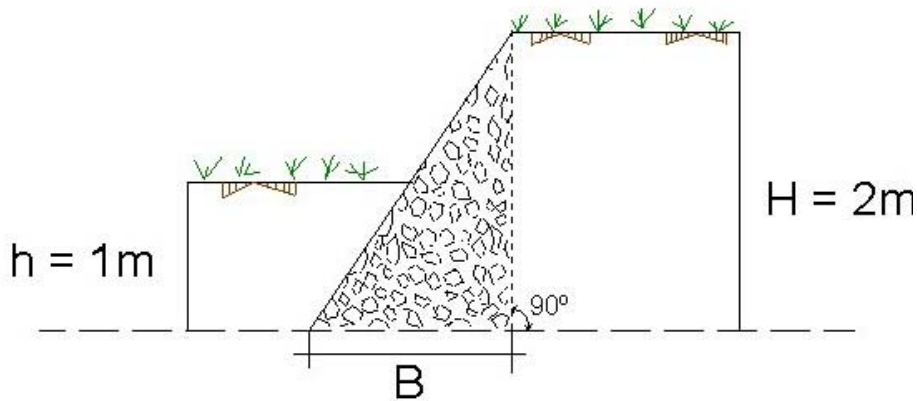


Figura: 52 “*Muros de contención (Terrazas), sección triangular*”

A) Predimensionamiento.

a) Seguridad a deslizamiento. Para $C_{sd} = 1,5$ el ábaco GT – 1:

$$B/H \geq 0,68 \rightarrow B \geq 1,36 \text{ m.}$$

b) Seguridad a vuelco. Para $C_{sv} = 1,80$ el ábaco GT – 1:

$$B/H \geq 0,48 \rightarrow B \geq 0,96 \text{ m.}$$

c) Tensión en servicio. Para $\sigma_t = 0,2 \text{ N/mm}^2$. y $H = 2.000 \text{ mm}$.

$$\sigma_t / H = 0,2 / 2.000 = 1 \times 10^{-4}$$

y entonces en el ábaco GT – 1, se obtiene:

$$B/H \geq 0,37 \rightarrow B \geq 0,74 \text{ m.}$$



d) Tensión bajo el empuje incrementado. Para $\sigma_{t^*} = 0,4 \text{ N/mm}^2$. y $H = 2.000 \text{ mm}$.

$$\sigma_{t^*} / H = 0,4 / 2.000 = 2 \times 10^{-4}$$

y entonces en el ábaco GT – 1, se obtiene:

$$B/H \geq 0,45 \rightarrow B \geq 0,9 \text{ m.}$$

En definitiva, la condición crítica en este caso es la seguridad a deslizamiento, que conduce a $B = 1,36 \text{ m}$, con lo que el predimensionamiento corresponde a la figura siguiente:

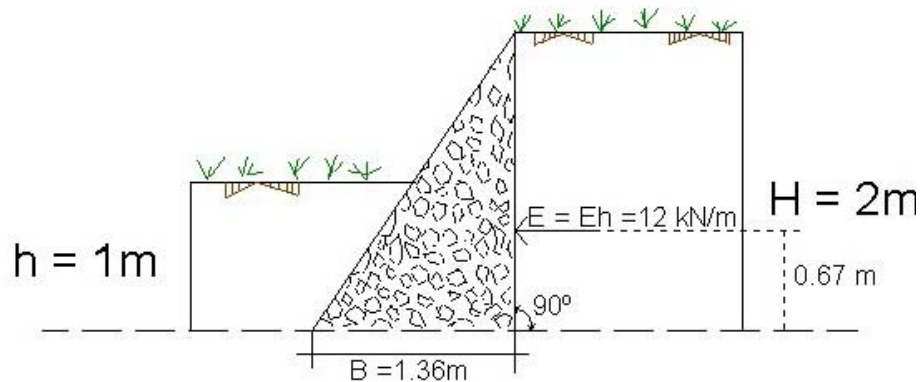


Figura: 53 “**Muros de contención (Terrazas), dimensiones**”

A) Cálculos de empujes:

Dadas las condiciones siguientes:

Ángulo $\beta = 0^\circ$, debido a que la superficie de relleno es horizontal.

Ángulo $\delta = 0^\circ$.

Ángulo $\alpha = 90^\circ$, debido a que el trasdós del muro es vertical.

$$\lambda_h = (1 - \text{sen } \varphi) / (1 + \text{sen } \varphi)$$

Siendo naturalmente $\lambda_v = 0$; el empuje es horizontal, está situado a profundidad $2H / 3 = 1,33\text{m}$, y tiene el valor:



“Construcciones”

$$E = E_h = \gamma \frac{H^2}{2} \times \frac{1 - \text{sen } \varphi}{1 + \text{sen } \varphi}$$

$$E = E_h = 18 \frac{1}{2} \times \frac{1 - \text{sen } 30^\circ}{1 + \text{sen } 30^\circ} H^2 = 3 H^2 = 12 \text{ KN / m}$$

Resultante de las cargas verticales:

$$N' = 1/2 \times 23 \times B \times H = 11,5 \times 1,36 \times 2 = 31,28 \text{ kN / m}$$

Se desprecia la pequeña cuña de terreno que reposa frente al muro, sobre él.

$$E_v = 0.$$

B) Comprobación de:

a) Seguridad a deslizamiento:

$$N' = 31,28 \text{ kN/m.}$$

$$E_h = 12 \text{ KN / m}^2$$

$$\mu = \text{tg } (2/3) \varphi = \text{tg } (2/3) 45^\circ = 0,577$$

$$C_{sd} = \frac{N' \times \mu}{E} = \frac{31,28 \times 0,577}{12} = 1,504 \geq 1,5$$

b) Seguridad a vuelco: Despreciamos el empuje pasivo frente al muro y aplicando:

$$C_{sv} = \frac{N' (B/2 - e_p)}{E_h \times h_e - E_v (B/2 - f)}$$

Con $E_v = E_p = 0$, se tiene:

$$C_{sv} = (N' e) / (E \times H/3) = (1/2 \times 23 \times B \times H \times 2/3 \times B) / (3H^2 \times H/3)$$

Y operando:



“Construcciones”

$$C_{sv} = 7,67 (B/H)^2 = 7,67 (1,36/2)^2 = 3,55 \geq 1,8$$

c) Tensión en servicio. Aplicando $N_v = N' + E_v$, con $E_v = 0$, se tiene:

$$e_n = \frac{N' \times e_p + E_h \times h_e + E_v \times f}{N_v} ; e_n = \frac{(-1/2 \times 23 \times B \times H \times B/6) + (3 \times H^3 \times H/3)}{1/2 \times 23 \times B \times H}$$

y operando:

$$e_n = -0,167 B + 0,087 H^2/B = -0,167 \times 1,36 + 0,087 \times 2^2 / 1,36 = - 0,227 + 0,256$$

$$e_n = 0,029m$$

$$\sigma_t = (N_v)/(AA') = (N_v)/(2 (B/2 - | e_n |)) = (N')/(2 (B/2 - | e_n |)) = (31,28)/(2 (1,36/2 - 0,029)) = (31,28)/(1,302) = 24,02 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 0,024 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 \text{ N/mm}^2 \sigma_{t,adm}$$

De forma adimensional:

$$\sigma_t = (11,5 \times B/H)/(2[(1/2) (B/H) -(-0,167 (B/H) +0,087/(B/H))]) =$$

$$\sigma_t = (11,5 (1,36/2))/(2[(1/2) (1,36/2) -(-0,167 (1,36/2) + 0,087 / (1,36/2))]) = 12,0086$$

d) Tensión bajo el empuje incrementado. Operando de forma análoga a la expuesta en el apartado anterior:

$$e^* = 1,5 \times E = 0 4,5 \times H^2 = 4,5 \times 2^2 = 18 \text{ kN/m}$$

$$e_n^* = (N' \times e_p + E_h^* \times h_e + E_v^* \times f)/(N^* v) ;$$

$$e_n^* = ((-1/2 \times 23 \times B \times H \times B/6) + (4,5 H^2 \times H/3))/(1/2 \times 23 \times B \times H)$$

y operando:

$$e_n^* = -0,167 B + 0,13 H^2/B = -0,167 \times 1,36 + 0,13 \times 2^2 / 1,36 = -0,22712 + 0,38235 = 0,155m$$



“Construcciones”

$$\sigma_t^* = (N_v^*) / (2 (B/2 - | e_n^* |)) = (N') / (2 (B/2 - | e_n^* |)) = (31,28) / (2 (1,36/2 - 0,155))$$

$$= 29,79 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 0,029 \text{ N/mm}^2 \leq 0,4 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{t^*,adm}$$

e) Comprobación del alzado como estructura de hormigón en masa.

- Comprobación a flexión.

H = Altura desde el plano de comprobación hasta la coronación del muro (2 m) .

b = Ancho del cimiento al no existir puntera ni talón(1,36 m).

Empleando $\gamma_f \approx 1,5$ y $f_{ck} = 20\text{MPa}$.

$$M_d = 1,5 \times E \times H/3 = 1,5 \times H^3 = 1,5 \times 2^3 = 12$$

Y de acuerdo con $\sigma_{ct} = \frac{6M_d}{b^2}$ y pasando a kN y m

$$\sigma_{ct} = (6 \times 1,5 \times H^3) / (b^2) \leq 1.031 = ((0,21 \times \sqrt[3]{20^2}) / (1,5)) \times 10^3$$

y operando:

$$b/H \geq 0,093 \sqrt{H}$$

$$1,36/2 \geq 0,093 \sqrt{2}$$

$$0,68 \geq 0,13$$

- Comprobación a esfuerzo cortante:

$$4,5 H^2 \leq f_{ct,d} \times b$$

$$f_{ct,d} = ((0,30 \times \sqrt[3]{20^2}) / (1,5)) \times 10^3 = 1.473$$

$$4,5 H^2 \leq 1.473 \times b$$

$$b/H \geq 0,00305 H$$

$$0,68 \geq 6,1 \times 10^{-3}$$



2.1.2.- Muro de contención (E-1 y R-1).

Se desea construir un muro de hormigón en masa, tal como se indican en la figura 54, para sostener un relleno horizontal de material granular con $\phi = 45^\circ$, con altura de 2,4 m sobre el plano de cimentación y profundidad de cimentación de 1 m.

Se desea que la sección del muro sea rectangular.

Datos:

- Densidad del hormigón 23 kN/m^3 .
- Densidad del relleno 18 kN/m^3 .
- Resistencia característica del hormigón $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$.
- Tensión admisible del terreno $0,2 \text{ N/mm}^2$.
- Tensión admisible bajo el empuje incrementado $0,4 \text{ N/mm}^2$.
- Seguridad a deslizamiento $\geq 1,5$.
- Seguridad a vuelco $\geq 1,8$.

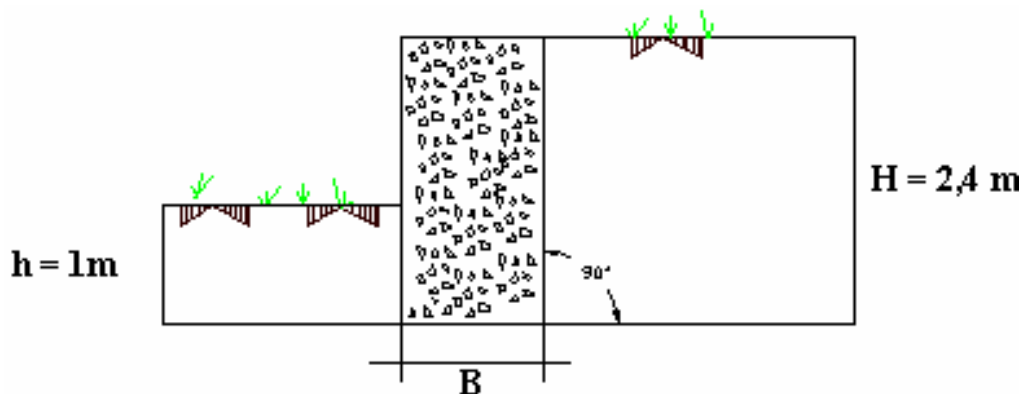


Figura: 54 “Muro de contención (E-1 y R-1).”



“Construcciones”

C) Predimensionamiento.

a) Seguridad a deslizamiento. Para $C_{sd} = 1,5$ el ábaco GT – 2:

$$B/H \geq 0,33 \rightarrow B \geq 0,792 \approx 0,80 \text{ m.}$$

b) Seguridad a vuelco. Para $C_{sv} = 1,80$ el ábaco GT – 2:

$$B/H \geq 0,40 \rightarrow B \geq 0,96 \text{ m.}$$

c) Tensión en servicio. Para $\sigma_t = 0,2 \text{ N/mm}^2$ y $H = 2.400 \text{ m m.}$

$$\sigma_t / H = 0,2 / 2.400 = 8,3 \times 10^{-5}$$

y entonces en el ábaco GT – 2, se obtiene:

$$B/H \geq 0,34 \rightarrow B \geq 0,816 \approx 0,82 \text{ m.}$$

d) Tensión en servicio. Para $\sigma_{t^*} = 0,4 \text{ N/mm}^2$ y $H = 2.400 \text{ mm.}$

$$\sigma_{t^*} / H = 0,4 / 2.400 = 1,66 \times 10^{-4}$$

y entonces en el ábaco GT – 2, se obtiene:

$$B/H \geq 0,39 \rightarrow B \geq 0,936 \approx 0,94 \text{ m.}$$

En definitiva, la condición crítica en este caso es la seguridad a vuelco, que conduce a $B = 0,96 \text{ m}$, con lo que el predimensionamiento corresponde a la figura siguiente:



“Construcciones”.

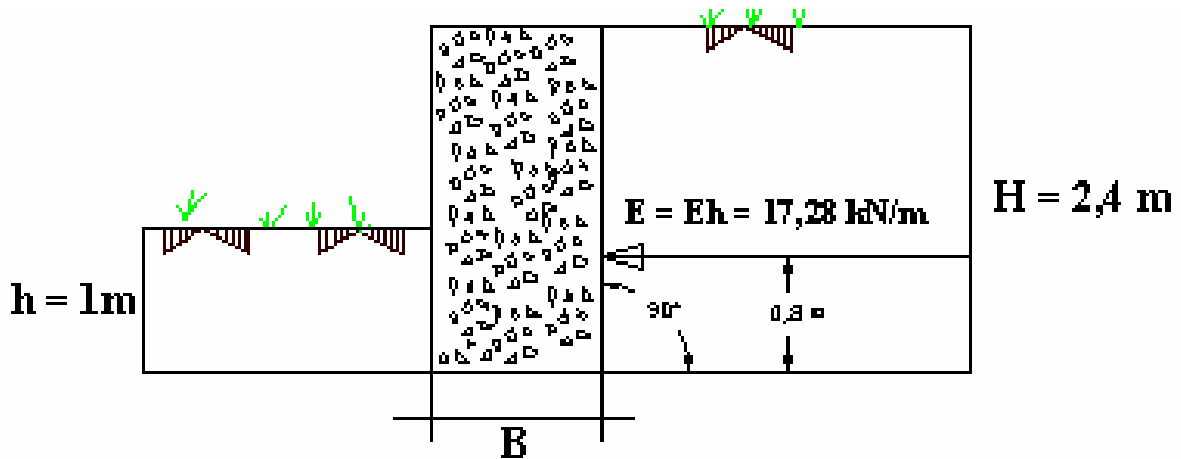


Figura: 55 “Muro de contención (E-1 y R-1, dimensiones.”

D) Cálculos de empujes:

Dadas las condiciones siguientes:

Ángulo $\beta = 0^\circ$, debido a que la superficie de relleno es horizontal.

Ángulo $\delta = 0^\circ$.

Ángulo $\alpha = 90^\circ$, debido a que el trasdós del muro es vertical.

$$\lambda_h = \frac{1 - \text{sen } \varphi}{1 + \text{sen } \varphi}$$

Siendo naturalmente $\lambda_v = 0$; el empuje es horizontal, está situado a profundidad $2H / 3 = 1,6$ m, y tiene el valor:

$$E = E_h = \gamma \frac{H^2}{2} \times \frac{1 - \text{sen } \varphi}{1 + \text{sen } \varphi}$$

$$E = E_h = 18 \frac{1}{2} \times \frac{1 - \text{sen } 30^\circ}{1 + \text{sen } 30^\circ} H^2 = 3 H^2 = 17,28 \text{ kN / m}$$

Resultante de las cargas verticales:

$$N' = 23 \times B \times H = 23 \times 0,96 \times 2,4 = 52,99 \text{ kN / m}$$

$E_v = 0$.



“Construcciones”

E) Comprobación de:

a) Seguridad a deslizamiento:

$$N' = 52,99 \text{ kN/m.}$$

$$E_h = 17,28 \text{ KN / m}^2$$

$$\mu = \text{tg} (2/3) \varphi = \text{tg} (2/3) 45^\circ = 0,577$$

$$C_{sd} = \frac{N' \times \mu}{E} = \frac{52,99 \times 0,577}{17,28} = 1,77 \geq 1,5$$

b) Seguridad a vuelco: Se desprecia el empuje pasivo frente al muro y aplicando:

$$C_{sv} = \frac{N' (B/2 - ep)}{E_h \times he - E_v (B/2 - f)}$$

Con $E_v = E_p = 0$, se tiene:

$$C_{sv} = (N' e) / (E \times H/3) = (23 \times B \times H \times B/2) / (3H^2 \times H/3) =$$

$$(23 \times 0,96 \times 2,4 \times (0,96/2)) / (3 \times (2,4)^2 \times (2,4/3)) = (23 \times 0,96 \times 2,4 \times 0,48) / (3 \times 5,76 \times 0,80)$$

$$= (25,44) / (13,82) = 1,84 \geq 1,80$$

c) Tensión en servicio. Aplicando $N_v = N' + E_v$, con $E_v = 0$, se tiene:

$$e_n = (N' \times ep + E_h \times he + E_v \times f) / (N_v); e_n = (23 \times B \times H \times 0 + 3 \times H^2 \times H/3) / (23 \times B \times H) ;$$

operando:

$$e_n = 0,043 H^2/B = 0,043 \times 2,4^2 / 0,96 = 0,258$$

y de forma adimensional:

$$\frac{e_n}{H} = \frac{0,043}{B/H}; \quad \frac{e_n}{H} = \frac{0,043}{(0,96/2,4)} = 0,11$$



“Construcciones”

$$\sigma_t = (23 \times B \times H) / (2 [B/2 - 0,043 \times H^2/B])$$

operando:

$$\sigma_t = (11,5 \times B \times H) / ([B/2 - 0,043 \times H^2/B]) =$$

$$= (11,5 \times 0,96 \times 2,4) / ((0,96/2) - 0,043 \times (2,4^2 / 0,96)) = (26,496) / (0,222) = 119,35 \text{ kN/m}^2;$$

$$0,119 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 \text{ N/mm}^2 \sigma_{t,adm}$$

d) Tensión bajo el empuje incrementado. Operando de forma análoga a la expuesta en el apartado anterior:

$$E^* = 1,5 \times E = 0,45 \times H^2 = 4,5 \times 2,4^2 = 25,92 \text{ kN/m}$$

Se tiene:

$$e_n^* = (4,5 \times H^2 \times H/3) / (23 \times B \times H)$$

y operando da lugar a:

$$e_n^* = 0,065 \times H^2/B = 0,065 \times 2,4^2 / 0,96 = 0,39 \text{ m}$$

y en forma adimensional:

$$\frac{e_n^*}{H} = \frac{0,065}{B/H} = \frac{0,065}{0,4} = 0,1625$$

$$\sigma_t^* = (11,5 \times B \times H) / (B/2 - 0,065 \times H^2/B) =$$

$$= (11,5 \times 0,96 \times 2,4) / (0,96/2 - 0,065 \times (2,4^2 / 0,96)) = (26,496) / (0,09) = 294,4 \text{ kN/m}^2 ;$$

$$0,294 \text{ N/mm}^2 \leq 0,4 \text{ N/mm}^2 \sigma_{t^*,adm}$$

e) Comprobación del alzado como estructura de hormigón en masa.



“Construcciones”

- Comprobación a flexión.

H = Altura desde el plano de comprobación hasta la coronación del muro (2,4m).

b = Ancho del cimiento al no existir puntera ni talón(0,96m).

Empleando $\gamma_f \approx 1,5$ y $f_{ck} = 20$ MPa.

$$M_d = 1,5 \times E \times H/3 = 1,5 \times H^3 = 1,5 \times 2,4^3 = 20,74$$

$$6M_d$$

Y de acuerdo con $\sigma_{ct} = \frac{6M_d}{b^2}$ y pasando a kN y m

$$\sigma_{ct} = ((6 \times 1,5 \times H^3) / (b^2)) \leq 1031 = ((0,21 \times \sqrt[3]{20^2} / (1,5) \times 10^3)$$

y operando:

$$b/H \geq 0,093 \sqrt{H}$$

$$0,96/2,4 \geq 0,093 \sqrt{2,4}$$

$$0,40 \geq 0,14$$

- Comprobación a esfuerzo cortante:

$$4,5 H^2 \leq f_{ct,d} \times b$$

$$f_{ct,d} = ((0,30 \times \sqrt[3]{20^2}) / (1,5)) \times 10^3 = 1.473$$

$$4,5 H^2 \leq 1.473 \times b$$

$$b/H \geq 0,00305 H$$

$$0,40 \geq 8,4 \times 10^{-3}$$



2.1.3.- Muro de contención (E-3 y R-3).

Se desea construir un muro de hormigón en masa, tal como se indican en la figura 56, para sostener un relleno horizontal de material granular con $\phi = 45^\circ$, con altura de 3 m sobre el plano de cimentación y profundidad de cimentación de 1 m.

Se desea que la sección del muro sea rectangular.

Datos:

- Densidad del hormigón 23 kN/m^3 .
- Densidad del relleno 18 kN/m^3 .
- Resistencia característica del hormigón $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$.
- Tensión admisible del terreno $0,2 \text{ N/mm}^2$.
- Tensión admisible bajo el empuje incrementado $0,4 \text{ N/mm}^2$.
- Seguridad a deslizamiento $\geq 1,5$.
- Seguridad a vuelco $\geq 1,8$.

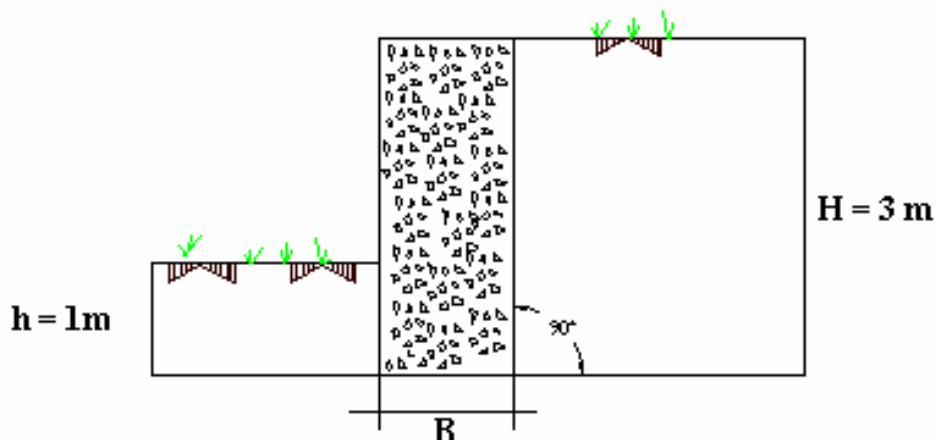


Figura: 56 “Muro de contención (E-3 y R-3).”



F) Predimensionamiento.

a) Seguridad a deslizamiento. Para $C_{sd} = 1,5$ el ábaco GT – 2:

$$B/H \geq 0,33 \rightarrow B \geq 0,792 \approx 0,99 \text{ m.}$$

b) Seguridad a vuelco. Para $C_{sv} = 1,80$ el ábaco GT – 2:

$$B/H \geq 0,40 \rightarrow B \geq 1,2 \text{ m.}$$

c) Tensión en servicio. Para $\sigma_t = 0,2 \text{ N/mm}^2$ y $H = 3000 \text{ m m.}$

$$\sigma_t / H = 0,2 / 3000 = 6,67 \times 10^{-5}$$

y entonces en el ábaco GT – 2, se obtiene:

$$B/H \geq 0,36 \rightarrow B \geq 1,08 \text{ m.}$$

d) Tensión en servicio. Para $\sigma_{t^*} = 0,4 \text{ N/mm}^2$ y $H = 3.000 \text{ mm.}$

$$\sigma_{t^*} / H = 0,4 / 3.000 = 1,33 \times 10^{-4}$$

y entonces en el ábaco GT – 2, se obtiene:

$$B/H \geq 0,39 \rightarrow B \geq 1,17 \text{ m.}$$

En definitiva, la condición crítica en este caso es la seguridad a vuelco, que conduce a $B = 1,2 \text{ m}$, con lo que el predimensionamiento corresponde a la figura siguiente:



“Construcciones”

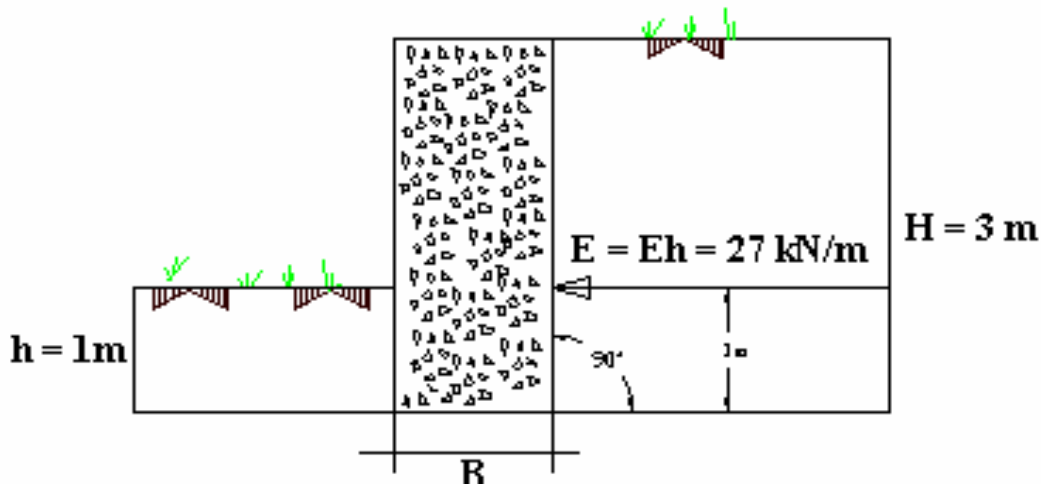


Figura: 57 “Muro de contención (E-3 y R-3), dimensiones”

G) Cálculos de empujes:

Dadas las condiciones siguientes:

Ángulo $\beta = 0^\circ$, debido a que la superficie de relleno es horizontal.

Ángulo $\delta = 0^\circ$.

Ángulo $\alpha = 90^\circ$, debido a que el trasdós del muro es vertical.

$$\lambda_h = \frac{1 - \text{sen } \varphi}{1 + \text{sen } \varphi}$$

Siendo naturalmente $\lambda_v = 0$; el empuje es horizontal, está situado a profundidad $2H / 3 = 2\text{m}$, y tiene el valor:

$$E = E_h = \gamma \frac{H^2}{3} \times \frac{1 - \text{sen } \varphi}{1 + \text{sen } \varphi}$$

$$E = E_h = 18 \frac{1}{3} \times \frac{1 - \text{sen } 30^\circ}{1 + \text{sen } 30^\circ} H^2 = 3 H^2 = 27 \text{ kN / m}$$

Resultante de las cargas verticales:

$$N' = 23 \times B \times H = 23 \times 1,2 \times 3 = 82,8 \text{ kN / m}$$

$E_v = 0$.



“Construcciones”

H) Comprobación de:

a) Seguridad a deslizamiento:

$$N' = 82,8 \text{ kN/m.}$$

$$E_h = 27 \text{ KN / m}^2$$

$$\mu = \text{tg} (2/3) \varphi = \text{tg} (2/3) 45^\circ = 0,577$$

$$C_{sd} = \frac{N' \times \mu}{E} = \frac{82,8 \times 0,577}{27} = 1,77 \geq 1,5$$

b) Seguridad a vuelco: Se desprecia el empuje pasivo frente al muro y aplicando:

$$C_{sv} = \frac{N' (B/2 - e_p)}{E_h \times h_e - E_v (B/2 - f)}$$

Con $E_v = E_p = 0$, se tiene:

$$\begin{aligned} C_{sv} &= (N' e) / (E \times H/3) = (23 \times B \times H \times B/2) / (3H^2 \times H/3) = \\ &= (23 \times 1,2 \times 3 \times (1,2/2)) / (3 \times (3)^2 \times (3/3)) = (23 \times 1,2 \times 3 \times (0,6)) / (3 \times 9 \times 1) = (49,68) / (27) \\ &= 1,84 \geq 1,80 \end{aligned}$$

c) Tensión en servicio. Aplicando $N_v = N' + E_v$, con $E_v = 0$, se tiene:

$$e_n = (N' \times e_p + E_h \times h_e + E_v \times f) / (N_v); e_n = (23 \times B \times H \times 0 + 3 \times H^2 \times H/3) / (23 \times B \times H) ;$$

operando:

$$e_n = 0,043 H^2/B = 0,043 \times 3^2 / 1,20 = 0,3225$$

y de forma adimensional:



“Construcciones”

$$\frac{en}{H} = \frac{0,043}{B/H}; \quad \frac{en}{H} = \frac{0,043}{(1,2/3)} = 0,11$$

$$\sigma_t = \frac{23 \times B \times H}{2 [B/2 - 0,043 \times H^2/B]}$$

operando:

$$\sigma_t = (11,5 \times B \times H) / ([B/2 - 0,043 \times H^2/B]) = (11,5 \times 1,2 \times 3) / ((1,2/2) - 0,043 \times (3^2/1,2)) = (41,4) / (0,2775) = 149,19 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 0,149 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 \text{ N/mm}^2 \sigma_{t,adm}$$

d) Tensión bajo el empuje incrementado. Operando de forma análoga a la expuesta en el apartado anterior:

$$E^* = 1,5 \times E = 0,45 \times H^2 = 4,5 \times 3^2 = 40,5 \text{ kN/m}$$

Se tiene:

$$en^* = \frac{4,5 \times H^2 \times H/3}{23 \times B \times H}$$

y operando da lugar a:

$$en^* = 0,065 \times H^2/B = 0,065 \times 3^2 / 1,2 = 0,49 \text{ m}$$

y en forma adimensional:

$$\frac{en^*}{H} = \frac{0,065}{B/H} = \frac{0,065}{0,4} = 0,1625$$

$$\sigma_{t^*} = (11,5 \times B \times H) / ([B/2 - 0,065 \times H^2/B]) = (11,5 \times 1,2 \times 3) / ((1,2/2 - 0,065 \times (3^2/1,2))) = (26,496) / (0,1125) = 235,52 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 0,235 \text{ N/mm}^2 \leq 0,4 \text{ N/mm}^2 \sigma_{t^*,adm}$$



“Construcciones”

e) Comprobación del alzado como estructura de hormigón en masa.

- Comprobación a flexión.

H = Altura desde el plano de comprobación hasta la coronación del muro (3 m).

b = Ancho del cimiento al no existir puntera ni talón(1,2 m).

Empleando $\gamma_f \approx 1,5$ y $f_{ck} = 20$ MPa.

$$M_d = 1,5 \times E \times H/3 = 1,5 \times H^3 = 1,5 \times 3^3 = 40,5$$

Y de acuerdo con $\sigma_{ct} = \frac{6M_d}{b^2}$ y pasando a kN y m

$$\sigma_{ct} = ((6 \times 1,5 \times H^3)/(b^2)) \leq 1031 = ((0,21 \times \sqrt[3]{20^2})/(1,5)) \times 10^3$$

y operando:

$$b/H \geq 0,093 \sqrt{H}$$

$$1,2/3 \geq 0,093 \sqrt{3}$$

$$0,40 \geq 0,16$$

- Comprobación a esfuerzo cortante:

$$4,5 H^2 \leq f_{ct,d} \times b$$

$$f_{ct,d} = ((0,30 \times \sqrt[3]{20^2})/(1,5)) \times 10^3 = 1.473$$

$$4,5 H^2 \leq 1.473 \times b$$

$$b/H \geq 0,00305 H$$

$$0,40 \geq 9,15 \times 10^{-3}$$



2.1.4.- Muro de contención (E-2).

Se desea construir un muro de hormigón en masa, tal como se indican en la figura 58, para sostener un relleno horizontal de material granular con $\phi = 45^\circ$, con altura de 2,20 m sobre el plano de cimentación y profundidad de cimentación de 1 m.

Se desea que la sección del muro sea rectangular.

Datos:

- Densidad del hormigón 23 kN/m^3 .
- Densidad del relleno 18 kN/m^3 .
- Resistencia característica del hormigón $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$.
- Tensión admisible del terreno $0,2 \text{ N/mm}^2$.
- Tensión admisible bajo el empuje incrementado $0,4 \text{ N/mm}^2$.
- Seguridad a deslizamiento $\geq 1,5$.
- Seguridad a vuelco $\geq 1,8$.

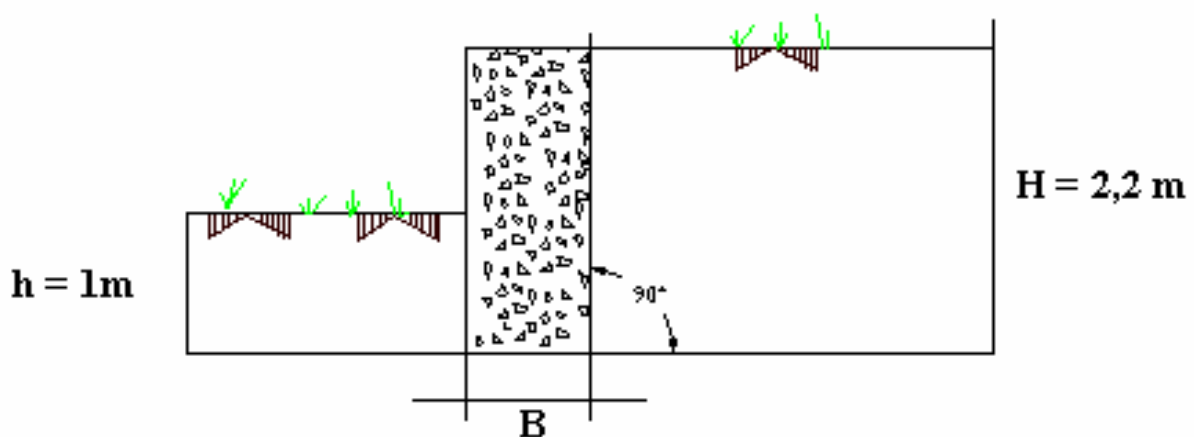


Figura: 58 “Muro de contención (E-2)”



“Construcciones”

I) Predimensionamiento.

a) Seguridad a deslizamiento. Para $C_{sd} = 1,5$ el ábaco GT – 2:

$$B/H \geq 0,33 \rightarrow B \geq 0,726 \approx 0,73 \text{ m.}$$

b) Seguridad a vuelco. Para $C_{sv} = 1,80$ el ábaco GT – 2:

$$B/H \geq 0,40 \rightarrow B \geq 0,88 \text{ m.}$$

c) Tensión en servicio. Para $\sigma_t = 0,2 \text{ N/mm}^2$ y $H = 2.200 \text{ mm}$.

$$\sigma_t / H = 0,2 / 2.200 = 9,09 \times 10^{-5}$$

y entonces en el ábaco GT – 2, se obtiene:

$$B/H \geq 0,33 \rightarrow B \geq 0,726 \approx 0,73 \text{ m.}$$

d) Tensión en servicio. Para $\sigma_{t^*} = 0,4 \text{ N/mm}^2$ y $H = 2.200 \text{ mm}$.

$$\sigma_{t^*} / H = 0,4 / 2.200 = 1,8 \times 10^{-4}$$

y entonces en el ábaco GT – 2, se obtiene:

$$B/H \geq 0,39 \rightarrow B \geq 0,858 \approx 0,86 \text{ m.}$$

En definitiva, la condición crítica en este caso es la seguridad a vuelco, que conduce a $B = 0,88 \text{ m}$, con lo que el predimensionamiento corresponde a la figura siguiente:

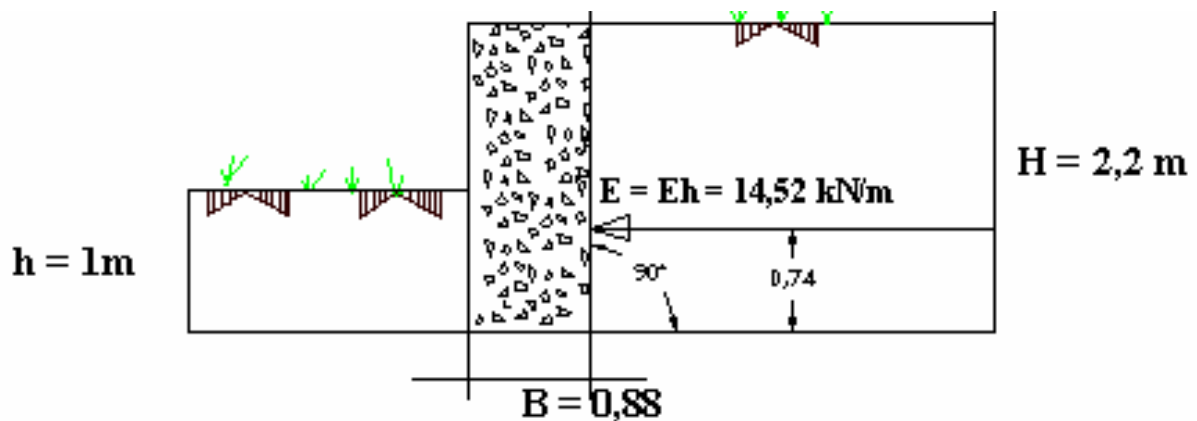


Figura: 59 “Muro de contención (E-2), dimensiones”

J) Cálculos de empujes:

Dadas las condiciones siguientes:

Ángulo $\beta = 0^\circ$, debido a que la superficie de relleno es horizontal.

Ángulo $\delta = 0^\circ$.

Ángulo $\alpha = 90^\circ$, debido a que el trasdós del muro es vertical.

$$\lambda_h = \frac{1 - \text{sen } \varphi}{1 + \text{sen } \varphi}$$

Siendo naturalmente $\lambda_v = 0$; el empuje es horizontal, está situado a profundidad $2H / 3 = 1,46$ m, y tiene el valor:

$$E = E_h = \gamma \frac{H^2}{4} \times \frac{1 - \text{sen } \varphi}{1 + \text{sen } \varphi}$$

$$E = E_h = 18 \frac{1}{4} \times \frac{1 - \text{sen } 30^\circ}{1 + \text{sen } 30^\circ} H^2 = 3 H^2 = 14,52 \text{ kN / m}$$

Resultante de las cargas verticales:

$$N' = 23 \times B \times H = 23 \times 0,88 \times 2,2 = 44,53 \text{ kN / m}$$

$E_v = 0$.



“Construcciones”

K) Comprobación de:

a) Seguridad a deslizamiento:

$$N' = 44,53 \text{ kN/m.}$$

$$E_h = 14,52 \text{ KN / m}^2$$

$$\mu = \text{tg} (2/3) \varphi = \text{tg} (2/3) 45^\circ = 0,577$$

$$C_{sd} = \frac{N' \times \mu}{E} = \frac{44,53 \times 0,577}{14,52} = 1,77 \geq 1,5$$

b) Seguridad a vuelco: Se desprecia el empuje pasivo frente al muro y aplicando:

$$C_{sv} = \frac{N' (B/2 - e_p)}{E_h \times h_e - E_v (B/2 - f)}$$

Con $E_v = E_p = 0$, se tiene:

$$C_{sv} = (N' e) / (E \times H/3) = (23 \times B \times H \times B/2) / (3H^2 \times H/3) = \\ = (23 \times 0,88 \times 2,2 \times (0,88/2)) / (3 \times (2,2)^2 \times (2,2/3)) = (23 \times 0,88 \times 2,2 \times 0,44) / (3 \times 4,84 \times 0,73) = (19,59) / (10,6) = 1,84 \geq 1,80$$

c) Tensión en servicio. Aplicando $N_v = N' + E_v$, con $E_v = 0$, se tiene:

$$e_n = (N' \times e_p + E_h \times h_e + E_v \times f) / (N_v); e_n = (23 \times B \times H \times 0 + 3 \times H^2 \times H/3) / (23 \times B \times H) ;$$

operando:

$$e_n = 0,043 H^2/B = 0,043 \times 2,2^2 / 0,88 = 0,2365$$

y de forma adimensional:

$$\frac{e_n}{0,043} = \frac{0,2365}{0,043} ; \frac{e_n}{0,043} = 0,11$$



“Construcciones”

$$\sigma_t = \frac{H \cdot B/H \cdot H}{23 \times B \times H} \quad (0,88/2,2)$$

$$\sigma_t = \frac{11,5 \times B \times H}{2 \left[B/2 - 0,043 \times H^2/B \right]}$$

operando:

$$\sigma_t = (11,5 \times B \times H) / ([B/2 - 0,043 \times H^2/B]) =$$

$$= (11,5 \times 0,88 \times 2,2) / ((0,88/2) - 0,043 \times (2,2^2 / 0,88)) = (22,264) / (0,2035) = 109,40 \text{ kN/m}^2$$

$$0,109 \text{ N/mm}^2 \leq 0,2 \text{ N/mm}^2 \sigma_{t,adm}$$

d) Tensión bajo el empuje incrementado. Operando de forma análoga a la expuesta en el apartado anterior:

$$E^* = 1,5 \times E = 0,45 \times H^2 = 4,5 \times 2,2^2 = 21,78 \text{ kN/m}$$

Se tiene:

$$e_n^* = \frac{4,5 \times H^2 \times H/3}{23 \times B \times H}$$

y operando da lugar a:

$$e_n^* = 0,065 \times H^2/B = 0,065 \times 2,2^2 / 0,88 = 0,36 \text{ m}$$

y en forma adimensional:

$$\frac{e_n^*}{H} = \frac{0,065}{B/H} = \frac{0,065}{0,4} = 0,1625$$

$$\sigma_{t^*} = (11,5 \times B \times H) / ([B/2 - 0,065 \times H^2/B]) = (11,5 \times 0,88 \times 2,2) / ((0,88/2 - 0,065 \times (2,2^2 / 0,88))) = (26,496) / (0,0825) = 321,2 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 0,321 \text{ N/mm}^2 \leq 0,4 \text{ N/mm}^2 \sigma_{t^*,adm}$$



“Construcciones”

e) Comprobación del alzado como estructura de hormigón en masa.

- Comprobación a flexión.

H = Altura desde el plano de comprobación hasta la coronación del muro (2,2 m).

b = Ancho del cimiento al no existir puntera ni talón (0,88 m).

Empleando $\gamma_f \approx 1,5$ y $f_{ck} = 20$ MPa.

$$M_d = 1,5 \times E \times H/3 = 1,5 \times H^3 = 1,5 \times 2,2^3 = 15,972$$

Y de acuerdo con $\sigma_{ct} = \frac{6M_d}{b^2}$ y pasando a kN y m

$$\sigma_{ct} = ((6 \times 1,5 \times H^3)/(b^2)) \leq 1031 = ((0,21 \times \sqrt[3]{20^2})/(1,5)) \times 10^3$$

y operando:

$$b/H \geq 0,093 \sqrt{H}$$

$$0,88/2,2 \geq 0,093 \sqrt{2,2}$$

$$0,4 \geq 0,14$$

- Comprobación a esfuerzo cortante:

$$4,5 H^2 \leq f_{ct,d} \times b$$

$$f_{ct,d} = ((0,30 \times \sqrt[3]{20^2})/(1,5)) \times 10^3 = 1.473$$

$$4,5 H^2 \leq 1.473 \times b$$

$$b/H \geq 0,00305 H$$

$$0,4 \geq 6,71 \times 10^{-3}$$



2.2.- ÁBACOS PARA EL PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS DE GRAVEDAD.

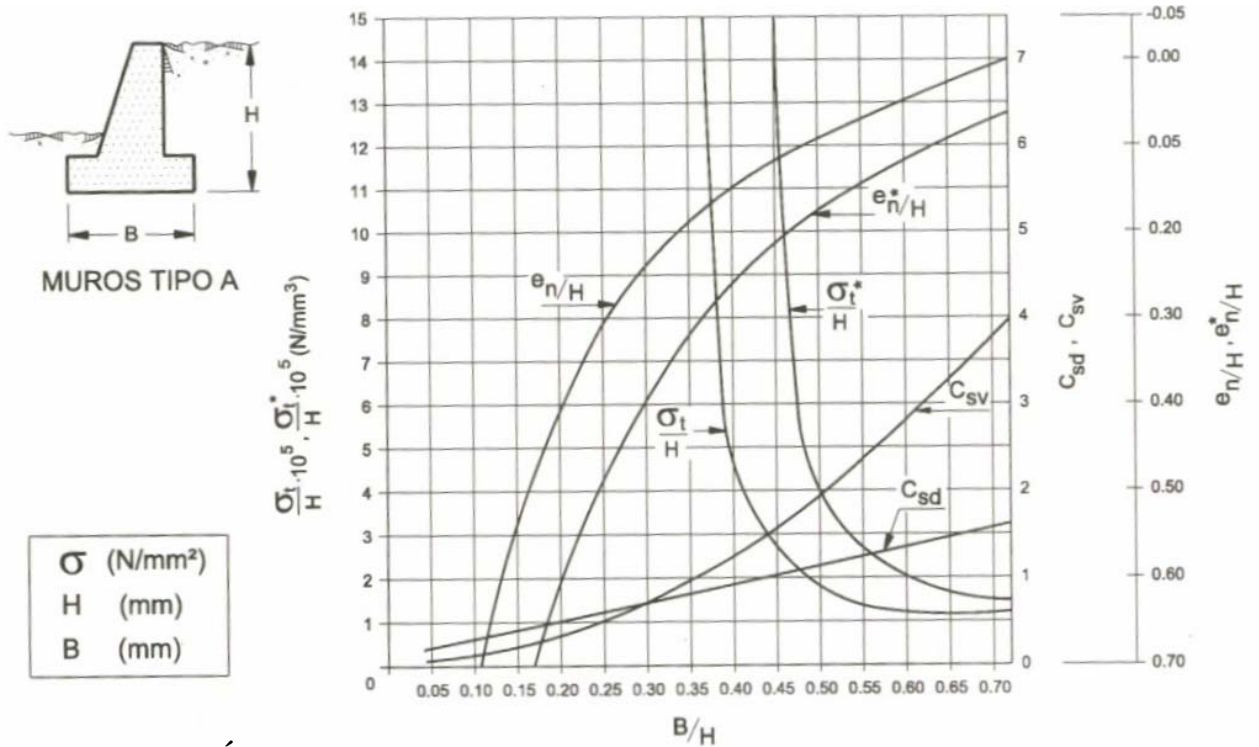


Figura: 60. **ÁBACO: GT-1 . “PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS DE GRAVEDAD TIPO A”**
 Fuente: Calavera Ruiz, J. (2001)

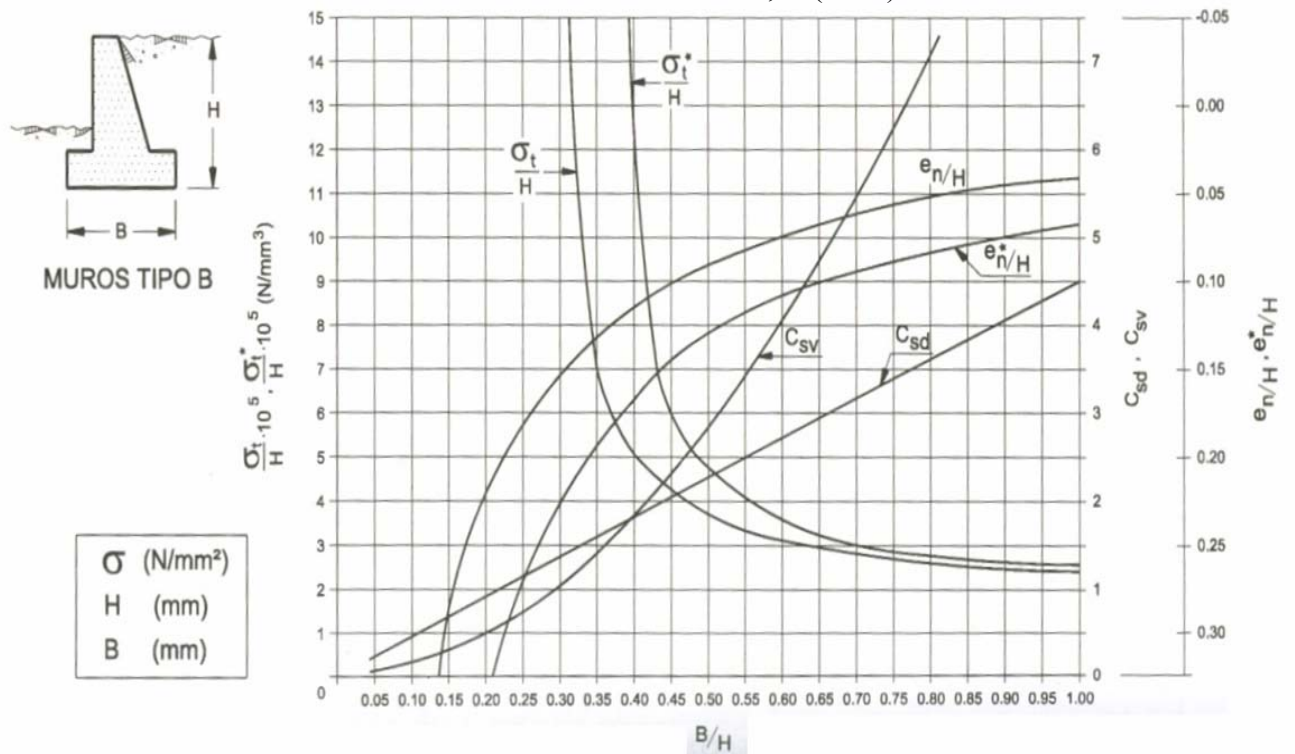


Figura: 61. **ÁBACO: GT-2 . “PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS DE GRAVEDAD TIPO B”**
 Fuente: Calavera Ruiz, J. (2001)



3.-ESCALERAS.

Para el diseño de la escalera, el primer paso, será determinar el número de escalones necesarios para salvar el desnivel; según el “*Manual de accesibilidad integral*” elaborado por la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha, la altura máxima del escalón será 16 cm. A continuación se calculará el tamaño y proporciones de los escalones que la constituyen, así como las dimensiones de la totalidad del conjunto.

Como principio básico se admite que el doble de la altura del escalón “contrahuella” más su anchura “huella” son iguales a un paso, es decir, 64 cm. Las escaleras cuyas dimensiones respeten estos principios serán fáciles de subir. Por supuesto, todos los escalones tendrán la misma altura. Si no se respeta este principio, se expone cualquier persona a sufrir un accidente inútil, pues, desde el primer paso, se adapta a la altura dada y se mantiene esta actitud según se va subiendo. Un cambio de ritmo provocaría un tropezón o una caída.

Después de calcular la altura y la anchura de los escalones, se determinará el espacio necesario para la escalera. Una escalera de jardín no debe ser demasiado larga. Si el desnivel resulta importante, es preferible incorporar varios descansos, mesetas o rellanos sucesivos. Estas superficies planas permiten al usuario descansar, y facilitan el cambio de orientación de la escalera si fuera necesario.

El número de escalones entre dos mesetas consecutivas puede ser distinto; un ritmo de tres escalones resulta grato. También pueden ser cinco, resultando más agradable un número impar. La longitud de la meseta será el largo normal de un paso, o múltiplo de este, más la dimensión de la huella del escalón que se sitúa al mismo nivel, si se toman escalón y meseta como un mismo elemento.

El ancho de la escalera se tendrá que adaptar al carácter arquitectónico del conjunto del jardín. Una escalera ancha resulta siempre más bonita que otra estrecha.

En el proyecto del parque será necesaria la presencia de varios de estos elementos arquitectónicos que se describen a continuación:



“Construcciones”

Escalera “E-1”. Para solucionar el desnivel existente de 1,40 m, será necesaria la presencia de 10 escalones con una altura “contrahuella” de 0,14 m.

$$1,40 \text{ m de desnivel} / 0,14 \text{ m altura del escalón} = 10 \text{ escalones.}$$

Aplicando; “2 x contrahuella + huella = un paso (0,64 m)”, se tiene que la dimensión de la huella del escalón será; $2 \times 0,14 \text{ m} + X = 0,64 \text{ m}$; $X = 0,64 \text{ m} - 0,28 \text{ m}$; $X = 0,36 \text{ m}$

La escalera estará compuesta por dos series de 5 escalones, donde el 5º se transformará en una meseta de dimensiones:

0,36 m (huella) + 1,28 m (2 paso), considerando escalón y rellano como un mismo elemento, tendrá una longitud total de 1,64 m.

La escalera tendrá una longitud de 4,88 m (9 escalones de 0,36 m de huella + 1 meseta de 1,64 m e longitud), y una anchura de 2 m. Esta anchura dará estabilidad a la escalera, al tiempo que permitirá el tránsito a varias personas por la misma.

Escalera “E-2”. Para solucionar el desnivel existente de 2,85 m, será necesaria la presencia de 19 escalones con una altura “contrahuella” de 0,15 m.

$$2,85 \text{ m de desnivel} / 0,15 \text{ m altura del escalón} = 19 \text{ escalones.}$$

Aplicando; “2 x contrahuella + huella = un paso (0,64 m)”, se tiene que la dimensión de la huella del escalón será; $2 \times 0,15 \text{ m} + X = 0,64 \text{ m}$; $X = 0,64 \text{ m} - 0,30 \text{ m}$; $X = 0,34 \text{ m}$

La escalera estará compuesta por 5 series de escalones, donde alternarán series de 3 escalones con series de 5, en el siguiente orden: 1ª serie de 3 escalones, 2ª serie de 5 escalones, 3ª serie de 3 escalones, 4ª serie de 5 escalones, 5ª serie de 3 escalones.

El último escalón de las primeras 4 series se transformará en una meseta o rellano, cuyas dimensiones serán las siguientes:



“Construcciones”

- 1ª meseta: 2m x 2 m.
- 2ª meseta: 2m x (0,34 + 0,64) m; 2m x 0,98 m.
- 3ª meseta: 2m x 4 m.
- 4ª meseta: 2m x (0,34 + 0,64) m; 2m x 0,98 m.

Las mesetas 1ª y 3ª adoptarán las dimensiones expuestas anteriormente, debido a que en ellas la escalera cambiará de dirección o de sentido, respectivamente. La 2ª y 4ª respetan lo expuesto con anterioridad para el cálculo de las dimensiones de rellanos.

La escalera estará compuesta por 3 tramos de 2 m de ancho, siendo el 1º perpendicular al 2º y éste paralelo al 3º, pero con el sentido de la marcha opuesto. El conjunto de la escalera ocupará una longitud de 7,02 m y una anchura de 4,68 m.

Escalera “E-3”. Para solucionar el desnivel existente de 2 m, será necesaria la presencia de 16 escalones con una altura “contrahuella” de 0,125 m.

$$2 \text{ m de desnivel} / 0,125 \text{ m altura del escalón} = 16 \text{ escalones.}$$

Aplicando; “2 x contrahuella + huella = un paso (0,64 m)”, se tiene que la dimensión de la huella del escalón será; $2 \times 0,125 \text{ m} + X = 0,64 \text{ m}$; $X = 0,64 \text{ m} - 0,25 \text{ m}$; $X = 0,39 \text{ m}$

La escalera estará compuesta por 4 series de escalones, donde alternarán series de 3 escalones con series de 5, en el siguiente orden: 1º serie de 5 escalones, 2º serie de 3 escalones, 3º serie de 3 escalones, 4º serie de 5 escalones.

El último escalón de las primeras 3 series se transformará en una meseta o rellano, cuya longitud será la siguiente:

$$\text{Meseta: longitud} = 0,39 \text{ m (huella)} + 2 \times 0,64 \text{ m (2 paso)} = 1,67 \text{ m.}$$

La escalera estará compuesta por un único tramo de 3m de ancho y una longitud de 10,08 m (13 escalones de 0,39 m de huella + 3 meseta de 1,67 m de longitud).



“Construcciones”

Escalera “E-4”. Para solucionar el desnivel existente de 3 m, será necesaria la presencia de 20 escalones con una altura “contrahuella” de 0,15 m.

$$3 \text{ m de desnivel} / 0,15 \text{ m altura del escalón} = 20 \text{ escalones.}$$

Aplicando; “2 x contrahuella + huella = un paso (0,64 m)”, se tiene que la dimensión de la huella del escalón será; $2 \times 0,15 \text{ m} + X = 0,64 \text{ m}$; $X = 0,64 \text{ m} - 0,30 \text{ m}$; $X = 0,34 \text{ m}$.

El conjunto total de la escalera estará compuesto de 2 escaleras simétricas, que solucionan cada una por su lado el desnivel existente entre las zonas que comunican, pero su doble presencia se deberá a su singular diseño, que proporcionará al conjunto una apariencia en su alzado parecida a un rombo. Como ya se ha citado, cada escalera estará compuesta por 20 escalones, con las dimensiones expuestas anteriormente, a excepción de las mesetas, que se describen posteriormente, por lo que el conjunto estará formado por 40 escalones.

Para continuar con la descripción de la escalera, se procederá detallando solo una de ellas, ya que la otra tendrá las mismas dimensiones, y la única diferencia será su posición opuesta pero simétrica en su diseño.

La “escalera” estará compuesta por 4 series de 5 escalones, repartidas 2 a 2 en 2 tramos paralelos de 2 m de anchura, donde el sentido de avance de la marcha de ambos será opuesto.

El último escalón de cada serie se transformará en una meseta o rellano, cuyas dimensiones serán las siguientes:

- 1ª meseta: longitud $0,34 \text{ m (huella)} + 2 \times 0,64 \text{ m (2 paso)}$; $0,34 + (2 \times 0,64) = 1,62 \text{ m}$. Anchura 2 m.
- 2ª meseta: 2m x 4 m.
- 3ª meseta: longitud $0,34 \text{ m (huella)} + 2 \times 0,64 \text{ m (2 paso)}$; $0,34 + (2 \times 0,64)$; 1,62 m. Anchura 2 m.
- 4ª meseta: 2m x 4 m.



“Construcciones”

La meseta 2ª adoptará las dimensiones expuestas anteriormente, debido a que en ella la escalera cambiará de sentido. La 1ª y 3ª respetan lo expuesto con anterioridad para el cálculo de las dimensiones de rellanos. La 4ª meseta es la zona de unión entre las dos escaleras y el mirador. Las dimensiones expuestas con anterioridad (2m x 4m) corresponderían al conjunto formado por las dos meseta 4ª de cada escalera, ya que como se ha citado se unirán en esta zona.

El conjunto de la escalera ocupará una longitud de 16,68 m y una anchura de 4 m.

Escalera “E-5”. Para solucionar el desnivel existente de 1 m, será necesaria la presencia de 8 escalones con una altura “contrahuella” de 0,125 m.

1 m de desnivel / 0,125 m altura del escalón = 8 escalones.

Aplicando; “2 x contrahuella + huella = un paso (0,64 m)”, se tiene que la dimensión de la huella del escalón será; $2 \times 0,125 \text{ m} + X = 0,64 \text{ m}$; $X = 0,64 \text{ m} - 0,25 \text{ m}$; $X = 0,39 \text{ m}$.

La escalera estará compuesta por 2 series de escalones, una de 5 escalones y otro de 3 escalones, colocadas en este orden, en sentido ascendente.

El último escalón de la primera serie, el 5º en sentido ascendente, se transformará en una meseta o rellano, cuya longitud será la siguiente:

Meseta: $0,39 \text{ m}$ (huella) + $2 \times 0,64 \text{ m}$ (2 paso), dando como resultado una longitud de 1,67m.

La escalera estará compuesta por un único tramo de 2 m de ancho y una longitud de 4,40 m (7 escalones de 0,39 m de huella + 1 meseta de 1,67 m de longitud).

Para comunicar la terraza, construida a 4 m de altura, con la zona contigua situada al norte, ubicada a 3 m, se construirá una escalera similar a la descrita con anterioridad.



4.- RAMPAS

Los principales criterios que se han tenido presentes en el diseño de las rampas, han sido esencialmente la accesibilidad y la adaptación de la rampa al espacio disponible. Según el “**Manual de accesibilidad integral**” elaborado por la Junta de Comunidades de Castilla la Mancha, una rampa se considera accesible cuando cumple los siguientes requisitos:

- La anchura útil de paso será de 1,50 m, de forma que permita el tránsito de dos personas, una de ellas en silla de ruedas.
- La pendiente longitudinal será de 6%. No obstante lo anterior, en los itinerarios donde la longitud de la rampa pudiera obstaculizar el paso de peatones o donde las condiciones topográficas del terreno no permitan cumplir lo anterior, se podrá establecer las siguientes pendientes:
 - . Tramos de menos de 3 m de largo: de 10 a 12% de pendiente máxima.
 - . Tramos de entre 3 y 10 m de largo: de 8 a 10% de pendiente máxima.
 - . Tramos de más de 10 m de largo: de 6 a 8% de pendiente máxima.
 - . Se admite una pendiente transversal máxima de un 2%.
- El pavimento de las rampas será duro, antideslizante y sin relieves diferentes a los propios del grabado de la pieza.
- La longitud de cada tramo de rampa medida en proyección horizontal será como máximo 10 m.
- En la unión de tramos de diferente pendiente se colocarán rellanos intermedios. En los cambios de dirección, el itinerario en rampa tendrá un rellano horizontal de descanso de dimensiones mínimas en planta 1,50m x 1,50 m.
- Los rellanos intermedios tendrán una longitud mínima en la dirección de circulación de 1,50 m.
- Al inicio y al final de cada rampa habrá un rellano de 1,50 m de longitud como mínimo.
- Cuando entre la rampa y la zona adyacente, exista un desnivel igual o superior a 0,20 m, se dispondrá un elemento de protección longitudinal con una altura de 0,10 m por encima del



“Construcciones”

pavimento de la rampa. En aquellos desarrollos en rampa que salven desniveles superiores a 1 m, se dispondrá una barandilla protectora cerrada, en evitación de caídas.

- El inicio y final de una rampa se señalará con pavimento diferenciado del resto, y dispondrá de un nivel de iluminación mínimo de 10 lux durante la noche.
- Las rampas dispondrán de dos pasamanos en ambos lados, a una altura de entre 0,90 m y 0,95 m, la primera y 0,70 m y 0,75m la segunda.

En el proyecto del parque será necesaria la presencia de varios de estos elementos arquitectónicos que se describen a continuación:

Rampa “R-1”. Se construirá con una pendiente del 8% para solucionar el desnivel existente de 1,50 m.

Longitud de rampa con una pendiente del 8% necesaria = desnivel / pendiente de la rampa = $1,50 \text{ m} / 8\% = 18,75 \text{ m}$.

Esta longitud se repartirá en 4 tramos con las longitudes, en sentido ascendente, siguientes:

- 1º.- Longitud 4,34 m.
- 2º.- Longitud 4,34 m, con la misma dirección y sentido de la marcha que el anterior.
- 3º.- Longitud 7 m, Paralelo con los anteriores y sentido contrario de la marcha.
- 4º.- Longitud 3,07m, Formará un ángulo de 49º con el anterior tramo.

La rampa tendrá una anchura de 1,5 m.

Colocados entre los tramos se encontrarán 3 rellanos horizontales de descanso con las características siguientes:

- 1º Rellano: comunicará el tramo 1º con el 2º, tendrá forma cuadrada, 1,5 m de lado.
- 2º Rellano: comunicará el tramo 2º con el 3º, tendrá forma hexagonal, irregular, ocupará una superficie de $5,8 \text{ m}^2$.



“Construcciones”

-. 3° Rellano: comunicará el tramo 3° con el 4°, tendrá forma pentagonal, irregular, ocupará una superficie de 4,29 m².

Rampa “R-2”. Se construirá con una pendiente del 6% para solucionar el desnivel existente (1,43 m).

Longitud de rampa con una pendiente del 6% necesaria = desnivel / pendiente de la rampa = 1,43 m / 6% = 23,83 m.

Esta longitud se repartirá en 3 tramos con las longitudes, en sentido ascendente, siguientes:

1°.- Longitud 3,83 m.

2°.- Longitud 10 m, con la misma dirección y sentido de la marcha que el anterior.

3°.- Longitud 10 m, con la misma dirección y sentido de la marcha que el anterior.

La rampa tendrá una anchura de 1,5 m.

Colocados entre los tramos se encontrarán 2 rellanos horizontales de descanso, de dimensiones 1,5m x 1,5 m.

En la parte alta de la rampa se encontrará un rellano de 1,5m x 1,5 m. En la parte baja se unirá a la acera sur de paseo principal y no precisará rellano.

Rampa “R-3”. Se construirá con una pendiente del 6% para solucionar el desnivel existente (2 m).

Longitud de rampa con una pendiente del 6% necesaria = desnivel / pendiente de la rampa = 2 m / 6% = 33,33 m.

Esta longitud se repartirá en 4 tramos con las longitudes, en sentido ascendente, siguientes:



“Construcciones”

- 1°.- Longitud 10 m.
- 2°.- Longitud 10 m, paralelo al anterior, sentido de la marcha contrario.
- 3°.- Longitud 10 m, paralelo al anterior, sentido de la marcha contrario.
- 4°.- Longitud 3,33 m, perpendicular al anterior.

La rampa tendrá una anchura de 1,5 m.

Colocados entre los tramos se encontrarán 3 rellanos horizontales de descanso, de dimensiones 1,5m x 3,15 metros, en ellos la trayectoria de la marcha girará para cambiar de sentido.

Al inicio y al final de la rampa existirá espacio suficiente para ubicar un rellano de 1,50 m de longitud.

Rampa “R-4”. Se construirán 2 rampas simétricas con una pendiente del 6% para solucionar, cada una por su lado, el desnivel existente (3 m).

Su doble presencia se deberá a su singular diseño, que armonizará con las escaleras E-4, que destacará también por su simetría, y que se encontrarán ubicadas entre las dos rampas.

Se procede a describir una de ellas, cuyas dimensiones serán igual a las de la otra, variando únicamente su posición, que será enfrentada con respecto de la otra.

Longitud de rampa con una pendiente del 6% necesaria = desnivel / pendiente de la rampa = 3 m / 6%= 50 m.

Esta longitud se repartirá en 6 tramos con las longitudes, en sentido ascendente, siguientes:

- 1°.- Longitud 6,12 m.
- 2°.- Longitud 10 m, con la misma dirección y sentido de la marcha que el anterior.
- 3°.- Longitud 10 m, paralelo al anterior, sentido de la marcha contrario.



“Construcciones”

4°.- Longitud 10 m, con la misma dirección y sentido de la marcha que el anterior.

5°.- Longitud 10 m, paralelo al anterior, sentido de la marcha contrario.

6°.- Longitud 3,88 m, con la misma dirección y sentido de la marcha que el anterior.

La rampa tendrá una anchura de 1,5 m.

Colocados entre los tramos se encontrarán 5 rellanos horizontales de descanso con las características siguientes:

- 1° Rellano: comunicará el tramo 1° con el 2°, tendrá forma cuadrada, 1,5 m de lado.
- 2° Rellano: comunicará el tramo 2° con el 3°, tendrá forma rectangular de dimensiones 1,5 x 3,15 m, en él la trayectoria de la marcha girará para cambiar de sentido.
- 3° Rellano: comunicará el tramo 3° con el 4°, tendrá forma cuadrada, 1,5 m de lado.
- 4° Rellano: comunicará el tramo 4° con el 5°, tendrá forma rectangular de dimensiones 1,5 x 3,15 m, en él la trayectoria de la marcha girará para cambiar de sentido.
- 5° Rellano: comunicará el tramo 5° con el 6°, tendrá forma cuadrada, 1,5 m de lado.

En la parte alta de la rampa se localizará un rellano de 1,5m x 4 m. En la parte baja se unirá al camino secundario, donde existirá espacio suficiente para ubicar un rellano de 1,50 m de longitud.

Rampa “R-5”. Se construirá con una pendiente del 10% para solucionar el desnivel existente (0,72 m).

Longitud de rampa con una pendiente del 6% necesaria = desnivel / pendiente de la rampa = $0,72 \text{ m} / 10\% = 7,2 \text{ m}$.

Se colocará un único tramo de 7,2 m de longitud, con una anchura de 2 m.