

Factor de apoyo con material granular

#### Factores de apoyo en terraplén y en zanja inducida

En las instalaciones de terraplén y zanja inducida, puede tomarse en consideración el empuje activo del relleno sobre una parte de la tubería, lo que conduce a valores del factor de apoyo mayores, a igualdad de las restantes condiciones, que en los casos de instalación en zanja. El valor del factor de apoyo sigue dependiendo del tipo de apoyo, pero ahora queda condicionado, además por la superficie sobre la que actúa el empuje de las tierras del terraplén. No existe por tanto un único valor para cada tipo de apoyo, como ocurre en el caso de instalación en zanja.

La resultante de las presiones laterales que actúan a cada lado de la conducción, es para un tubo circular:

$$\frac{\lambda \gamma_r (2h_r + \eta D_e)}{2} \eta D_e$$

siendo  $\lambda = 0,33$  por omisión si el usuario no define un valor concreto.

Dividida por la carga vertical  $q_r$  da la razón de la carga horizontal a la vertical:

$$\theta = \frac{\lambda \eta}{C_t} \left( 1 + \frac{\eta D_e}{2h_r} \right)$$

El factor de apoyo se obtiene mediante la fórmula:

$$F_a = \frac{\alpha}{n - \nu \theta}$$

" $\alpha$ " es un valor que depende de la directriz del tubo y en el caso de tubos circulares es 1,431.

" $n$ " es un parámetro que tiene en cuenta el tipo de apoyo y cuyo valor en el caso de un tubo circular se obtiene del siguiente cuadro:

Clase de apoyo	A	B	C	D
$n =$	0,505	0,707	0,840	1,310

"v" es un parámetro que depende del área sobre la que se aplica la carga horizontal, por tanto de la razón de proyección  $\eta$ , para tubo circular, sus valores se recogen en la siguiente tabla:

Clase de apoyo $\eta =$	A v =	B, C y D v =
0.0	0.150	0.000
0.3	0.743	0.217
0.5	0.856	0.423
0.7	0.811	0.594
0.9	0.678	0.655
1.0	0.638	0.638

Para valores intermedios de la tabla se interpola.

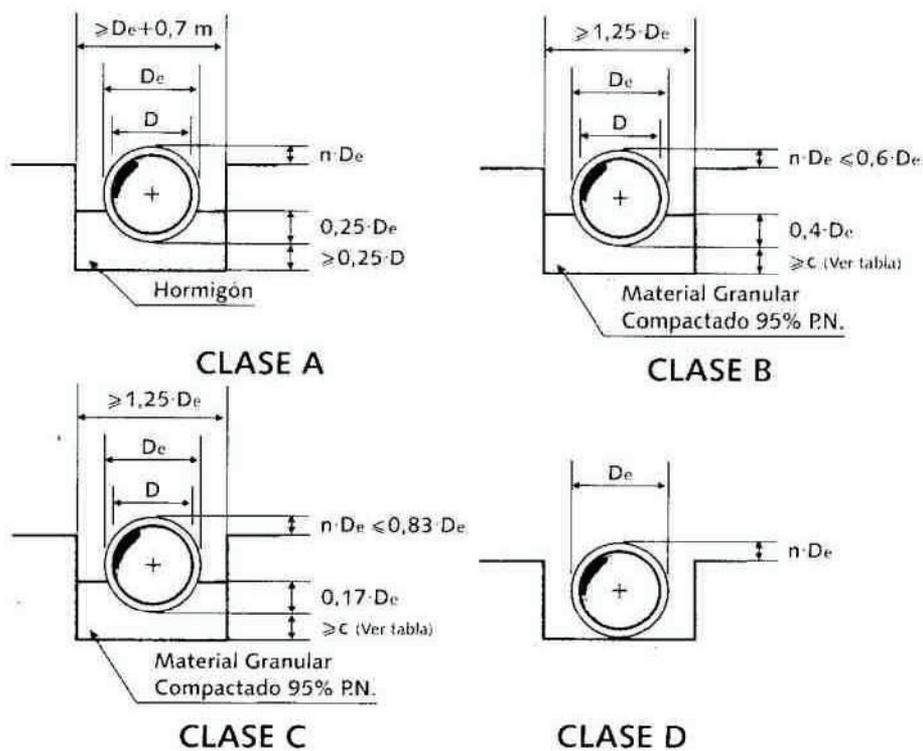
El factor de apoyo puede ser de 4 tipos tal y como se describe a continuación:

Tipo A: Base de hormigón.

Tipo B: Base de material granular compactado. ( $n \leq 0.6$ )

Tipo C: Base de material granular compactado. ( $n \leq 0.83$ )

Tipo D: Apoyo directo.



Cálculo de la Clase resistente según UNE 127 010:



La carga de cálculo se obtiene de la siguiente expresión :

$$\text{CARGA DE CÁLCULO (kN/m)} = \frac{1,5 \times q_{\text{total}}}{F_{\text{ap}} \times D_i}$$

donde  $q_{\text{total}}$  es la suma de la carga del relleno, la carga del tráfico, el efecto de la carga puntual y el efecto de la carga uniformemente distribuida, expresadas en kN/m.

La clase exigible al tubo se obtiene, partiendo de la carga de cálculo mínima y según el tipo de tubo, de la siguiente tabla:

Carga de cálculo <=60	CLASE 60
60<=Carga de cálculo<=90	CLASE 90
90<=Carga de cálculo<=135	CLASE 135
135<=Carga de cálculo<=180	CLASE 180

Restricciones de la tabla:

Diámetro interior Di (mm)	Clase 60	Clase 90	Clase 135	Clase 180
300 a 800	*	SI	SI	SI
1000 a 1800	SI	SI	SI	SI
1800 a 2000	SI	SI	SI	**
2500 a 3000	SI	SI	**	**

\* Diámetros no contemplados en la norma UNE 127 010 para clase 60.

\*\* Diseños especiales no contemplados en la Norma cuyo dimensionamiento a propuesta del fabricante deberá ser autorizado por la dirección de Obra.

### Cálculo de la Clase resistente según ASTM C76M:

Partiendo de la carga de fisuración obtenida de la siguiente expresión :

$$\text{CARGA DE FISURACIÓN (kN/m}^2\text{)} = \frac{q_{\text{total}}}{F_{\text{ap}} \times D_i}$$

donde  $q_{\text{total}}$  es la suma de las cargas calculadas actuantes sobre el tubo, expresada en kN/m;  $F_{\text{ap}}$  expresa el Factor de Apoyo y  $D_i$  el diámetro interior del tubo, se calcula la clase resistente mediante la tabla siguiente, escogiendo la mayor posible:

Clase	I	II	III	IV	V
Carga de fisuración en kN/m <sup>2</sup>	<=40	<=50	<=65	<=100	<=140

Una vez calculada la clase se obtiene la Carga de Cálculo de la siguiente manera:

Clase I,II,III y IV:

$$\text{CARGA DE CÁLCULO} = 1,5 \cdot \text{CARGA DE FISURACIÓN}$$

Clase V:

$$\text{CARGA DE CÁLCULO} = 1,25 \cdot \text{CARGA DE FISURACIÓN}$$

### NOTAS ADICIONALES:

Para alturas de recubrimiento inferiores a un metro se recomienda el uso de vibradores ligeros para no dañar los tubos.

Se prestará especial cuidado en la ejecución del relleno en las proximidades del tubo.



**TUBO Ø600 HA - INSTALACIÓN EN ZANJA SUPERFICIAL EN PLATAFORMA EXISTENTE**

**Cálculo Numérico Tubos Hormigón Armado**

Versión: 2.02a

Datos de la Obra:

Sección tipo:

Cliente:

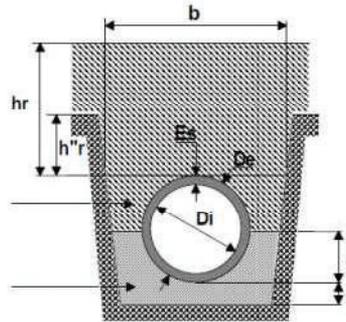
**Esquema de instalación:**

Instalación en Zanja Terraplenada; Relleno: Definido por usuario

(Este croquis no representa proporciones reales)

Relleno Compactado 95% P.N.

Hormigón



De=	0.75 m.
Di=	0.6 m.
Es=	75 mm.
hr=	0.5 m.
hr'=	0.38 m.
a=	0.375 m.
b=	1.79 m.
c=	0.08 m. (Suelo)
c=	0.15 m. (Roca)
	(c según terreno)
Talud=	1:5
Resguardo=	0.35 m.

**Cálculos:**

Carga producida por terreno (qr): calculada como terraplén por sobrepasar el ancho de zanja b la anchura de transición.

$$q_r = C_t \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot D_e \quad ; \text{ Para } h_r \leq h_o, C_t = \frac{e^{2\lambda\mu \frac{h_r}{D_e}} - 1}{2\lambda\mu \frac{h_r}{D_e}} \quad (\text{no según norma})$$

Fap=	4
γ=	25 kN/m³
λμ=	0.192
ho=	1.348 m.

Carga Carretera, Carro tres ejes de 600 kN (60 t.)

Carga puntual de 0t. situada a 0 m

Carga uniformemente distribuida en superficie de 1 t/m²

Carga debida a compactador Estático 5 t/m rodillo

qr=	10.68 kN/m
	39.92 kN/m
	0 kN/m
	10.52 kN/m
	<u>46.79 kN/m</u>
	107.92 kN/m

$$\text{CARGA DE CÁLCULO} = \frac{Q_{total} \cdot 1.5}{Fap \cdot D_i} = 67.45 \text{ kN/m}^2$$

Clase mínima UNE-127.010 exigible:

**Clase 90**

(Válido para hr <= 3.28 m.)



**TUBO Ø600 HA- INSTALACIÓN EN RELLENO A POCA PROFUNDIDAD**

**Cálculo Numérico Tubos Hormigón Armado**

Versión: 2.02a

Datos de la Obra:

Sección tipo:

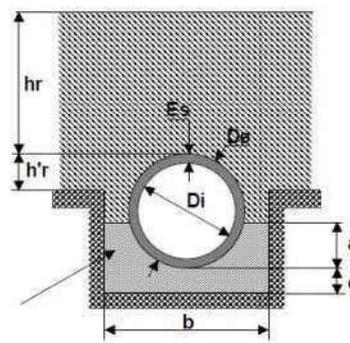
Cliente:

**Esquema de instalación:**

Instalación en Terraplén (Clase C); Relleno: Arena Arcillosa; Base: Base de suelo natural ordinario

(Este croquis no representa proporciones reales)

Material Granular Compactado 95% P.N.



De= 0.75 m.  
Di= 0.6 m.  
Es= 75 mm.  
hr= 0.5 m.  
h'r= 0.6 m.

a=0.128 m.  
b>=0.938 m.  
c>=0.08 m.(Suelo)  
c>=0.15 m.(Roca)  
(c según terreno)

**Cálculos:**

Carga producida por terreno (qr):

$$q_r = C_t \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot D_e \quad ; \text{ Para } h_r \leq h_0, \quad C_t = \frac{e^{2\lambda\mu} \frac{h_r}{D_e} - 1}{2\lambda\mu \frac{h_r}{D_e}}$$

(h<sub>0</sub> según norma)

Fap= 2.378  
γ= 19.2 kN/m<sup>3</sup>  
λμ= 0.15  
h<sub>0</sub>= 1.132 m.

- Carga Carretera, Carro tres ejes de 600 kN (60 t.)
- Carga puntual de 0t. situada a 0 m
- Carga uniformemente distribuida en superficie de 1 t/m<sup>2</sup>
- Carga debida a compactador Estático 5 t/m rodillo

qr= 7.97 kN/m  
39.92 kN/m  
0 kN/m  
9.95 kN/m  
46.79 kN/m  
104.64 kN/m

CARGA DE CÁLCULO =  $\frac{Q_{total} \cdot 1.5}{Fap \cdot Di} = 110.01 \text{ kN/m}^2$

Qtotal=

Clase mínima UNE-127.010 exigible:

**Clase 135**

(Válido para hr <= 3.65 m.)



**TUBO Ø600 HA- INSTALACIÓN EN RELLENO A GRAN PROFUNDIDAD**

**Cálculo Numérico Tubos Hormigón Armado**

Versión: 2.02a

Datos de la Obra:

Sección tipo:

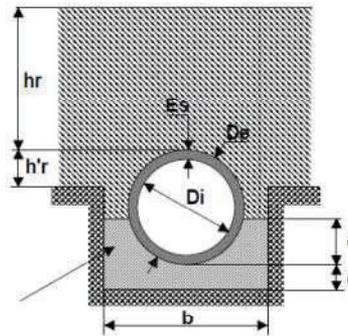
Cliente:

**Esquema de instalación:**

Instalación en Terraplén (Clase C); Relleno: Arena Arcillosa; Base: Base de suelo natural ordinario

(Este croquis no representa proporciones reales)

Material Granular Compactado 95% P.N.



De= 0.75 m.  
Di= 0.6 m.  
Es= 75 mm.  
hr= 5.4 m.  
h'r= 0.6 m.

a=0.128 m.  
b>=0.938 m.  
c>=0.08 m. (Suelo)  
c>=0.15 m. (Roca)  
(c según terreno)

**Cálculos:**

Carga producida por terreno (qr):

$$q_r = C_t \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot D_e \quad ; \quad \text{Para } h_r > h_0, \quad C_t = \frac{e^{2\lambda\mu} \frac{h_0}{D_e} - 1}{2\lambda\mu \frac{h_r}{D_e}} + \frac{h_r - h_0}{h_r} e^{2\lambda\mu \frac{h_0}{D_e}}$$

Fap= 1.975  
γ= 19.2 kN/m³  
λμ= 0.15  
h₀= 1.132 m.

- Carga Carretera, Carro tres ejes de 600 kN (60 t.)
- Carga puntual de 0t. situada a 0 m
- Carga uniformemente distribuida en superficie de 1 t/m²
- Carga debida a compactador Estático 5 t/m rodillo

qr= 117.29 kN/m  
0 kN/m  
0 kN/m  
11.56 kN/m  
4.33 kN/m  
133.18 kN/m

CARGA DE CÁLCULO =  $\frac{Q_{total} \cdot 1.5}{Fap \cdot Di} = 168.6 \text{ kN/m}^2$

Qtotall=

Clase mínima UNE-127.010 exigible:

**Clase 180**

(Válido para hr <=5.8 m.)



**TUBO Ø1200 HA- INSTALACIÓN EN RELLENO A GRAN PROFUNDIDAD**

**Cálculo Numérico Tubos Hormigón Armado**

Versión: 2.02a

Datos de la Obra:

Sección tipo:

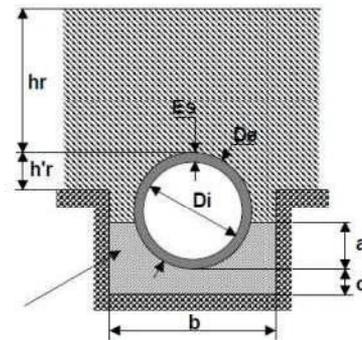
Cliente:

**Esquema de instalación:**

Instalación en Terraplén (Clase C); Relleno: Arena Arcillosa, Base: Base de suelo natural ordinario

(Este croquis no representa proporciones reales)

Material Granular Compactado 95% P.N.



De= 1.45 m.  
Di= 1.2 m.  
Es= 125 mm.  
hr= 4.8 m.  
h'r= 1.201 m.  
  
a=0.247 m.  
b>=1.813 m.  
c>=0.1 m.(Suelo)  
c>=0.23 m.(Roca)  
(c según terreno)

**Cálculos:**

Carga producida por terreno (qr):

$$q_r = C_i \cdot \gamma \cdot h_r \cdot D_e \quad ; \quad \text{Para } h_r > h_0, \quad C_i = \frac{e^{2\lambda\mu} \frac{h_0}{D_e} - 1}{2\lambda\mu \frac{h_r}{D_e}} + \frac{h_r - h_0}{h_r} e^{2\lambda\mu \frac{h_0}{D_e}}$$

(h<sub>0</sub> según norma)

Fap= 2.031  
γ= 19.2 kN/m<sup>3</sup>  
λμ= 0.15  
h<sub>0</sub>= 2.225 m.

- Carga Carretera, Carro tres ejes de 600 kN (60 t.)
- Carga puntual de 0t. situada a 0 m
- Carga uniformemente distribuida en superficie de 1 t/m<sup>2</sup>
- Carga debida a compactador Estático 5 t/m rodillo

qr= 192.25 kN/m  
0 kN/m  
0 kN/m  
22.51 kN/m  
9.42 kN/m  
224.19 kN/m

CARGA DE CÁLCULO =  $\frac{Q_{total} \cdot 1.5}{Fap \cdot Di} = 137.98 \text{ kN/m}^2$

Qtotal=

Clase mínima UNE-127.010 exigible:

**Clase 180**

(Válido para hr <=6.33 m.)

