

**PROYECTO DE URBANIZACIÓN:  
POLÍGONO DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE ÁMBITO LOCAL  
EN ANDOSILLA**

**ANEJO Nº 9  
CÁLCULO MECÁNICO TUBERÍAS**



Pamplona, enero de 2016

**MONKAVAL**  
soluciones ingeniería

**ÍNDICE:**

<b>1 OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE SANEAMIENTO.....</b>	<b>1</b>
2.1 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES.....	1
2.2 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES .....	1
<b>3 CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS CONDUCCIONES .....</b>	<b>1</b>
3.1 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES.....	1
3.2 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES .....	1
<b>4 RESULTADOS DE CÁLCULO .....</b>	<b>2</b>
4.1 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES.....	2
4.2 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES .....	5
4.2.1 Cálculo de la clase resistente según ASTM-C76.....	5
4.2.2 Cálculo de la clase resistente según UNE-127.010.....	6

## 1 OBJETO

El objeto del presente Anejo es la justificación de los cálculos mecánicos de las tuberías de saneamiento prevista en el presente proyecto.

## 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES DE SANEAMIENTO

Las redes de saneamiento y las conducciones proyectadas para las mismas son las siguientes:

### 2.1 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES

Constituida por tubería de PVC para saneamiento según Norma UNE-1401 SN4 (TEJA) de 250 mm de diámetro nominal.

### 2.2 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

Formada por tubería de hormigón armado con campana y junta de goma según Norma ASTM C-76 y Norma experimental UNE 127 010 EX.

## 3 CONDICIONES DE INSTALACIÓN DE LAS CONDUCCIONES

### 3.1 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES

Las condiciones de instalación en zanja son las siguientes:

- Altura zanja s/clave                      1.50 m
- Anchura de zanja                            1.20 m
- Asiento de tubería                         Gravilla 5-8 mm
- Recubrimiento de tubería                Gravilla 5-8 mm
- Relleno de zanja                             Zahorra natural

### 3.2 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

Las condiciones de instalación en zanja son las siguientes:

- Altura zanja s/clave                      2.0 m
- Anchura de zanja                            1.50 m
- Asiento de tubería 90°                    Gravilla 5-8 mm
- Relleno de zanja                             Zahorra natural

## 4 RESULTADOS DE CÁLCULO

### 4.1 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS FECALES

#### 1. Características del tubo y la instalación.

TIPO DE CONDUCCIÓN: SANEAMIENTO SIN PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.456)  
Instalación en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)  
Diámetro nominal:  $D_n = 250$  mm  
Espesor:  $e = 4.9$  mm  
Diámetro interior:  $d_i = 240.2$  mm  
Radio medio:  $R_m = 122.55$  mm  
Módulo de elasticidad:  $E_t(lp) = 1750$  N/mm<sup>2</sup> ,  $E_t(cp) = 3600$  N/mm<sup>2</sup>  
Peso específico:  $P_{esp.} = 14$  kN/m<sup>3</sup>  
Esfuerzo tang. máximo:  $\sigma_t(lp) = 50$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_t(cp) = 90$  N/mm<sup>2</sup>  
Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior:  $P_i = 0$  bar  
Presión agua exterior:  $P_e = .12$  bar

Altura de la zanja:  $H_1 = 1.5$  m  
Anchura de la zanja:  $B_1 = 1.2$  m  
Ángulo de inclinación de la zanja:  $\beta = 60^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
Ángulo de apoyo:  $2\alpha = 120^\circ$   
Tipo de relleno: No cohesivo  
Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura  
Peso específico de la tierra de relleno:  $\gamma_1 = 20$  kN/m<sup>3</sup>  
Módulos de compresión del relleno:  $E_1 = 3$  N/mm<sup>2</sup>  $E_2 = 1$  N/mm<sup>2</sup>  
Módulos de compresión del terreno:  $E_3 = 2$  N/mm<sup>2</sup>  $E_4 = 1$  N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: PESADO (>39t)  
Número de ejes de los vehículos: 3  
Distancia entre ruedas:  $a = 2$  m  
Distancia entre ejes:  $b = 1.5$  m  
Sobrecarga concentrada:  $P_c = 100$  kN  
Sobrecarga repartida:  $P_d = 5$  kN  
Altura 1ª capa de pavimentación:  $h_1 = 0.1$  m  
Altura 2ª capa de pavimentación:  $h_2 = 0.3$  m  
Módulos de compresión de las capas:  $E_{f1} = 4000$  N/mm<sup>2</sup>  $E_{f2} = 15000$  N/mm<sup>2</sup>

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=22.15955 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=5.79668 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0.7401 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=28.69633 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=13.97721 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=3.85618 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

### 2.4. Momentos flectores circunferenciales.

#### 2.4.1. Debidos a la presión vertical total sobre el tubo ( $M_{qvt}$ )

En Clave:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.11248 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.11421 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.11852 \text{ kN m/m}$

#### 2.4.2. Debidos a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $M_{qh}$ )

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.03562 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.03562 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.03562 \text{ kN m/m}$

#### 2.4.3. Debidos a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $M_{qht}$ )

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.03799 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.04368 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.03799 \text{ kN m/m}$

#### 2.4.4. Debidos al propio peso del tubo ( $M_t$ )

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00039 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00045 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00054 \text{ kN m/m}$

#### 2.4.5. Debidos al peso del agua ( $M_a$ )

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.0035 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones})=-0.00405 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.00479 \text{ kN m/m}$

#### 2.4.6. Debidos a la presión del agua ( $M_{pa}$ )

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=-0.00002 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=-0.00002 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=-0.00002 \text{ kN m/m}$

#### 2.4.7. Momento flector total ( $M$ )

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.04274 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.03945 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.0502 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo (Nqvt)

En Clave: Nqvt (Clave)=0.09495 kN m/m  
En Riñones: Nqvt (riñones)=-3.51674 kN m/m  
En Base: Nqvt (Base)=-0.09495 kN m/m

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Nqh)

En Clave: Nqh (Clave)=-1.16259 kN m/m  
En Riñones: Nqh (Riñones)=0 kN m/m  
En Base: Nqh (Base)=-1.16259 kN m/m

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Nqht)

En Clave: nqht (Clave)=-0.98835 kN m/m  
En Riñones: Nqht (Riñones)=0 kN m/m  
En Base: Nqht (Base)=-0.98835 kN m/m

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo (Nt)

En Clave: Nt (Clave)=0.0021 kN m/m  
En Riñones: Nt (Riñones)=-0.01321 kN m/m  
En Base: Nt (Base)=-0.0021 kN m/m

### 2.5.5. Debidas al peso del agua (Na)

En Clave: Na (Clave)=0.09387 kN m/m  
En Riñones: Na (Riñones)=0.03229 kN m/m  
En Base: Na (Base)=0.2065 kN m/m

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua (Npa)

En Clave: Npa (Clave)=-1.47 kN m/m  
En Riñones: Npa (Riñones) = -1.47 kN m/m  
En Base: Npa (Base)=-1.47 kN m/m

### 2.5.7. Fuerza axial total (N)

En Clave: N (Clave)=-3.43002 kN m/m  
En Riñones: N (Riñones)=-4.96765 kN m/m  
En Base: N (Base)=-3.51149 kN m/m

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 10.1221 kN/mm<sup>2</sup>  
En Riñones: -10.74155 kN/mm<sup>2</sup>  
En Base: 11.99587 kN/mm<sup>2</sup>

## 2.7. Verificación del esfuerzo tangencial( coef. de seguridad a rotura)

En Clave: 4.93968 --ADMISIBLE: cumple >2.5  
En Riñones: 4.65482 --ADMISIBLE: cumple >2.5  
En Base: 4.1681 --ADMISIBLE: cumple >2.5

## 2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 5.30732 --ADMISIBLE: cumple >2.5  
Debido a la presión ext. de agua :7.26619 --ADMISIBLE: cumple >2.5  
Debido al terreno y al agua: 3.06708 --ADMISIBLE: cumple >2.5

## 4.2 RED DE SANEAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

### 4.2.1 Cálculo de la clase resistente según ASTM-C76

#### Cálculo Numérico Tubos Hormigón Armado

Versión: 2.02a

Datos de la Obra:

Sección tipo:

Cliente:

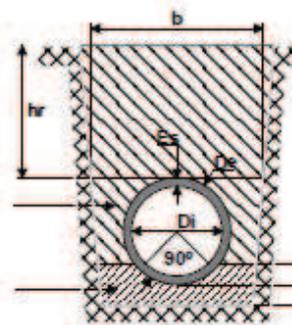
#### Esquema de instalación:

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

(Este croquis no representa proporciones reales)

Relleno Compactado 95% P.N.

Material Granular Compactado 95% P.N.



De= 0.634 m.  
Di= 0.5 m.  
Es= 67 mm.  
hr= 2 m.

a=0.106 m.  
b=1.5 m.  
c=0.08 m.(Suelo)  
c=0.15 m.(Roca)  
(c según terreno)

#### Cálculos:

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

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

Fap= 1.7  
 $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$   
 $\lambda \mu = 0.192$   
 $h_0 = 0.927 \text{ m.}$

Carga Carretera, Carro tres ejes de 600 kN (60 t.)  
Carga puntual de 0t. situada a 0 m  
Carga uniformemente distribuida en superficie de 0 t/m<sup>2</sup>  
Carga debida a compactador Dinámico 1 t/m rodillo  
Carga de Fisuración=80.98 kN/m<sup>2</sup>

qr= 37.64 kN/m  
19.32 kN/m  
0 kN/m  
0 kN/m  
11.86 kN/m  
Qtotal= 68.83 kN/m

$$\text{CARGA DE CÁLCULO} = \frac{1.5 \cdot Q_{\text{total}}}{F_{ap} \cdot D_i} = 121.47 \text{ kN/m}^2$$

Clase mínima ASTM-C76M exigible:

**Clase IV**

(Válido para hr <=5.2 m.)

4.2.2 Cálculo de la clase resistente según UNE-127.010

**Cálculo Numérico Tubos Hormigón Armado**

Versión: 2.02a

Datos de la Obra:

Sección tipo:

Cliente:

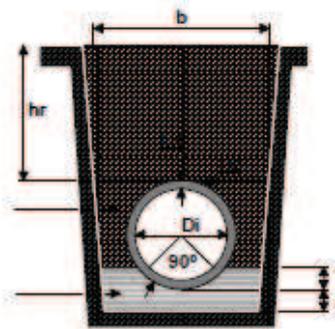
**Esquema de instalación:**

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

(Este croquis no representa proporciones reales)

Relleno Compactado 95% P.N.

Material Granular Compactado 95% P.N.



De= 0.634 m.  
 Di= 0.5 m.  
 Es= 67 mm.  
 hr= 2 m.

a=0.106 m.  
 b=1.5 m.  
 c=0.08 m.(Suelo)  
 c=0.15 m.(Roca)  
 (c según terreno)

**Cálculos:**

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

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

Fap= 1.7  
 γ= 19 kN/m³  
 λμ= 0.192  
 h₀= 0.927 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 0 t/m²
- Carga debida a compactador Dinámico 1 t/m rodillo

qr= 37.64 kN/m  
 19.32 kN/m  
 0 kN/m  
 0 kN/m  
11.86 kN/m  
 68.83 kN/m

CARGA DE CÁLCULO =  $\frac{Q_{total} \cdot 1.5}{F_{ap} \cdot D_i} = 121.47 \text{ kN/m}^2$

Qtotal=

Clase mínima UNE-127.010 exigible:

**Clase 135**

(Válido para hr <= 2.91 m.)