

**ÍNDICE**

<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2.- DETERMINACIÓN DE ACCIONES ACTUANTES SOBRE EL TUBO .....</b>	<b>2</b>
2.1.- DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL RELLENO .....	2
2.2.- DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL TRÁFICO .....	3
2.3.- OTRAS CARGAS .....	3
<b>3.- FACTORES DE APOYO .....</b>	<b>3</b>
<b>4.- DETERMINACIÓN DE LA CLASE EXIGIBLE AL TUBO.....</b>	<b>3</b>
4.1.- DATOS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO .....	4
4.2.- RESULTADOS OBTENIDOS .....	4

## 1.- INTRODUCCIÓN

Se justifican los cálculos realizados para la comprobación resistente frente a las cargas exteriores de las tuberías de hormigón armado utilizadas en la renovación del colector.

Para la comprobación de las tuberías se establecen las tres siguientes hipótesis:

- ✓ Tubería colocada, con 55 cm de recubrimiento de relleno y compactación.
- ✓ Tubería colocada, con carga de terreno actual y tráfico.
- ✓ Tubería colocada, con carga de terreno futuro y tráfico.

Para el cálculo mecánico de los tubos se ha seguido el procedimiento del Anexo A de la norma UNE 127 010 que sigue los siguientes pasos:

- Determinación de acciones actuantes sobre el tubo (carga producida por relleno, carga producida por el tráfico, carga puntual, carga uniformemente distribuida en superficie).
- Obtención del Factor de apoyo mínimo recomendado, según las condiciones de instalación.
- Determinación de la clase resistente exigible al tubo según las acciones actuantes y las condiciones de instalación.

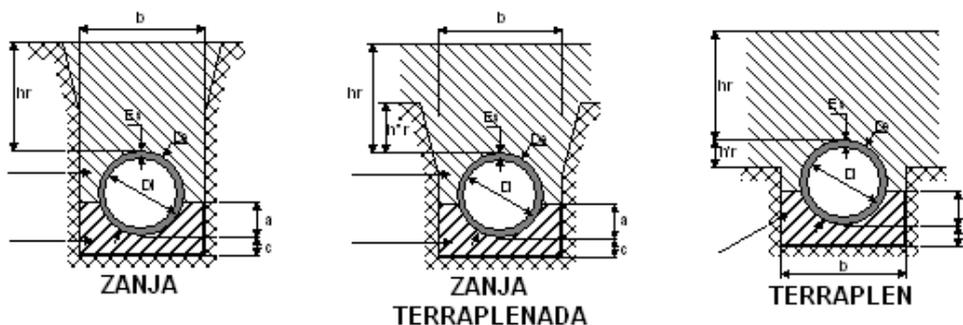
## 2.- DETERMINACIÓN DE ACCIONES ACTUANTES SOBRE EL TUBO

Las cargas actuantes sobre el tubo se obtienen al combinar la carga producida por el relleno, la carga producida por el tráfico y sobrecargas existentes puntuales o distribuidas uniformemente en superficie.

### 2.1.- DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL RELLENO

Para poder determinar esta carga se parte de la clasificación del tipo de instalación de la tubería y de la clasificación de las tierras del relleno según la Norma.

Así se consideran tres tipos de instalación: en zanja, en zanja terraplenada y en terraplén;



También se consideran cinco clases de relleno: arcilla plástica, arcilla ordinaria, arena arcillosa, arenas y gravas y material granular sin cohesión (zahorras).

Clase de relleno	$\lambda\mu'$	$\gamma_r$ (kN/m <sup>3</sup> )
Arcilla plástica	0,110	21,0
Arcilla ordinaria	0,130	19,2

Arena arcillosa	0,150	19,2
Arenas y gravas	0,165	17,6
Material granular sin cohesión (zahorras)	0,192	19,0

Donde:  $\gamma_r$  = Peso específico del terreno, en kN/m<sup>3</sup>

$\lambda$  = Coeficiente de Rankine =  $\text{tg}^2(45^\circ - \phi/2)$

$\phi$  es el ángulo de rozamiento interno del relleno;

$\mu'$  =  $\text{tg} \phi'$  es el coeficiente de rozamiento del relleno contra los paramentos de la zanja.

El efecto favorable del rozamiento negativo, tanto en zanja, como en zanja terraplenada, disminuye a medida que aumenta la anchura de la zanja, lo que obliga a calcular también el peso del relleno como si la tubería estuviera colocada en terraplén y considerar como real el menor de ambos, ya que la carga para el caso de tubería colocada en terraplén es la mayor que se puede producir para una altura de relleno determinada. Este doble cálculo resulta obligado para cualquier tipo de zanja, incluso la terraplenada.

Las anteriores consideraciones contempladas en la Instrucción de Tubos de Hormigón Armado y Pretensado del Instituto Eduardo Torroja no se explicitan en el Apéndice de Cálculo de la Norma UNE 127.010, si bien el Programa de Cálculo utilizado lo tiene en cuenta y realiza automáticamente la comparación dando como resultado el valor inferior.

## 2.2.- DETERMINACIÓN DE LA CARGA PRODUCIDA POR EL TRÁFICO

La norma considera tres tipos de vehículos:

- ✓ Eje simple de 70 kN (7t).
- ✓ Eje simple de 130 kN (13t).
- ✓ Carro tres ejes de 600 kN (60t)

Para profundidades superiores a los 4 m, no se considerarán cargas de tráfico, mientras que para profundidades inferiores a 1 m y en los casos de eje simple de 7 t y eje triple de 13 t, los valores indicados consideran un coeficiente de impacto.

## 2.3.- OTRAS CARGAS

Además se pueden considerar las cargas: puntuales y uniformemente distribuidas en superficie.

## 3.- FACTORES DE APOYO

Los factores de apoyo en zanja y zanja terraplenada dependen del material utilizado estando recomendado el apoyo en hormigón en masa  $f_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$  y el apoyo granular.

## 4.- DETERMINACIÓN DE LA CLASE EXIGIBLE AL TUBO

La carga de cálculo es directamente proporcional a 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 según la siguiente tabla para tubos de hormigón armado:

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

Para alturas de recubrimiento < 1 m se recomienda usar vibradores ligeros para no dañar los tubos.

#### 4.1.- DATOS UTILIZADOS EN EL CÁLCULO

La conducción se ha calculado bajo dos hipótesis, siendo el resultado la mayor clase obtenida de ambos casos.

La primera hipótesis de *tubería colocada, con 4,6 m de recubrimiento de relleno y compactación* se da durante la fase de puesta en obra de la conducción y la segunda hipótesis de *tubería colocada, con carga de terreno actual y tráfico* se da durante la vida útil de la misma.

La conducción, en toda su longitud, está colocada en zanja y el relleno utilizado es material granular sin cohesión.

Los datos que se han utilizado en la 1ª hipótesis han sido:

- ✓ Altura de tierras sobre la conducción igual a 10 cm de grava 6/12, más 5,40 cm de zahorra artificial.
- ✓ Carga de tráfico y carga superficial uniformemente distribuidas nulas.
- ✓ Carga puntual igual a la fuerza transmitida por la plancha reversible de 50 cm utilizada en la compactación: 24 kN a distancia nula.

Los datos que se han utilizado en la 2ª hipótesis han sido:

- ✓ Altura de tierras sobre la conducción igual a la máxima existente.
- ✓ Carga de tráfico transmitida por un eje simple de 130 kN.
- ✓ Carga puntual igual a 2 t a distancia nula.
- ✓ Carga distribuida uniformemente igual a 0,4 t/m<sup>2</sup>.

#### 4.2.- RESULTADOS OBTENIDOS

Tras la aplicación de los anteriores datos al cálculo se han obtenido las clases para las tuberías de hormigón armado que se resumen en la siguiente tabla:

	Hipótesis 1	Hipótesis 2
Φ2000	CLASE 135	CLASE 135

Tras realizar los cálculos que se recogen a continuación del presente documento, se obtiene la misma clase para ambas hipótesis, por lo que la altura de tierras no es determinante para la elección del armado, es decir que no es necesario realizar los cálculos de rellenos intermedios.

**Hipótesis 1**

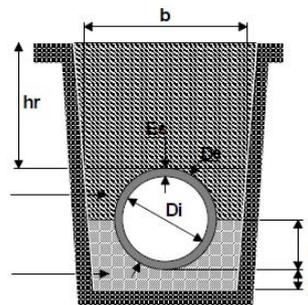
**Esquema de instalación:**

Instalación en Zanja; Relleno: Mat. Gran. sin Cohesión (Zahorras)

(Este croquis no representa proporciones reales)

Material Granular Compactado 95% P.N.

Idem



De= 2.384 m.
Di= 2 m.
Es= 192 mm.
hr= 4.6 m.
a=1.192 m.
b=4.398 m.
c=0.15 m.(Suelo)
c=0.3 m.(Roca)
(c según terreno)
Talud= 1:5
Resguardo=0.5 m.

**Cálculos:**

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

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

(no según norma)

Fap= 2.1
γ= 19 kN/m³
λμ= 0.192
ho= 3.488 m.

- Carga Carretera, Ninguna
- Carga puntual de 2.4t. situada a 0 m
- Carga uniformemente distribuida en superficie de 0 t/m²
- Carga debida a compactador

qr= 300.33 kN/m
0 kN/m
3.97 kN/m
0 kN/m
0 kN/m
304.3 kN/m

$$\text{CARGA DE CÁLCULO} = \frac{Q_{total} \cdot 1.5}{F_{ap} \cdot D_i} = 108.68 \text{ kN/m}^2$$

Qtotal=

Clase mínima UNE-127.010 exigible:

Clase 135

(Válido para hr <=5.7 m.)

**Hipótesis 2**

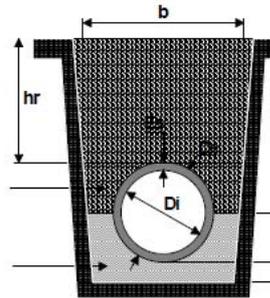
**Esquema de instalación:**

Instalación en Zanja; Relleno: Mat. Gran. sin Cohesión (Zahorras)

(Este croquis no representa proporciones reales)

Material Granular Compactado 95% P.N.

Idem



De=	2.384 m.
Di=	2 m.
Es=	192 mm.
hr=	4.6 m.
a=	1.192 m.
b=	4.398 m.
c=	0.15 m. (Suelo)
c=	0.3 m. (Roca)
	(c según terreno)
	Talud= 1:5
	Resguardo=0.5 m.

**Cálculos:**

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

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

(no según norma)

Fap=	2.1
γ=	19 kN/m³
λμ =	0.192
h₀=	3.488 m.

- Carga Carretera, Eje simple de 130 kN (13 t)
- Carga puntual de 2t. situada a 0 m
- Carga uniformemente distribuida en superficie de 0.4 t/m²
- Carga debida a compactador

qr=	300.33 kN/m
	0 kN/m
	3.31 kN/m
	11.53 kN/m
	0 kN/m
	315.18 kN/m

CARGA DE CÁLCULO =  $\frac{Q_{total} \cdot 1.5}{F_{ap} \cdot D_i} = 112.56 \text{ kN/m}^2$

Qtotal=

**Clase mínima UNE-127.010 exigible:**

Clase 135

(Válido para hr <= 5.5 m.)