

## **ANEJO Nº 9 CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA RED DE RIEGO**



**ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>		
<b>2. CÁLCULO DE ESFUERZOS .....</b>	<b>1</b>		
2.1. ACCIONES A CONSIDERAR .....	1		
2.2. PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO .....	1		
2.3. TUBOS ENTERRADOS.....	1		
2.3.1. CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN .....	1		
2.3.1.1. RELLENO .....	1		
2.3.1.2. TIPOS DE COMPACTACIÓN EN ZANJA.....	2		
2.3.1.3. NATURALEZA DEL SUELO .....	2		
2.3.1.4. MÓDULOS DE REACCIÓN DEL TERRENO.....	2		
2.3.1.5. INFLUENCIA DE LA CAPA FREÁTICA.....	3		
2.3.1.6. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE RETIRADA DE LA ENTIBACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ANCHURA DE ZANJA .....	3		
2.3.1.7. COEFICIENTE DE CIZALLADURA.....	3		
2.3.1.8. COEFICIENTE DE PRESIÓN HORIZONTAL DEL TERRENO.....	4		
2.3.2. COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA .....	4		
2.3.2.1. RIGIDEZ ANULAR ( $R_A$ ) .....	4		
2.3.2.2. CRITERIO DE RIGIDEZ (R).....	4		
2.3.3. CARGAS VERTICALES DEL RELLENO ( $Q_R$ ) .....	5		
2.3.4. SOBRECARGAS.....	6		
2.3.5. PRESIONES .....	7		
<b>3. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PRFV .....</b>	<b>8</b>		
3.1. CRITERIOS BÁSICOS.....	8		
3.2. METODOLOGÍA .....	9		
3.3. CÁLCULO DE LOS TUBOS ENTERRADOS .....	9		
3.3.1. HIPÓTESIS I: PRESIÓN INTERIOR .....	9		
3.3.2. HIPÓTESIS II: CARGAS EXTERNAS.....	9		
3.3.3. HIPÓTESIS III: COMPROBACIÓN CONJUNTA A PRESIÓN INTERNA Y CARGAS EXTERNAS.....	10		
3.3.4. HIPÓTESIS IV: PANDEO TRANSVERSAL (COLAPSO O ABOLLADURA).....	10		
3.4. RESULTADOS.....	11		
<b>4. CÁLCULO DE TUBERÍAS DE P.V.C. ....</b>	<b>11</b>		
4.1. CRITERIOS BÁSICOS.....	11		
4.2. CÁLCULO DE LA DEFORMACIÓN .....	12		
4.3. DETERMINACIÓN DE LAS SOLICITACIONES.....	12		
4.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS MOMENTOS FLECTORES CIRCUNFERENCIALES.....	12		
4.3.2. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS AXILES.....	13		
4.3.3. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS TANGENCIALES MÁXIMOS.....	14		
4.4. DIMENSIONADO .....	14		
4.4.1. VERIFICACIÓN DEL ESFUERZO TANGENCIAL .....	14		
4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD DIMENSIONAL. CÁLCULO DE LA PRESIÓN CRÍTICA DE COLAPSADO .....	14		
4.4.2.1. CÁLCULO DE LA PRESIÓN DEL TERRENO.....	14		
4.4.2.2. CÁLCULO DE LA PRESIÓN EXTERIOR DEL AGUA.....	14		
4.4.2.3. ACCIÓN SIMULTÁNEA DE LA PRESIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA EXTERNA.....	15		
4.5. RESULTADOS.....	15		
<b>5. CÁLCULO DE TUBERÍAS DE PE.....</b>	<b>15</b>		
5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS .....	15		
5.2. TUBOS DE POLIETILENO INSTALADOS EN ZANJA .....	15		
5.3. RESULTADOS.....	17		
<b>6. CÁLCULO DE ANCLAJES.....</b>	<b>18</b>		
6.1. CRITERIOS BÁSICOS.....	18		

6.2. METODOLOGÍA.....18  
6.3. CÁLCULO .....19

**APENDICES**

- APÉNDICE N° 1: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PRFV
- APÉNDICE N° 2: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PVC
- APÉNDICE N° 3: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PE
- APÉNDICE N° 4: CÁLCULO DE ANCLAJES

## 1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se presentan los cálculos mecánicos de los tubos de PE y PRFV, que son los utilizados en el proyecto.

En este tipo de tuberías el valor de las cargas del terreno depende de la deformación de la tubería, por lo que se tiene un binomio hiperestático tubería-terreno ya que la tubería al ovalizarse tiende a adoptar la forma del antifunicular de cargas, con mayor ovalización cuanto más flexible es la tubería.

En ellas presenta una gran importancia el fenómeno del abollamiento, que constituye su forma usual de rotura. Se ha comprobado que la rotura por abollamiento se produce con grandes deformaciones por ovalización ( $\Delta D_e / D_e \geq 20-30\%$ ), por lo que se utiliza el concepto de seguridad a la deformación en lugar de respecto a la tensión.

Se fija un límite máximo para dicha deformación del diámetro vertical, variable según cada tipo de tubería ( $\Delta D_e / D_e \geq 3-5\%$ ), muy inferior a la que produce la rotura por abollamiento.  $\Delta D_e / D_e$  se calcula por la fórmula modificada de Spangler:

$$(\Delta D_e)_h / D_e = 0,1q / (8R_a + 0,61 E_s)$$

Siendo  $q$  = carga total vertical =  $q_r$  (carga del relleno) +  $q_o$  (sobrecarga + impacto);  $R_a$  = Rigidez de la tubería;  $E_s$  = Rigidez del suelo (módulo secante)

## 2. CÁLCULO DE ESFUERZOS

### 2.1. ACCIONES A CONSIDERAR

Las acciones que deben tenerse en cuenta en función del tipo de instalación y del método de cálculo son las siguientes:

#### En tubos enterrados

- Presión máxima de trabajo (Pt)
- Cargas verticales de relleno
- Sobrecargas
- Empuje lateral
- Empuje hidrostático sobre el tubo

### 2.2. PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO

La presión máxima de trabajo (Pt) es la presión máxima que puede alcanzarse en una sección de la tubería en funcionamiento. La relación diámetro / presión máxima de trabajo que se obtiene de los cálculos hidráulicos y de la red es la siguiente:

### 2.3. TUBOS ENTERRADOS

#### 2.3.1. CONDICIONES DE LA INSTALACIÓN

##### 2.3.1.1. RELLENO

Se distinguen dos zonas:

- La zona de relleno procedente de la excavación

- La zona de relleno seleccionado, constituida por una cama de arena y un relleno mínimo de recubrimiento del tubo hasta mitad de tubo o en su defecto 0,30 m por encima de la generatriz superior del tubo.

La zona de relleno seleccionado condiciona la estabilidad y la protección de la conducción.

La zona de relleno procedente de la excavación varía según sea la zona (rural, semiurbano y urbano) y deberá tenerse en cuenta la estabilidad de la calzada si procede.

Otros tipos de esfuerzos influyen en las condiciones de instalación como travesías de zonas de alta seguridad como pasaje de vías férreas y autovías, mantenimiento de la conducción sin peligro de congelación, etc.

#### 2.3.1.2. TIPOS DE COMPACTACIÓN EN ZANJA

Se definen cuatro niveles de compactado en la zona de recubrimiento.

- **Nula.** No se compacta.
- **Ligera.** No realiza uso de medios de compactado apropiado, o no realiza ningún control o verificación.
- **Moderada.** Se controlan los medios de compactado en obra. En este caso, el instalador somete a la opinión del Contratista el modo de ejecución y el justificante de las disposiciones previstas para el compactado, verificándose que los resultados obtenidos son 85-90% del Proctor y 40-70% de Densidad relativa.
- **Alta.** Como el anterior, y además con la verificación de que los resultados obtenidos son >95% Proctor y >70% de Densidad relativa.

#### 2.3.1.3. NATURALEZA DEL SUELO

El modelo de cálculo utilizado tiene en cuenta cinco grupos de suelo.

- **SC1.** Piedra triturada con menos del 15% de arena y con un máximo del 25% que pasa el tamiz de 10 mm y un máximo de 5% de finos.

- **SC2.** Terrenos de grano grueso con menos del 12% de finos (GW, GP, SW, SP y similares).
- **SC3.** Terrenos de grano con más del 12% de finos o terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con más del 30% de partículas gruesas (GM, GC, SM, SC y similares).
- **SC4.** Terrenos de grano fino con plasticidad nula a media y con menos del 30% de partículas gruesas (LL, ML, ML-CL, ML/CL).
- **SC5.** Terrenos de grano fino altamente compresible (CH, MH, OL, OH, PT, CH/MH).

#### 2.3.1.4. MÓDULOS DE REACCIÓN DEL TERRENO

El modulo de reacción del terreno  $E_s$  (MPa) se define en función del tipo de compactación y de la naturaleza del suelo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Proctor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Proctor 40-70% Den. rel.	Alta >95% Proctor > 70% Den. rel.
SC1	6,90	20,70	20,70	20,70
SC2	1,40	6,90	13,80	20,70
SC3	0,69	2,80	6,90	13,80
SC4	0,34	1,40	2,80	6,90
SC5	Requiere análisis especial de ingeniería para determinar la densidad requerida, el contenido de humedad y el grado de compactación.			

Para evitar que una mala compactación en obra no produzca el mal funcionamiento mecánico del tubo o incluso la rotura del mismo se considera un coeficiente de reducción del modulo de elasticidad de 2; además en el caso de que existan problemas con la capa freática o sea necesario considerar la influencia de las condiciones de retirada de entibaciones, se aplicarán unos coeficientes de corrección al módulo de reacción del terreno obtenido.

**2.3.1.5. INFLUENCIA DE LA CAPA FREÁTICA**

En el caso de que la zona de instalación (recubrimiento, relleno y suelo natural) esté sometida a la influencia de la capa freática, los valores de los módulos de reacción del terreno descritos en la tabla anterior deben minorarse, aplicando la siguiente expresión:

$$E_s = C_E \cdot E_s$$

En donde:  $C_E$  = Coeficiente de minoración, cuyo valor es función del grupo de suelo de acuerdo con la siguiente tabla.

Tipo terreno	$C_E$
SC1	1,00
SC2	0,75
SC3 y SC4	0,50

En el caso de que el nivel de la capa freática se conozca de forma precisa, se podrá tener en cuenta para calibrar las tierras situadas bajo dicha capa tomándose para el cálculo como peso específico  $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ .

Se admitirá que la influencia de la capa freática es despreciable en una primera aproximación sobre los parámetros de presión horizontal y de cizalladura,  $k_2$  y  $k_1$  respectivamente.

**2.3.1.6. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE RETIRADA DE LA ENTIBACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ANCHURA DE ZANJA**

En caso de existir entibación, los valores del módulo del terreno ( $E_s$ ) y del coeficiente de presión horizontal ( $k_2$ ) se modificarán en función de la forma de retirada de la entibación y del espesor de éste frente al espacio disponible entre la conducción y la entibación.

Los tipos de retirada de entibación considerados, son los siguientes:

- **Tipo 1.** Encofrado retirado por capas de relleno antes de su compactado.
- **Tipo 2.** Encofrado retirado por capas de relleno tras su compactado.
- **Tipo 3.** Encofrado o tablestacado retirado tras el relleno completo de la zanja.

El espesor de la entibación frente al espacio disponible en la zanja, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$B = D_e + 2b + 0,6 \text{ para } D_n < 600 \text{ mm}$$

$$B = D_e + 2b + 0,8 \text{ para } D_n > 600 \text{ mm}$$

En donde:  $B$  = Ancho de zanja (m)

$D_e$  = Diámetro exterior del tubo (m)

$b$  = Espesor útil de la entibación (en su defecto se tomará  $b = 0,10 \text{ m}$ )

Por tanto, una vez identificado el tipo de retirada de la entibación y el ancho de zanja disponible, se puede determinar el coeficiente de minoración de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo retirada	$(B-De)/b < 6$	$6 < (B-De)/b < 26$	$(B-De)/b > 26$
T1	1,00	1,00	1,00
T2	0,60	$2(B-De)/100b + 0,48$	1,00
T3	0,20	$4(B-De)/100b - 0,04$	1,00

**2.3.1.7. COEFICIENTE DE CIZALLADURA**

El coeficiente de cizalladura ( $k_1$ ) en un punto dado en el terreno es igual al cociente entre la tensión de cizalladura sobre el plano vertical y la tensión normal sobre el plano horizontal del punto considerado.

El coeficiente de cizalladura se tomará igual a 0,15 cualquiera que sea el tipo de suelo. En el caso de existencia de entibaciones y dependiendo de la retirada de los mismos, este coeficiente disminuirá, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Si el encofrado es retirado por capas de relleno antes de su compactado, ( $C_{k1} = 1,00$ )
- Si el encofrado es retirado por capas de relleno tras su compactado, ( $C_{k1} = 0,60$ ).

- Si el encofrado o tablestacado son retirados tras el relleno completo de la zanja, ( $C_{k1} = 0,20$ ).

En el caso de zanjas y cuando el suelo natural presente características geotécnicas inferiores a las del relleno, los valores del coeficiente de cizalladura deberán disminuirse.

### 2.3.1.8. COEFICIENTE DE PRESIÓN HORIZONTAL DEL TERRENO

El coeficiente de presión horizontal del terreno ( $k_2$ ) se define en función del tipo de compactación y de la naturaleza del suelo, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo de terreno	Compactación			
	Nula	Ligera < 85% Proctor < 40% Den. rel.	Moderada 85-95% Proctor 40-70% Den. rel.	Alta >95% Proctor > 70% Den. rel.
SC1	0,15	0,50	0,50	0,50
SC2	0,00	0,15	0,35	0,50
SC3	0,00	0,00	0,15	0,35
SC4	0,00	0,00	0,00	0,15

### 2.3.2. COMPORTAMIENTO DE LA TUBERÍA

#### 2.3.2.1. RIGIDEZ ANULAR ( $R_A$ )

En el caso de los materiales sensibles a los fenómenos de fatiga conviene distinguir entre la rigidez anular instantánea ( $R_{Ai}$ ) y la debida al envejecimiento o rigidez anular diferida ( $R_{Av}$ ), cuya relación indica el coeficiente de envejecimiento del material:

$$\frac{R_{Ai}}{R_{Av}} = C_V$$

Cuando el coeficiente de envejecimiento es mayor que uno, esto indica que la rigidez anular instantánea ( $R_{Ai}$ ) es mayor que la rigidez anular diferida ( $R_{Av}$ ), debido a que el módulo de elasticidad instantáneo ( $E_i$ ) es mayor al modulo de elasticidad diferido ( $E_v$ ).

En tubos de sección circular, la rigidez anular ( $R_A$ ) está dada por la siguiente expresión:

$$R_A = 1000 \cdot \frac{E_t \cdot I}{D_m^3}$$

En donde:  $R_A$  = Rigidez anular ( $\text{kN/m}^2$ )

$E_t$  = Modulo de elasticidad del tubo (MPa)

$D_m$  = Diámetro medio del tubo (mm)

$I$  = Momento de inercia a flexión de un tubo de pared homogénea por unidad de longitud que se calcula de acuerdo a la siguiente expresión ( $\text{mm}^3 \text{m}$ ):

$$I = \frac{e^3}{12 \cdot (1 - \theta_t^2)}$$

y en donde:  $e$  = Espesor de cálculo (mm)

$\theta_t$  = Coeficiente de Poisson del tubo

#### 2.3.2.2. CRITERIO DE RIGIDEZ (R)

El criterio de rigidez (R), permite conocer el tipo de comportamiento de la conducción con respecto al terreno. Este comportamiento puede ser rígido o flexible, en función de que la rigidez sea mayor o menor que cero, es decir:

- Si  $R > 0$  Conducción rígida
- Si  $R < 0$  Conducción flexible

La expresión que determina la rigidez es la siguiente:

$$R = 8 \cdot (1 - \theta_s^2) \frac{R_A}{E_s} - 0,1$$

En donde:  $R$  = Rigidez

$\theta_s$  = Coeficiente de Poisson del terreno (= 0,3)

$R_A$  = Rigidez anular ( $\text{kN/m}^2$ )

$E_s$  = Modulo de elasticidad del terreno ( $\text{kN/m}^2$ )



Este criterio se obtiene mediante la comparación, para la misma presión vertical, del desplazamiento vertical del tubo debido a la ovalización y al asentamiento del relleno. Pudiendo expresarse también como:

$$R = \frac{1}{S} - 0,1$$

Siendo, S, el índice de rigidez, cuya expresión es la siguiente:

$$S = \frac{1}{1 - \nu_s^2} \cdot \frac{E_s}{8 \cdot R_A}$$

Donde el significado de las distintas variables ya ha sido señalado anteriormente.

### 2.3.3. CARGAS VERTICALES DEL RELLENO (Q<sub>R</sub>)

La presión vertical del relleno (q<sub>r</sub>) está repartida uniformemente sobre el diámetro exterior de la conducción.

La presión vertical del relleno, es la presión debida al prisma de tierras situado por encima de la generatriz superior del tubo hasta el terreno natural corregida con un coeficiente de concentración C.

$$q_r = C \cdot \gamma_t \cdot h_r$$

En donde: C = Coeficiente de concentración  
 γ<sub>t</sub> = Peso específico del terreno (kN/m<sup>3</sup>)  
 h<sub>r</sub> = Altura de cobertura (m)

Para el caso de conducciones flexibles, el valor del coeficiente de concentración es igual a uno (C=1), y para el caso de conducciones rígidas, el coeficiente se calculará con ayuda del modelo de Marston, con las consideraciones de la instalación en zanja o en terraplén según el caso:

- En condiciones de zanja, si la conducción tiene un comportamiento rígido, el coeficiente de concentración está en función del ancho de zanja a nivel de la generatriz superior del tubo, del diámetro exterior del tubo y del coeficiente de cizalladura k<sub>1</sub>.

$$C_z = \frac{1 - e^{-2k\mu' \cdot \frac{h_r}{b}}}{2k\mu' \cdot \frac{h_r}{b}}$$

Siendo: k = Coeficiente de Rankine (la relación entre el empuje lateral y vertical).  
 μ' = tg Φ' = Coeficiente de rozamiento entre el material del relleno y las paredes laterales de la zanja, cuyo valor es función del grupo de suelo de acuerdo con la siguiente tabla.

Tipo	κμ'
SC1	0,165
SC2	0,145
SC3	0,130
SC4	0,120

- En condiciones de instalación en terraplén y teniendo en cuenta el comportamiento rígido de la tubería, el coeficiente de concentración estará en función del módulo de reacción del relleno, ángulo de apoyo y de la rigidez anular específica del tubo.

$$\text{Si } h_r \leq h_0 \quad C_t = \frac{e^{2k\mu \cdot \frac{h_r}{D_e}} - 1}{2k\mu \cdot \frac{h_r}{D_e}} \quad \text{y Si } h_r > h_0 \quad C_t = \frac{e^{2k\mu \cdot \frac{h_r}{D_e}} - 1}{2k\mu \cdot \frac{h_r}{D_e}} + \left(1 - \frac{h_0}{h_r}\right) \cdot e^{2k\mu \cdot \frac{h_0}{D_e}}$$

El valor de h<sub>0</sub> se deduce de la fórmula:

$$e^{2k\mu \cdot \frac{h_0}{D_e}} = 2k\mu \cdot \frac{h_0}{D_e} + \delta\eta \cdot 2k\mu + 1 \quad \text{con } \eta = \frac{h_r'}{D_e}$$

En donde, η = razón de proyección  
 δ = Razón de asentamiento, cuyos valores recomendados por la ASCE, en función del tipo de suelo son:

Tipo	$\delta$
Roca o suelo no asentable	1,0
Suelo ordinario	0,5
Suelo asentable	0,3

**2.3.4. SOBRECARGAS**

**A) Cargas concentradas ( $q_p$ )**

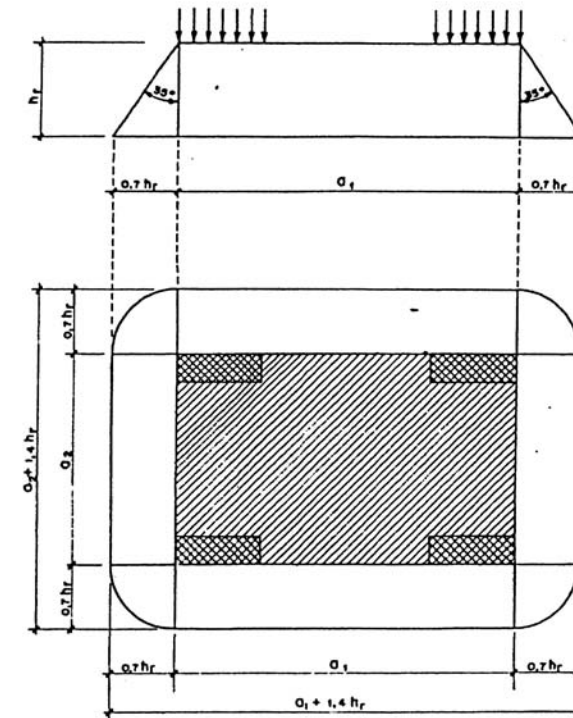
De acuerdo con la hipótesis asumida por el Instituto “Eduardo Torroja”, se considera que las cargas concentradas se transmiten uniformemente en profundidad, en el interior de un tronco de pirámide, de igual pendiente, de aristas redondeadas y cuyas caras laterales forman un ángulo de 35° con la vertical.

El valor de la carga ( $\text{kN/m}^2$ ) que actúa sobre el plano tangente a la generatriz superior de la tubería (que depende del tipo de instalación: zanja, terraplén), si bien, en la práctica se considera admisible utilizar las expresiones correspondientes al caso de terraplén.

$$q_p = \frac{Q}{A_r}$$

En donde:  $q_p$  = Carga estática ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $Q$  = Carga concentrada (kN)  
 $A_r$  = Area de reparto ( $\text{m}^2$ ), a una profundidad  $h_r$  de la carga  $Q$  aplicada en superficie en un rectángulo  $a_1.a_2$

$$A_r = 1,54h_r^2 + 1,40h_r(a_1 + a_2) + a_1.a_2$$



Cuando actúan varias cargas concentradas, próximas entre sí, cuyas superficies de reparto a la profundidad  $h_r$  se interfieren, se pueden considerar como una carga única cuya superficie de aplicación es la envolvente de las superficies de reparto de las distintas cargas.

Cuando la carga este sometida a efectos dinámicos, los valores obtenidos para  $q_s$ , han de mayorarse por un coeficiente de impacto igual a:

$$C_i = 1 + \frac{0,30}{h_r} \text{ para tráfico carretero.}$$

En donde:  $h_r$  = Altura del relleno de las tierras (m)  
 $v$  = Velocidad de circulación (km/h)

**A1) Cargas producidas por el tráfico carretero ( $q_{tc}$ )**

A continuación se presentan los valores de la presión vertical a la profundidad  $h_r$ , obtenidos considerando el caso de terraplén y sin tener en cuenta el coeficiente de impacto para las cargas de 70 kN, 130 kN y 600 kN.

**Eje de 70 kN**

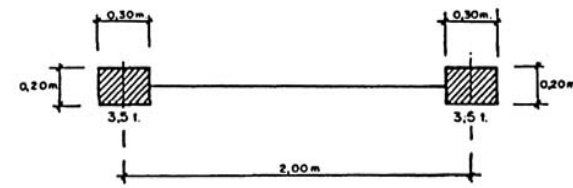


Figura 3. Esquema del tren de cargas de 70 kN

Para  $h_r \leq 1,21$  m 
$$q_{tc} = \frac{35}{1,54h_r^2 + 0,70h_r + 0,06} \text{ kN/m}^2$$

Para  $h_r > 1,21$  m 
$$q_{tc} = \frac{70}{1,54h_r^2 + 3,50h_r + 0,46} \text{ kN/m}^2$$

**Eje de 130 kN**

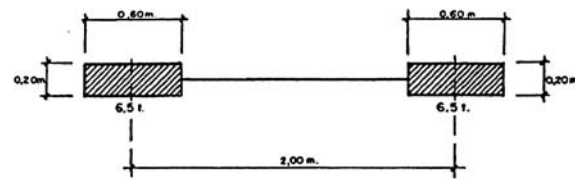


Figura 4. Esquema del tren de cargas de 130 kN

Para  $h_r \leq 1,00$  m 
$$q_{tc} = \frac{65}{1,54h_r^2 + 1,12h_r + 0,12} \text{ kN/m}^2$$

Para  $h_r > 1,00$  m 
$$q_{tc} = \frac{130}{1,54h_r^2 + 3,92h_r + 0,52} \text{ kN/m}^2$$

**Eje de 600 kN**

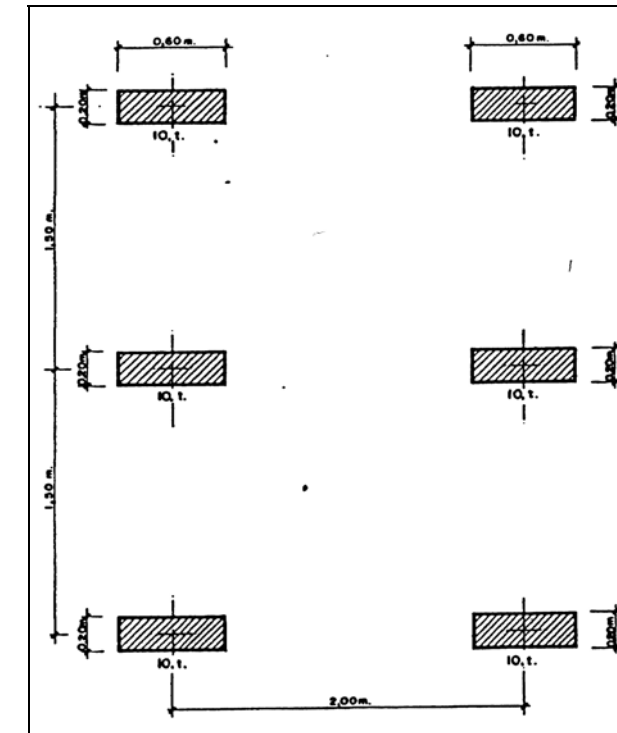


Figura 5. Esquema del tren de cargas de 600 kN

Para  $h_r \leq 0,93$  m 
$$q_{tc} = \frac{100}{1,54h_r^2 + 1,12h_r + 0,12} \text{ kN/m}^2$$

Para  $0,93 < h_r \leq 1,00$  m 
$$q_{tc} = \frac{300}{1,54h_r^2 + 5,32h_r + 1,92} \text{ kN/m}^2$$

Para  $h_r > 1,00$  m 
$$q_{tc} = \frac{600}{1,54h_r^2 + 8,12h_r + 8,32} \text{ kN/m}^2$$

**2.3.5. PRESIONES**

**Presión vertical**

La presión vertical total ( $q_v$ ) será:

$$q_v = q_r + q_s$$

En donde la presión vertical de las sobrecargas ( $q_s$ ) será el valor correspondiente a:

$$q_s = q_p + q_{tc} \quad \text{ó} \quad q_s = q_p + q_{tf}$$

### Presión horizontal

Será la ejercida por el relleno y las cargas de explotación (puntuales, rodantes y eventuales) y evaluada a nivel del eje del tubo al aplicar un coeficiente de presión horizontal  $k_2$  que depende de la categoría del relleno y de las condiciones de colocación (compactado).

$$q_h = k_2 \cdot q_v$$

Donde el significado de las distintas variables ya ha sido señalado anteriormente.

### Presión hidrostática exterior

La presión hidrostática exterior ( $q_a$ ) es la debida a la presencia de la capa freática. Se admite que la influencia de la capa freática es despreciable en una primera aproximación respecto a los coeficientes de cizalladura y de presión horizontal.

En caso de que la conducción esté instalada bajo nivel freático, ésta estará sometida a una presión hidrostática exterior que se considerará como uniforme e igual a la ejercida a nivel del eje de la conducción, cuyo valor será:

$$q_a = \gamma_a \cdot h_a$$

En donde:  $h_a$  = Altura de la capa freática por encima de la generatriz del tubo (m).

$\gamma_a$  = Peso específico del terreno sumergido (10 kN/m<sup>3</sup>).

### Presión exterior total

Según el efecto de las acciones combinadas, la conducción se encuentra sometida a una presión exterior total ( $q_e$ ), que está relacionado con las anteriores variables, mediante la siguiente expresión:

$$q_e = q_a + f \cdot q_r + q_s \text{ y donde } f = 1 - 0,33 \cdot \frac{h_a}{h} \text{ (Factor de flotación)}$$

Esta presión exterior total ( $q_e$ ) tiene por efecto el de ampliar las solicitaciones (deformación y alargamiento). Este fenómeno es más pronunciado cuando la conducción

esté cercana a las condiciones críticas de inestabilidad por colapso, caracterizada por la presión crítica de colapso ( $P_{cr}$ ).

## 3. CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PRFV

En el presente epígrafe se realizan los cálculos mecánicos de los tubos de PRFV, realizándose las siguientes comprobaciones:

### Tubos enterrados

- Presión interna
- Cargas externas
- Comprobación conjunta a presión interna y cargas externas
- Pandeo transversal (colapso o abolladura)
- Flexión longitudinal

En los siguientes apartados se describen, los criterios básicos empleados, la metodología adoptada, los cálculos mecánicos realizados y los resultados obtenidos.

### 3.1. CRITERIOS BÁSICOS

Para los cálculos mecánicos de la tubería se han considerado los siguientes criterios básicos:

- Se ha seleccionado la tubería, el PRFV para los diámetros desde 1000 mm hasta 500 mm, para presiones máxima de trabajo de 1 bar realizando el cálculo mecánico para dichos diámetros, para diferentes dos casos de colocación. Los tubos de PRFV presentan las siguientes características:

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| • Material                    | PRFV                          |
| • Diámetro nominal            | DN = Variable de 500 a 900 mm |
| • Espesor de cálculo          | e = Variable                  |
| • Resistencia a tracción cir. | $\sigma_{r,50}$ = Variable    |

- Resistencia a flexión cir.  $\sigma_{c,50}$  = Variable
- Modulo de elasticidad  $E_t$  = Variable
- Coeficiente de Poisson  $\theta_r = 0,39$

- Para comprobar la validez de las tuberías de PRFV se han seguido las recomendaciones de la norma AWWA M45. Para ello, se adjuntan unas hojas de salida en el apéndice nº 1 con los resultados obtenidos para las diferentes hipótesis de cálculo que a continuación se exponen.

### 3.2. METODOLOGÍA

La metodología seguida para la realización de los cálculos mecánicos de los tubos de PRFV, se adapta a la siguiente secuencia:

#### Tubos enterrados

Primero se realiza la comprobación de la presión interior y una vez definido el espesor del tubo, se comprueba las tensiones y deformaciones producidas por las cargas externas, la comprobación conjunta a presión interna y cargas externas y a pandeo transversal, mediante la formulación presentada en el punto de cálculo mecánico de tubos enterrados.

Si alguna de estas comprobaciones resultara fallida, deberá dimensionarse nuevamente el espesor del tubo, empleando como condición de diseño la comprobación que resultó fallida.

### 3.3. CÁLCULO DE LOS TUBOS ENTERRADOS

El cálculo de los tubos enterrados, se realiza para dimensionar los espesores de los tubos de PRFV enterrados que se van a emplear en el proyecto.

#### 3.3.1. HIPÓTESIS I: PRESIÓN INTERIOR

En la hipótesis de actuación única de la presión interna del agua, se comprobará que la presión máxima de trabajo ( $P_t$ ) no exceda el valor calculado mediante la siguiente expresión:

$$P_t \leq P_r = \frac{\sigma_{r,50}}{C} \cdot \frac{2 \cdot e_s}{D_m}$$

En donde:  $\sigma_{r,50}$  = Resistencia a tracción circunferencial (MPa)  
 $C$  = Coeficiente de seguridad (= 2)  
 $e_s$  = Espesor de la parte estructural del tubo (mm)  
 $D_m$  = Diámetro medio del tubo (mm)

Ante la acción única de la presión interna positiva, debe también comprobarse que el alargamiento unitario producido ( $\varepsilon_{pr}$ ) sea inferior al 0,65%, minorado por el coeficiente de seguridad  $C$  de 1,8. Esta verificación puede hacerse mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_{pr} = 100 \cdot \frac{PN(De - e)}{2Ee_r} < \frac{0,65}{1,80}$$

En donde:  $\varepsilon_{pr}$  = Alargamiento unitario debido a la presión interior positiva  
 $De$  = Diámetro exterior del tubo, en mm  
 $e$  = espesor de la pared del tubo, en mm  
 $e_r$  = espesor de la parte estructural de la pared del tubo, en mm  
 $E$  = Módulo de elasticidad, en N/mm<sup>2</sup>  
 $PN$  = Presión Nominal de diseño, en N/mm<sup>2</sup>

#### 3.3.2. HIPÓTESIS II: CARGAS EXTERNAS

En la hipótesis de actuación única de las cargas externas al tubo (terreno, sobrecargas móviles o fijas y otras si existen), supuesto este vacío, se comprobará que las tensiones y las deformaciones en el tubo no superan los valores admisibles.

### Tensiones

El cálculo de las tensiones producidas por las cargas externas al tubo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\sigma_f = D_f \cdot E_c \cdot \left( \frac{\Delta D_m}{D_m} \right) \cdot \left( \frac{e}{D_m} \right) \leq \frac{\sigma_{c,50}}{C}$$

En donde:  $\sigma_f$  = Tensión máxima debida a la flexión transversal (MPa)

$D_f$  = Coeficiente de origen empírico (=6)

$E_c$  = Modulo de elasticidad a flexión circunferencial (MPa)

$e$  = Espesor del tubo (mm)

$D_m$  = Diámetro medio (mm)

$\sigma_{c,50}$  = Tensión de rotura o punto de fluencia (MPa)

$C$  = Coeficiente de seguridad (= 1,5)

$\frac{\Delta D_m}{D_m}$  = Deformación vertical producida por las cargas externas

### Deformaciones

El cálculo de la deformación vertical se realizará mediante la fórmula de Spangler.

$$\frac{\Delta D_m}{D_m} = q_v \cdot d_1 \cdot \frac{k'_\alpha}{8 \cdot R_A + (0,061 \cdot E_s)} \leq 5\%$$

En donde las distintas variables ya han sido definidas anteriormente.

En esta misma hipótesis debe comprobarse que, supuesta la deformación máxima admisible (5%), el alargamiento unitario ( $\varepsilon_b$ ) sea inferior al 1,30%, minorado por un coeficiente de seguridad  $C$  de 1,5. Esta verificación puede hacerse mediante la siguiente expresión:

$$\varepsilon_b = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{PN}{3} \right] \cdot \left[ \frac{5e\delta_{max}}{De - e} \right] < \frac{1,3}{1,5}$$

En donde:  $\varepsilon_b$  = alargamiento unitario debido a la acción de cargas externas, en %

$\delta_{max}$  = deformación vertical debida a las cargas externas máxima (= 0,05)

$De$  = Diámetro exterior del tubo, en mm

$e$  = espesor nominal del tubo, en mm

$PN$  = Presión nominal de diseño, en N/mm<sup>2</sup>

### 3.3.3. HIPÓTESIS III: COMPROBACIÓN CONJUNTA A PRESIÓN INTERNA Y CARGAS EXTERNAS

Esta comprobación se realizará mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\varepsilon_{pr}}{0,65} \leq \frac{1 - \frac{\varepsilon_b}{1,3}}{1,8}$$

Siendo:  $\varepsilon_{pr}$  = Alargamiento unitario debido a la presión interior positiva, en%

$\varepsilon_b$  = alargamiento unitario debido a la acción de cargas externas, en %

### 3.3.4. HIPÓTESIS IV: PANDEO TRANSVERSAL (COLAPSO O ABOLLADURA)

Se comprueba, que actuando únicamente las cargas exteriores al tubo, el coeficiente de seguridad frente a la carga crítica de pandeo es de, al menos, 2,5 ó 3,0. Dicho coeficiente de seguridad se calcula de la siguiente forma:

Si  $H/DN > 2$ : Coeficiente = 2,5

Si  $H/DN \leq 2$ : Coeficiente = 3,0

Siendo  $H$  = Profundidad desde terreno a clave del tubo, en mm

$DN$  = Diámetro nominal del tubo, en mm

Para comprobar que se cumple dicho coeficiente de seguridad, se utiliza la siguiente fórmula:

$$C = \frac{P_{crit}}{q_e} \geq 2,5 - 3,0$$

Para calcular la carga crítica de pandeo ( $P_{crit}$ ), se recomienda calcularla mediante la expresión de Luscher, que corresponde a la siguiente expresión:

$$P_{crit} = \sqrt{32 \cdot f_f \cdot B' \cdot E' \cdot SN}$$

Siendo:  $P_{crit}$  = Carga crítica de pandeo, en N/mm<sup>2</sup>  
 $SN$  = Rigidez de la tubería, en N/mm<sup>2</sup>  
 $E'$  = Módulo de reacción del suelo, en N/mm<sup>2</sup>  
 $B'$  = Coeficiente de origen empírico, de valor:

$$B' = 0,015 + 0,041(H/D_m) \quad \text{si } H/D_n < 5$$

$$B' = 0,150 + 0,014(H/D_m) \quad \text{si } H/D_n > 5$$

$f_f$  = factor de flotación, calculado mediante la siguiente fórmula:

$$1 - 0,33 \cdot \frac{H_w}{H}$$

$H_w$  = Altura del nivel freático sobre el tubo

### 3.4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos para los cálculos mecánicos de las tuberías de PRFV se encuentran en el apéndice 1.

Las conclusiones a los mismos en el caso de que existan zonas con niveles freáticos, sería imprescindible sustituir el relleno primario tipo SC3 por material SC1 (6/12 o similar) y de esta manera que el nivel freático no afectara a las condiciones de soporte que recibe el tubo porque migraría. En casos especiales se recomienda añadir geotestiles.

## 4. CÁLCULO DE TUBERÍAS DE P.V.C.

En el presente epígrafe se realizan los cálculos mecánicos de los tubos de PVC, realizándose las siguientes comprobaciones:

Tubos enterrados

- Presión interna
- Cargas externas
- Comprobación conjunta a presión interna y cargas externas
- Pandeo transversal (colapso o abolladura)
- Flexión longitudinal

En los siguientes apartados se describen, los criterios básicos empleados, la metodología adoptada, los cálculos mecánicos realizados y los resultados obtenidos.

### 4.1. CRITERIOS BÁSICOS

Para los cálculos mecánicos de la tubería se han considerado los siguientes criterios básicos:

- Se ha seleccionado la tubería, el PVC para los diámetros desde 500 mm hasta 160 mm, ambos inclusive, con presión nominal de PN-6, realizando el cálculo mecánico para dichos diámetros y presión, para diferentes alturas de tierras (1 m y 2,5 m). Los tubos de PVC presentan las siguientes características:

• Material	PVC
• Diámetro nominal	DN = Variable de 500 a 160 mm
• Espesor de cálculo	e = Variable
• Resistencia a tracción cir.	$\sigma_{r,50}$ = Variable
• Resistencia a flexión cir.	$\sigma_{c,50}$ = Variable
• Modulo de elasticidad	$E_t$ = Variable
• Coeficiente de Poisson	$\theta_\tau = 0,39$

- Las presiones máximas de trabajo, el tipo de suelo, las acciones a considerar para el cálculo de los tubos enterrados se obtienen de acuerdo con el punto 2 del presente anejo.
- Para comprobar la validez de las tuberías de PVC se han seguido las recomendaciones de la norma UNE 53 331 IN. Para ello, se ha utilizado el programa de Cálculo Mecánico de Tuberías de AseTUB, cuyas salidas se adjuntan en el apéndice nº 2 con los resultados obtenidos para las diferentes hipótesis de cálculo que a continuación se exponen.

#### 4.2. CÁLCULO DE LA DEFORMACIÓN

La variación del diámetro vertical:

$$\Delta D_v = |C_v| \frac{q_{vt} - q_h}{S_t} 2r_m$$

St ha de venir expresada en kN/m<sup>2</sup>

La deformación relativa:

$$\delta_v = \Delta D_v \frac{100}{2r_m}$$

este valor debe ser menor o igual al 5% a largo plazo

#### 4.3. DETERMINACIÓN DE LAS SOLICITACIONES

##### 4.3.1. DETERMINACIÓN DE LOS MOMENTOS FLECTORES CIRCUNFERENCIALES.

- a) Por carga vertical, qvt

$$M_{qvt} = m_{qvt} q_v t r_m^2$$

Donde:

- $m_{qvt}$  es el coeficiente de momento

- b) Por carga horizontal, qh

$$M_{qh} = m_{qh} q_h r_m^2$$

Donde:

- $m_{qh}$  es el coeficiente de momento

- c) Por reacción horizontal, qht

$$M_{qht} = m_{qht} q_h t r_m^2$$

Donde:

- $m_{qht}$  es el coeficiente de momento

- d) Por peso propio del tubo, t

$$M_t = m_t \gamma_1 e r_m^2$$

Donde:

- $m_t$  es el coeficiente de momento
- $\gamma_1$  es el peso específico del material del tubo (KN/m<sup>3</sup>). Para el PVC es 14.6
- $e$  es el espesor del tubo (m)

- e) Por el peso del agua, considerando el tubo lleno

$$M_a = m_a \gamma_a r_m^2$$

Donde:

- $m_a$  es el coeficiente de momento

- f) Por la presión del agua, Pa

$$M_{pa} = (P_i - P_e) r_i r_e \left( \frac{1}{2} - \frac{r_i r_e}{r_e^2 - r_i^2} \ln \frac{r_e}{r_i} \right)$$



donde:

- $P_i$  es la presión interior del agua (KN/m<sup>2</sup>)
- $P_e$  es la presión exterior del agua, referida al eje del tubo (KN/m<sup>2</sup>)
- $r_i$  es el radio interior del tubo(m)
- $r_e$  es el radio exterior del tubo (m)

El momento flector total será igual a:

$$M = M_{qvt} + M_{qh} + M_{qht} + M_t + M_a + M_{pa}$$

Para cada caso debe calcularse el momento flector en clave, riñones y base.

#### 4.3.2. DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS AXILES

a) Por carga vertical,  $qvt$

$$N_{vt} = n_{vt} q_{vt} r_m^2$$

Donde:

- $n_{vt}$  es el coeficiente de momento

b) Por carga horizontal,  $qh$

$$N_{qh} = n_{qh} q_h r_m^2$$

Donde:

- $n_{qh}$  es el coeficiente de momento

c) reacción horizontal,  $qht$

$$N_{qht} = n_{qht} q_{ht} r_m^2$$

Donde:

- $n_{qht}$  es el coeficiente de momento

d) peso propio del tubo,  $t$

$$N_t = n_t \gamma_1 e r_m^2$$

Donde:

- $n_t$  es el coeficiente de momento
- $\gamma_1$  es el peso específico del material del tubo (KN/m<sup>3</sup>). Para el PVC es 14.6.
- $e$  es el espesor del tubo (m)

e) Por el peso del agua, considerando el tubo lleno

$$N_a = n_a \gamma_a r_m^2$$

Donde:

- $n_a$  es el coeficiente de momento

f) Por la presión del agua,  $P_a$

$$N_{pa} = (P_i - P_e) r_i r_e \left( \frac{1}{2} - \frac{r_i r_e}{r_e^2 - r_i^2} \ln \frac{r_e}{r_i} \right)$$

donde:

- $P_i$  es la presión interior del agua (KN/m<sup>2</sup>)
- $P_e$  es la presión exterior del agua, referida al eje del tubo (KN/m<sup>2</sup>)
- $r_i$  es el radio interior del tubo(m)
- $r_e$  es el radio exterior del tubo (m)

El momento flector total será igual a :

$$N = N_{qvt} + N_{qh} + N_{qht} + N_t + N_a + N_{pa}$$

Para cada caso debe calcularse el momento flector en clave, riñones y base.

### 4.3.3. CÁLCULO DE LOS ESFUERZOS TANGENCIALES MÁXIMOS

$$\sigma = \frac{N}{S} \pm \frac{M100}{W} \alpha_k 10$$

donde:

- M es la suma de momentos por unidad de longitud
- N es la suma de fuerzas axiales por unidad de longitud
- S es el área de la sección longitudinal de la pared del tubo por unidad de longitud (cm<sup>2</sup>/cm)
- S = 100e
- W es el momento resistente de la sección (cm<sup>3</sup>/cm)
- W = 100e<sup>2</sup>/6
- $\alpha_k$  es un factor de corrección por curvatura, que tiene en cuenta las fibras periféricas interiores,  $\alpha_{ki}$ , y las exteriores,  $\alpha_{ke}$

$$\alpha_{ki} = 1 + \frac{1}{3} \frac{e}{r_m} \quad \alpha_{ke} = 1 - \frac{1}{3} \frac{e}{r_m}$$

## 4.4. DIMENSIONADO

### 4.4.1. VERIFICACIÓN DEL ESFUERZO TANGENCIAL

$$v = \frac{\sigma_t}{\sigma}$$

donde:

- $\sigma_t$  es el valor del esfuerzo tangencial de diseño a flexión - tracción

PVC(corto plazo) = 90N/mm<sup>2</sup>

PVC(largo plazo) = 50N/mm<sup>2</sup>

### 4.4.2. COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD DIMENSIONAL. CÁLCULO DE LA PRESIÓN CRÍTICA DE COLAPSADO

#### 4.4.2.1. CÁLCULO DE LA PRESIÓN DEL TERRENO

El coeficiente de seguridad al aplastamiento es:

$$critqvt = 2\sqrt{S_t S_{sh}}$$

#### 4.4.2.2. CÁLCULO DE LA PRESIÓN EXTERIOR DEL AGUA

$$critpe = \alpha d St$$

donde:

- $\alpha d$  es el coeficiente de penetración

El coeficiente de seguridad al aplastamiento resulta:

$$\eta_i = \frac{critq_{vt}}{q_{vt}}$$

Donde:

- $P_e$  es la presión exterior del agua, o presión hidrostática, referida al eje del tubo (N/mm<sup>2</sup>), que se calcula :

$$P_e = \gamma_a \left( H_a + \frac{D_n}{2} \right) 10^3$$

donde:

$\gamma_a$  es el peso específico del agua (10 KN/m<sup>3</sup>)

$H_a$  es la altura del nivel freático sobre la clave del tubo (m)

$D_n$  es el diámetro nominal del tubo (m)

**4.4.2.3. ACCIÓN SIMULTÁNEA DE LA PRESIÓN DEL SUELO Y DEL AGUA EXTERNA**

$$\eta_3 = \frac{1}{\frac{q_{vt}}{critq_{vt}} + \frac{P_e}{critP_e}}$$

**4.5. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos para los cálculos mecánicos de las tuberías de PVC se encuentran en el apéndice 2.

**5. CÁLCULO DE TUBERÍAS DE PE**

El cálculo de las tuberías de polietileno de alta densidad (P.E.A.D.) instaladas en zanja se realiza según lo indicado en la norma UNE 53331 IN.

El cálculo de los tubos de polietileno instalados en zanja además de soportar la presión interior se dimensionan para.

- a) Un valor máximo de ovalización.
- b) Un valor máximo de esfuerzo tangencial.
- c) Una presión crítica de pandeo o colapso.

**5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS**

**Tubería de polietileno de alta densidad instalada en zanja**

- 1) El polietileno elegido es de alta densidad del tipo PE-100/PN6, según el Comité Europeo de Normalización (C.E.N.).
- 2) Los diámetros nominales a instalar son:

- DN 200 mm; e= 7,7 mm y Dinterior=199,8 mm
- DN 250 mm; e= 9,6 mm y Dinterior=249,9 mm
- DN 315 mm; e=12,1 mm y Dinterior=314,9 mm
- DN 400 mm; e=15,3 mm y Dinterior=399,9 mm

**5.2. TUBOS DE POLIETILENO INSTALADOS EN ZANJA**

Los criterios para la comprobación de los tubos de polietileno a utilizar en conducciones con y sin presión sometidos a cargas externas están recogidos en el informe UNE 53331 IN.

Para la comprobación de la máxima ovalización se siguen los siguientes pasos:

Con la distribución de cargas en la periferia del tubo:

- q<sub>vt</sub>= Cargas verticales totales (terreno, tráfico....)
- q<sub>h</sub>= Cargas horizontales

Se calcula la variación del diámetro vertical ΔD<sub>v</sub>

La ecuación que proporciona la deformación es:

$$\Delta D_v = C_v \cdot \frac{q_{vt} - q_h}{S_t} \cdot 2 \cdot r_m$$

Donde:

C<sub>v</sub>= Factor de deformación vertical, función del ángulo de apoyo de la tubería.

St= Rigidez circunferencial del tubo  $\frac{E}{12} \cdot \left(\frac{e}{r_m}\right)^3$

r<sub>m</sub>=Radio medio

De esta expresión se deduce la deformación relativa, ovalización, a corto y largo plazo, en %.

$$\delta_v = \frac{\Delta D_v}{2 \cdot r_m} \cdot 100$$

El valor admisible a largo plazo,  $\delta_v$ , debe ser inferior o igual al 5%.

Cuanto mayor sea la rigidez circunferencial de la tubería y mayor el módulo de elasticidad del suelo, menor será la ovalización y, por tanto, el riesgo de fallo.

Por tanto, el cálculo de resistencia a la ovalización se realiza teniendo en cuenta únicamente las cargas de tierra y resto de cargas externas no hidrostáticas.

*Verificación del máximo esfuerzo tangencial:*

Los esfuerzos tangenciales en clave, riñones y base calculados han de compararse con el valor del esfuerzo tangencial de diseño a flexión-tracción.

$$\sigma = \frac{N}{S} \pm \frac{M \cdot 100}{\omega} \cdot \alpha_k \cdot 10$$

Donde:

N= Fuerzas axiales por unidad de longitud.

S= Sección longitudinal de la pared del tubo por unidad de longitud.

M=Momentos por unidad de longitud.

$\omega$ =Momento resistente de la sección;  $\omega = \frac{100 \cdot e^2}{6}$

$\alpha_r$ =Factor de corrección por curvatura, que tiene en cuenta las fibras periféricas interiores y exteriores.

$$a_{ki} = 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{e}{r_m}$$

$$a_{ke} = 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{e}{r_m}$$

El esfuerzo tangencial obtenido se compara con el valor de diseño a corto y largo plazo:

- Corto plazo  $\sigma_t=21$  N/mm<sup>2</sup>
- Largo plazo  $\sigma_t=14$  N/mm<sup>2</sup>

La relación entre esfuerzos debe ser superior a un coeficiente de seguridad de 2,00 y en cosos normales mayor de 2,50.

*Comprobación de la presión crítica de colapso.*

Cuando los tubos están sometidos a la carga crítica se produce un aplastamiento de su generatriz superior.

La comprobación de la estabilidad dimensional sirve para determinar el margen de seguridad entre la carga crítica y la carga realmente existente.

Se realiza teniendo en cuenta las influencias de la presión del terreno, presión exterior del agua y acción simultánea de ambos.

La presión de aplastamiento crítico del terreno se calcula según la ecuación:

$$crit q_v = 2 \cdot \sqrt{S_t \cdot S_{sh}}$$

Donde:

$S_t$ = Rigidez del tubo

$S_{sh}$ = Rigidez horizontal del relleno hasta la clave del tubo.

El coeficiente de seguridad al aplastamiento es:

$$\eta_1 = \frac{crit\ q_{vt}}{q_{vt}}$$

Este debe ser mayor a 2,5 a corto y largo plazo.

La presión de aplastamiento crítico del agua exterior se calcula aplicando:

$$crit\ P_e = \alpha_{\Delta} \cdot S_t$$

Donde  $\alpha_{\Delta}$  es el coeficiente de penetración función de  $r_m/e$  y la relación entre la rigidez horizontal del relleno  $S_t/S_{sh}$ .

El coeficiente de seguridad al aplastamiento por presión hidrostática exterior es:

$$\eta_2 = \frac{crit\ P_e}{P_e}$$

Donde  $P_e$  es la presión exterior del agua, o presión hidrostática, que se calcula con la ecuación.

$$P_e = \gamma_a \cdot \left( H_a + \frac{Dn}{2} \right) \cdot 10^{-3}$$

$\gamma_a$ =Peso específico del agua.

$H_a$ =Altura del nivel freático sobre la clave del tubo

$Dn$ =Diámetro nominal del tubo.

La acción simultánea de presión del suelo y del agua externa debe tener un coeficiente de seguridad  $\eta_3$  mayor que 2,5 a corto y largo plazo.

$$\eta_3 = \frac{1}{\frac{q_{vt}}{crit\ q_{vt}} + \frac{P_e}{crit\ P_e}}$$

En el apéndice 3 se incluye el cálculo de las tuberías de polietileno, según la UNE 53331 IN, consiguiéndose los siguientes resultados:

Escenario	Cargas	Deformación vertical (%)	Coficiente de seguridad por inestabilidad
DN 200 y Hmin tierras=1,00 m	1) N.F. 1 m de agua sobre clave. 2) CARRETERA HGTV12	0,60	10,08
DN 250 y Hmáx tierras=1,00 m	1) N.F. 1 m de agua sobre clave. 2) CARRETERA HGTV12	0,32	2,26
DN 250 y Hmin tierras=1,00 m	1) N.F. 1 m de agua sobre clave. 2) Eje de 13 T	0,26	2,25
DN 315 y Hmáx tierras=2,00 m	1) N.F. 1 m de agua sobre clave. 2) Eje de 13 T	0,30	2,27

### 5.3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos para los cálculos mecánicos de las tuberías de PE se encuentran en el apéndice 3.

## 6. CÁLCULO DE ANCLAJES

La circulación del agua por la tubería, en los cambios de alineación, genera unos empujes hidráulicos que deben ser absorbidos por el terreno para asegurar la estabilidad de la misma y evitar pérdidas de agua por desplazamientos de las juntas. Los elementos intermedios entre tuberías y terreno son los anclajes, encargados de transmitir al terreno los empujes producidos por la tubería.

### 6.1. CRITERIOS BÁSICOS

En la red que nos ocupa, en la que se han dispuesto dos tipos de materiales en la tuberías, PE y PRFV, sólo es necesario colocar este tipo de elementos en la tubería de PRFV, ya que por las propiedades sobre todo por el tipo de junta, junta soldada, del primer material no es necesario la colocación de anclajes en este tipo de tuberías.

Para el cálculo de los anclajes de la tubería de PRFV se han considerado los siguientes criterios básicos:

- Se deberán colocar macizos de anclajes en los codos, cambios de dirección, reducciones, piezas de derivación, válvulas, desagües y en general todos aquellos elementos sometidos a esfuerzos que no deban soportar la propia tubería.
- Los macizos de anclaje deben disponerse de tal forma que las uniones queden al descubierto, debiendo haber obtenido la resistencia de proyecto antes de realizar las pruebas de la tubería instalada.
- Se considera un bloque de anclaje con forma cúbica y dimensiones B x H x L
- Se ha considerado que la distancia de la junta al eje del codo es de dos metros por lo que la dimensión del anclaje en la magnitud L deberá ser menor de dos metros para que la junta no quede tapada.

### 6.2. METODOLOGÍA

La metodología seguida para la realización de los cálculos de anclajes se adapta a la guía técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión (CEDEX).

El empuje debido a la presión hidráulica interior producido por los cambios de dirección en la tubería viene dado por la expresión:

$$E_b = 2 * P * A * \text{sen}(\beta/2) * 10^3$$

En donde:

- $E_b$  empuje en la tubería en kN
- $P$  presión interior de la tubería, en N/mm<sup>2</sup>
- $A$  área interior de la tubería en m<sup>2</sup>
- $\beta$  ángulo interior entre las alineaciones de la tubería.

Además del anterior se produce otro empuje debido al agua en movimiento, si bien no se considera en el cálculo ya que es mucho menor.

El volumen de hormigón del macizo de anclaje se ha calculado de tal manera que su peso iguale al empuje máximo a resistir. Con este criterio los macizos de anclaje deberán tener un volumen  $V$ (m<sup>3</sup>), supuesta una densidad de hormigón  $\gamma$  (t/m<sup>3</sup>), de al menos:

$$V = 0,1 * E_b / \gamma$$

Por lo que se calcula el volumen de hormigón del macizo con la geometría descrita y cumpliendo la expresión anterior, y se comprueba que no es necesario poner más peso siempre que:

$$E_b \leq \text{Erozamiento}$$

$$\text{Erozamiento} = \mu L (W_p + W_w + 2W_e + W_c)$$

Según el manual de la AWWA M45 para Fiberglass Pipe design.

Siendo,

- $\mu$  Coeficiente de rozamiento entre la tubería y el terreno
- $L$  longitud del macizo de anclaje a cada lado del codo

Wp peso de la tubería  
 Ww peso del agua  
 We peso del terreno situado sobre el tubo  
 Wc peso del macizo de hormigón

Una vez definidos estos parámetros, se calcula la longitud del anclaje necesario para cada una de las condiciones, seleccionando la mayor de ellas, supuesto conocido la anchura (B) y la altura (H) del mismo, de acuerdo con las formulas presentadas en el punto 4.3 (a continuación), por último se comprueba que el coeficiente de seguridad al vuelco es de al menos 1,8 y que la tensión transmitida al terreno es menor o igual a la tensión de cálculo, redimensionando el anclaje si es necesario.

### 6.3. CÁLCULO

El cálculo se ha realizado con la metodología expuesta anteriormente, la cual se ha mecanizado en una hoja de cálculo cuyos resultados en función de diámetros y de los ángulos de los codos se muestran en el apéndice 3. Cálculo de anclajes de este anejo.

En cuanto a los parámetros de cálculo, se han adoptado los siguientes:

- Densidad del terreno	1,9 t/m <sup>3</sup>
- Densidad del hormigón	2,3 t/m <sup>3</sup>
- Coeficiente de rozamiento entre la tubería y el terreno	0,40

Se ha mecanizado para ángulos de los codos de 22,5°, 30°, 45°, 60° y 90°.  
 Y una gama de diámetros ente 160 mm y 1000 mm.

- Fdo.: Milagros Higuera Toledano
- Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
- N° Colegiado: 12.852





## APÉNDICE Nº 1: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PRFV



DN 500 - SN 5000 - SN5000 - PN 6; Altura de relleno: 1-3 m s/ generatriz. Ancho de zanja en la base = D+0,5 m; Angulo de talud = 78°; Cama: Gravilla; Relleno hasta mitad del tubo: Gravilla; Relleno has ta 30 cm. sobre clave del tubo: Terreno de la excavación seleccionado sin elementos gruesos (máx. 3 cm.); Resto de relleno: mat. excavación; Compactaciones: igual o mayor al 95% (100% si hay tráfico); Nivel freático elevado; Tráfico: eje de 6,5 T. Presión máxima de trabajo: 1 bar.

**Input:**

**Safety factors**

Safety class:	A (normal case)		
Allowable deflection:	6% (normal case)		
A type predeformation:	$\delta_{v,TypeA}$	1,00	%
Local predeformation:	$\delta_{v,local}$	0,00	%

**Pipe**

HOBAS standard pipe			
Pressure class:	PN	6	
Nominal stiffness:	SN	5.000	
Nominal diameter:	DN	500	
Outside diameter:	OD	530	mm
Wall thickness:	s	9,1	mm
Specific weight of the pipe material:	$\gamma_R$	17,50	kN/m <sup>3</sup>
Coefficient of transversal contraction:	v	0,25	[1]

**Soil**

E1: Backfilling:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	D <sub>PR1</sub>	92,0	%
E20: Pipe zone:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	D <sub>PR2</sub>	92,0	%
E3: Native soil:	Soil group: G3		
Proctor density:	D <sub>PR3</sub>	95,0	%
E4: Below trench	E4 = 10 * E1		

**Installation**

Trench width:	b	1.300	mm
Slope angle:	$\beta$	78,00	°
Cover condition:	A1		
Bedding condition:	B1		
Bedding angle: ATV - A 127	2 $\alpha$	180	°

#### Load case combination 1

Description:	Area with maximum cover		
Cover depth:	h	3.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

#### Load case combination 2

Description:	Area with minimum cover		
Cover depth:	h	1.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

#### Proof for load case combination 1, Long term

##### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
		3,68	-8,77	3,49	[1]
Safety (external):	$\gamma_e$	-5,26	5,85	-4,94	[1]
<small>(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)</small>					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

##### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,54	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

##### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	4,79	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

#### Proof for load case combination 2, Long term

##### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
		4,69	-13,01	4,38	[1]
Safety (external):	$\gamma_e$	-8,51	6,42	-7,70	[1]
<small>(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)</small>					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

##### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,23	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

##### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	5,92	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

DN 600 - SN 5000 - SN5000 - PN 6; Altura de relleno: 1-3 m s/ generatriz. Ancho de zanja en la base = D+0,5 m; Angulo de talud = 78°; Cama: Gravilla; Relleno hasta mitad del tubo: Gravilla; Relleno has ta 30 cm. sobre clave del tubo: Terreno de la excavación seleccionado sin elementos gruesos (máx. 3 cm.); Resto de relleno: mat. excavación; Compactaciones: igual o mayor al 95% (100% si hay tráfico); Nivel freático elevado; Tráfico: eje de 6,5 T. Presión máxima de trabajo: 1 bar.

**Input:**

**Safety factors**

Safety class:	A (normal case)		
Allowable deflection:	6% (normal case)		
A type predeformation:	$\delta_{v,TypeA}$	1,00	%
Local predeformation:	$\delta_{v,local}$	0,00	%

**Pipe**

HOBAS standard pipe			
Pressure class:	PN	6	
Nominal stiffness:	SN	5.000	
Nominal diameter:	DN	600	
Outside diameter:	OD	616	mm
Wall thickness:	s	10,4	mm
Specific weight of the pipe material:	$\gamma_R$	17,50	kN/m <sup>3</sup>
Coefficient of transversal contraction:	v	0,25	[1]

**Soil**

E1: Backfilling:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR1}$	92,0	%
E20: Pipe zone:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR2}$	92,0	%
E3: Native soil:	Soil group: G3		
Proctor density:	$D_{PR3}$	95,0	%
E4: Below trench	$E4 = 10 * E1$		

**Installation**

Trench width:	b	1.500	mm
Slope angle:	$\beta$	78,00	°
Cover condition:	A1		
Bedding condition:	B1		
Bedding angle: ATV - A 127	$2\alpha$	180	°

### Load case combination 1

Description:	Area with maximum cover		
Cover depth:	h	3.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Load case combination 2

Description:	Area with minimum cover		
Cover depth:	h	1.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Proof for load case combination 1, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	3,60	-8,32	3,39	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,62	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	4,67	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

### Proof for load case combination 2, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	4,69	-12,72	4,34	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,19	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	5,94	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

DN 700 - SN 5000 - SN5000 - PN 6; Altura de relleno: 1-3 m s/ generatriz. Ancho de zanja en la base = D+0,5 m; Angulo de talud = 78°; Cama: Gravilla; Relleno hasta mitad del tubo: Gravilla; Relleno has ta 30 cm. sobre clave del tubo: Terreno de la excavación seleccionado sin elementos gruesos (máx. 3 cm.); Resto de relleno: mat. excavación; Compactaciones: igual o mayor al 95% (100% si hay tráfico); Nivel freático elevado; Tráfico: eje de 6,5 T. Presión máxima de trabajo: 1 bar.

**Input:**

**Safety factors**

Safety class:	A (normal case)		
Allowable deflection:	6% (normal case)		
A type predeformation:	$\delta_{v,TypeA}$	1,00	%
Local predeformation:	$\delta_{v,local}$	0,00	%

**Pipe**

HOBAS standard pipe			
Pressure class:	PN	6	
Nominal stiffness:	SN	5.000	
Nominal diameter:	DN	700	
Outside diameter:	OD	718	mm
Wall thickness:	s	12,0	mm
Specific weight of the pipe material:	$\gamma_R$	17,50	kN/m <sup>3</sup>
Coefficient of transversal contraction:	v	0,25	[1]

**Soil**

E1: Backfilling:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR1}$	92,0	%
E20: Pipe zone:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR2}$	92,0	%
E3: Native soil:	Soil group: G3		
Proctor density:	$D_{PR3}$	95,0	%
E4: Below trench	$E4 = 10 * E1$		

**Installation**

Trench width:	b	1.600	mm
Slope angle:	$\beta$	78,00	°
Cover condition:	A1		
Bedding condition:	B1		
Bedding angle: ATV - A 127	$2\alpha$	180	°

### Load case combination 1

Description:	Area with maximum cover		
Cover depth:	h	3.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Load case combination 2

Description:	Area with minimum cover		
Cover depth:	h	1.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Proof for load case combination 1, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	3,59	-8,38	3,35	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,58	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	4,71	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

### Proof for load case combination 2, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	4,78	-13,25	4,36	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,06	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	6,13	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.



DN 800 - SN 5000 - SN5000 - PN 6; Altura de relleno: 1-3 m s/ generatriz. Ancho de zanja en la base = D+0,5 m; Angulo de talud = 78°; Cama: Gravilla; Relleno hasta mitad del tubo: Gravilla; Relleno has ta 30 cm. sobre clave del tubo: Terreno de la excavación seleccionado sin elementos gruesos (máx. 3 cm.); Resto de relleno: mat. excavación; Compactaciones: igual o mayor al 95% (100% si hay tráfico); Nivel freático elevado; Tráfico: eje de 6,5 T. Presión máxima de trabajo: 1 bar.

**Input:**

**Safety factors**

Safety class:	A (normal case)		
Allowable deflection:	6% (normal case)		
A type predeformation:	$\delta_{v,TypeA}$	1,00	%
Local predeformation:	$\delta_{v,local}$	0,00	%

**Pipe**

HOBAS standard pipe			
Pressure class:	PN	6	
Nominal stiffness:	SN	5.000	
Nominal diameter:	DN	800	
Outside diameter:	OD	820	mm
Wall thickness:	s	13,5	mm
Specific weight of the pipe material:	$\gamma_R$	17,50	kN/m <sup>3</sup>
Coefficient of transversal contraction:	v	0,25	[1]

**Soil**

E1: Backfilling:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR1}$	92,0	%
E20: Pipe zone:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR2}$	92,0	%
E3: Native soil:	Soil group: G3		
Proctor density:	$D_{PR3}$	95,0	%
E4: Below trench	$E4 = 10 * E1$		

**Installation**

Trench width:	b	1.700	mm
Slope angle:	$\beta$	78,00	°
Cover condition:	A1		
Bedding condition:	B1		
Bedding angle: ATV - A 127	$2\alpha$	180	°

#### Load case combination 1

Description:	Area with maximum cover		
Cover depth:	h	3.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

#### Load case combination 2

Description:	Area with minimum cover		
Cover depth:	h	1.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

#### Proof for load case combination 1, Long term

##### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	3,61	-8,52	3,33	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

##### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,52	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

##### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	4,75	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

#### Proof for load case combination 2, Long term

##### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	4,88	-13,79	4,38	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

##### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	2,93	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

##### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	6,30	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

DN 900 - SN 5000 - SN5000 - PN 6; Altura de relleno: 1-3 m s/ generatriz. Ancho de zanja en la base = D+0,5 m; Angulo de talud = 78°; Cama: Gravilla; Relleno hasta mitad del tubo: Gravilla; Relleno has ta 30 cm. sobre clave del tubo: Terreno de la excavación seleccionado sin elementos gruesos (máx. 3 cm.); Resto de relleno: mat. excavación; Compactaciones: igual o mayor al 95% (100% si hay tráfico); Nivel freático elevado; Tráfico: eje de 6,5 T. Presión máxima de trabajo: 1 bar.

**Input:**

**Safety factors**

Safety class:	A (normal case)		
Allowable deflection:	6% (normal case)		
A type predeformation:	$\delta_{v,TypeA}$	1,00	%
Local predeformation:	$\delta_{v,local}$	0,00	%

**Pipe**

HOBAS standard pipe			
Pressure class:	PN	6	
Nominal stiffness:	SN	5.000	
Nominal diameter:	DN	900	
Outside diameter:	OD	924	mm
Wall thickness:	s	15,0	mm
Specific weight of the pipe material:	$\gamma_R$	17,50	kN/m <sup>3</sup>
Coefficient of transversal contraction:	v	0,25	[1]

**Soil**

E1: Backfilling:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR1}$	92,0	%
E20: Pipe zone:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	$D_{PR2}$	92,0	%
E3: Native soil:	Soil group: G3		
Proctor density:	$D_{PR3}$	95,0	%
E4: Below trench	$E4 = 10 * E1$		

**Installation**

Trench width:	b	1.900	mm
Slope angle:	$\beta$	78,00	°
Cover condition:	A1		
Bedding condition:	B1		
Bedding angle: ATV - A 127	$2\alpha$	180	°

### Load case combination 1

Description:	Area with maximum cover		
Cover depth:	h	3.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Load case combination 2

Description:	Area with minimum cover		
Cover depth:	h	1.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Proof for load case combination 1, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	3,56	-8,23	3,26	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,55	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	4,68	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

### Proof for load case combination 2, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	4,88	-13,54	4,34	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	2,88	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	6,33	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

DN 1000 - SN 5000 - SN5000 - PN 6; Altura de relleno: 1-3 m s/ generatriz. Ancho de zanja en la base = D+0,5 m; Angulo de talud = 78°; Cama: Gravilla; Relleno hasta mitad del tubo: Gravilla; Relleno hasta 30 cm. sobre clave del tubo: Terreno de la excavación seleccionado sin elementos gruesos (máx. 3 cm.); Resto de relleno: mat. excavación; Compactaciones: igual o mayor al 95% (100% si hay tráfico); Nivel freático elevado; Tráfico: eje de 6,5 T. Presión máxima de trabajo: 1 bar.

**Input:**

**Safety factors**

Safety class:	A (normal case)		
Allowable deflection:	6% (normal case)		
A type predeformation:	$\delta_{v,TypeA}$	1,00	%
Local predeformation:	$\delta_{v,local}$	0,00	%

**Pipe**

HOBAS standard pipe			
Pressure class:	PN	6	
Nominal stiffness:	SN	5.000	
Nominal diameter:	DN	1.000	
Outside diameter:	OD	1.026	mm
Wall thickness:	s	16,5	mm
Specific weight of the pipe material:	$\gamma_R$	17,50	kN/m <sup>3</sup>
Coefficient of transversal contraction:	v	0,25	[1]

**Soil**

E1: Backfilling:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	D <sub>PR1</sub>	92,0	%
E20: Pipe zone:	Soil group: G3		
Value from Table 8 in ATV A127:	D <sub>PR2</sub>	92,0	%
E3: Native soil:	Soil group: G3		
Proctor density:	D <sub>PR3</sub>	95,0	%
E4: Below trench	E4 = 10 * E1		

**Installation**

Trench width:	b	2.000	mm
Slope angle:	$\beta$	78,00	°
Cover condition:	A1		
Bedding condition:	B1		
Bedding angle: ATV - A 127	2 $\alpha$	180	°

### Load case combination 1

Description:	Area with maximum cover		
Cover depth:	h	3.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Load case combination 2

Description:	Area with minimum cover		
Cover depth:	h	1.000	mm
Soil density:	$\gamma$	20,00	kN/m <sup>3</sup>
Additional surface load:	P <sub>0</sub>	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,max</sub>	500	mm
Minimum groundwater level above pipe bed:	h <sub>W,min</sub>	500	mm
Internal pressure (short term):	P <sub>I,K</sub>	1,00	bar
Internal pressure (long term):	P <sub>I,L</sub>	1,00	bar
Water fill	Yes		
Density of medium:	$\gamma_F$	10,00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load:	HLC 30		

### Proof for load case combination 1, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	3,58	-8,39	3,24	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	3,48	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	4,72	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

### Proof for load case combination 2, Long term

#### Strain proof:

Safety (internal):	$\gamma_i$	Crown	Springline	Bottom	
Safety (external):	$\gamma_e$	4,96	-14,00	4,34	[1]
(Safety factors for flexural compressive stress are marked with a minus sign)					
Required flexural tensile safety:		req $\gamma_{BT}$	2,00		[1]
Required flexural compressive safety:		req $\gamma_{BC}$	2,00		[1]

The strain safety factors determined are greater than the required factors.

#### Deflection proof:

Relative vertical deformation:	$\delta_v$	2,77	%
Allowable deflection:	all d <sub>v</sub>	6,00	%

The deflection determined is less than the allowable deflection.

#### Stability proof (linear):

Buckling safety:	$\gamma_{buckl}$	6,49	[1]
Required buckling safety:	req $\gamma_{buckl}$	2,00	[1]

The buckling safety factors determined are greater than required.

## APÉNDICE Nº 2: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PVC

## Datos sobre el informe

Informe número: 1

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : PVC DN160 mm PN-6 (1 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN160 mm PN-6 (1 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)

Diámetro nominal: Dn = 160 mm

Espesor: e=4.0 mm

Diámetro interior: di= 152 mm

Radio medio: Rm= 78 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar

Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=1 m

Anchura de la zanja: B1=0.70 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=3 m

Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada



## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=8.70867 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=8.70867 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=3.74555 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.07529 \%$ --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:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.01452 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.01478 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.01664 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.00924 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.00924 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.00924 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.00412 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.00474 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.00412 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00014 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00017 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00022 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.001 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones}) = -0.00115 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.00152 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0.00078 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0.00078 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0.00078 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.00307 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.00134 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.0058 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0.036 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-0.67928 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0.036 \text{ kN m/m}$

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-0.47376 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-0.47376 \text{ kN m/m}$

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-0.16857 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-0.16857 \text{ kN m/m}$

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0.00145 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0.00686 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_t(\text{Base})=-0.00145 \text{ kN m/m}$

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0.04058 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0.01308 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_a(\text{Base})=0.0811 \text{ kN m/m}$

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=44.4528 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones}) = 44.4528 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=44.4528 \text{ kN m/m}$

### 2.5.7. Fuerza axial total ( $N$ )

En Clave:  $N(\text{Clave})=43.8885 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})=43.77974 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})=43.85411 \text{ kN m/m}$

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $12.1444 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $10.44995 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $13.17403 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $4.11712$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $4.78471$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.79535$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $118.61586$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $100.10836$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $54.28955$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 5  
Fecha:  
A la atención de D./Dña. :  
Empresa/entidad :  
Dirección :  
Ciudad :  
Teléfono/Fax :  
Correo electrónico:  
Referencia de la obra : PVC DN250 mm PN-6 (1 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN250 mm PN-6 (1 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)  
Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)  
Diámetro nominal: Dn = 250 mm  
Espesor: e=6.2 mm  
Diámetro interior: di= 237.6 mm  
Radio medio: Rm= 121.9 mm  
Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar  
Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=1 m  
Anchura de la zanja: B1=0.78 m  
Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
Ángulo de apoyo: 2alfa=90°  
Tipo de relleno: No cohesivo  
Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo  
Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>  
Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>  
Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3  
Distancia entre ruedas: a=2 m  
Distancia entre ejes: b=3 m  
Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN  
Sobrecarga repartida: Pd= kN  
Zona no pavimentada

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=10.57601$  kN/m<sup>2</sup>  
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0$  kN/m<sup>2</sup>  
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0$  kN/m<sup>2</sup>  
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=10.57601$  kN/m<sup>2</sup>

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=6.10928$  kN/m<sup>2</sup>

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.12595$ % --ADMISIBLE: cumple $\leq 5$ %

### 2.4. Momentos flectores circunferenciales.

#### 2.4.1. Debidos a la presión vertical total sobre el tubo (Mqvt)

En Clave:  $M_{qvt}$  (Clave)=0.04306 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qvt}$  (riñones)=-0.04385 kN m/m  
En Base:  $M_{qvt}$  (Base)=0.04935 kN m/m

#### 2.4.2. Debidos a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Mqh)

En Clave:  $M_{qh}$  (Clave)=-0.02332 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qh}$  (Riñones)=0.02332 kN m/m  
En Base:  $M_{qh}$  (Base)=-0.02332 kN m/m

#### 2.4.3. Debidos a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Mqht)

En Clave:  $M_{qht}$  (Clave)=-0.01643 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qht}$  (Riñones)=0.01888 kN m/m  
En Base:  $M_{qht}$  (Base)=-0.01643 kN m/m

#### 2.4.4. Debidos al propio peso del tubo (Mt)

En Clave:  $M_t$  (Clave)=0.00054 kN m/m  
En Riñones:  $M_t$  (Riñones)=-0.00063 kN m/m  
En Base:  $M_t$  (Base)=0.00083kN m/m

#### 2.4.5. Debidos al peso del agua (Ma)

En Clave:  $M_a$  (Clave)=0.0038 kN m/m  
En Riñones:  $M_a$ (Riñones) = -0.0044kN m/m  
En Base:  $M_a$  (Base)=0.00581 kN m/m

#### 2.4.6. Debidos a la presión del agua (Mpa)

En Clave:  $M_{pa}$  (Clave)=0.00187 kN m/m  
En Riñones:  $M_{pa}$  (Riñones)=0.00187 kN m/m  
En Base:  $M_{pa}$  (Base)=0.00187 kN m/m

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

En Clave:  $M$  (Clave)=0.00952 kN m/m  
En Riñones:  $M$  (Riñones)=-0.00479 kN m/m  
En Base:  $M$  (Base)=0.01811kN m/m

## 2.5. Fuerzas axiles.

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

En Clave:  $N_{qvt}$  (Clave)=0.06833 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qvt}$  (riñones)=-1.28922 kN m/m  
En Base:  $N_{qvt}$  (Base)=-0.06833 kN m/m

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

En Clave:  $N_{qh}$  (Clave)=-0.76532 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qh}$  (Riñones)=0 kN m/m  
En Base:  $N_{qh}$  (Base)=-0.76532 kN m/m

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

En Clave:  $n_{qht}$  (Clave)=-0.4297 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qht}$  (Riñones)=0 kN m/m  
En Base:  $N_{qht}$  (Base)=-0.4297 kN m/m

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

En Clave:  $N_t$  (Clave)=0.00352 kN m/m  
En Riñones:  $N_t$  (Riñones)=-0.01662 kN m/m  
En Base:  $N_t$  (Base)=-0.00352kN m/m

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

En Clave:  $N_a$  (Clave)=0.09911 kN m/m  
En Riñones:  $N_a$  (Riñones)=0.03195 kN m/m  
En Base:  $N_a$  (Base)=0.19808 kN m/m

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

En Clave:  $N_{pa}$  (Clave)=69.4869 kN m/m  
En Riñones:  $N_{pa}$ (Riñones) = 69.4869kN m/ m  
En Base:  $N_{pa}$  (Base)=69.4869 kN m/m

### 2.5.7. Fuerza axil total (N)

En Clave:  $N$  (Clave)=68.46284 kN m/m  
En Riñones:  $N$  (Riñones)=68.21301 kN m/m  
En Base:  $N$  (Base)=68.4181kN m/m

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 12.55409 kN/mm<sup>2</sup>  
En Riñones: 10.2664 kN/mm<sup>2</sup>  
En Base: 13.90952 kN/mm<sup>2</sup>

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

En Clave: 3.98277 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones: 4.87026 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base: 3.59466 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno: 95.21074 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :87.29683 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua: 45.5411 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 3

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : PVC DN200 mm PN-6 (1 m) ext

## RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN200 mm PN-6 (1 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)

Diámetro nominal: Dn = 200 mm

Espesor: e=4.9 mm

Diámetro interior: di= 190.2 mm

Radio medio: Rm= 97.55 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar

Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=1 m

Anchura de la zanja: B1=0.75 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=3 m

Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=9.30916 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=9.30916 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=4.40052 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.09241 \%$ --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:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.02427 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.02472 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.02782 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.01479 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.01479 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.01479 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.00758 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.00871 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.00758 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00027 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00032 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00042 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.00195 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones}) = -0.00226 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.00298 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0.00117 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0.00117 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0.00117 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.0053 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.00262 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.01002 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0.04813 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-0.90811 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0.04813 \text{ kN m/m}$

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-0.60646 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-0.60646 \text{ kN m/m}$

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-0.24769 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-0.24769 \text{ kN m/m}$

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0.00223 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0.01051 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_t(\text{Base})=-0.00223 \text{ kN m/m}$

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0.06347 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0.02046 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_a(\text{Base})=0.12685 \text{ kN m/m}$

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=55.6248 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones}) = 55.6248 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=55.6248 \text{ kN m/m}$

### 2.5.7. Fuerza axial total ( $N$ )

En Clave:  $N(\text{Clave})=54.88448 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})=54.72664 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})=54.84714 \text{ kN m/m}$

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $12.54654 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $10.52549 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $13.73803 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $3.98516$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $4.75037$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.63953$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $106.94419$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $90.22696$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $48.93844$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 4  
Fecha:  
A la atención de D./Dña. :  
Empresa/entidad :  
Dirección :  
Ciudad :  
Teléfono/Fax :  
Correo electrónico:  
Referencia de la obra : PVC DN200 mm PN-6 (2,5 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN200 mm PN-6 (2,5 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)  
Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)  
Diámetro nominal: Dn = 200 mm  
Espesor: e=4.9 mm  
Diámetro interior: di= 190.2 mm  
Radio medio: Rm= 97.55 mm  
Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar  
Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=2.5 m  
Anchura de la zanja: B1=0.75 m  
Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
Ángulo de apoyo: 2alfa=90°  
Tipo de relleno: No cohesivo  
Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo  
Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>  
Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>  
Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3  
Distancia entre ruedas: a=2 m  
Distancia entre ejes: b=3 m  
Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN  
Sobrecarga repartida: Pd= kN  
Zona no pavimentada

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=15.22416$  kN/m<sup>2</sup>  
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0$  kN/m<sup>2</sup>  
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0$  kN/m<sup>2</sup>  
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=15.22416$  kN/m<sup>2</sup>

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=6.80923$  kN/m<sup>2</sup>

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.14299$ % --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

### 2.4. Momentos flectores circunferenciales.

#### 2.4.1. Debidos a la presión vertical total sobre el tubo (Mqvt)

En Clave:  $M_{qvt}$  (Clave)=0.0397 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qvt}$  (riñones)=-0.04042 kN m/m  
En Base:  $M_{qvt}$  (Base)=0.04549 kN m/m

#### 2.4.2. Debidos a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Mqh)

En Clave:  $M_{qh}$  (Clave)=-0.02484 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qh}$  (Riñones)=0.02484 kN m/m  
En Base:  $M_{qh}$  (Base)=-0.02484 kN m/m

#### 2.4.3. Debidos a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Mqht)

En Clave:  $M_{qht}$  (Clave)=-0.01173 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qht}$  (Riñones)=0.01348 kN m/m  
En Base:  $M_{qht}$  (Base)=-0.01173 kN m/m

#### 2.4.4. Debidos al propio peso del tubo (Mt)

En Clave:  $M_t$  (Clave)=0.00027 kN m/m  
En Riñones:  $M_t$  (Riñones)=-0.00032 kN m/m  
En Base:  $M_t$  (Base)=0.00042 kN m/m

#### 2.4.5. Debidos al peso del agua (Ma)

En Clave:  $M_a$  (Clave)=0.00195 kN m/m  
En Riñones:  $M_a$  (Riñones) = -0.00226 kN m/m  
En Base:  $M_a$  (Base)=0.00298 kN m/m

#### 2.4.6. Debidos a la presión del agua (Mpa)

En Clave:  $M_{pa}$  (Clave)=0.00117 kN m/m  
En Riñones:  $M_{pa}$  (Riñones)=0.00117 kN m/m  
En Base:  $M_{pa}$  (Base)=0.00117 kN m/m

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

En Clave:  $M$  (Clave)=0.00652 kN m/m  
En Riñones:  $M$  (Riñones)=-0.00351 kN m/m  
En Base:  $M$  (Base)=0.0135 kN m/m

## 2.5. Fuerzas axiales.

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

En Clave:  $N_{qvt}$  (Clave)=0.07871 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qvt}$  (riñones)=-1.48512 kN m/m  
En Base:  $N_{qvt}$  (Base)=-0.07871 kN m/m

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

En Clave:  $N_{qh}$  (Clave)=-1.01835 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qh}$  (Riñones)=0 kN m/m  
En Base:  $N_{qh}$  (Base)=-1.01835 kN m/m

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

En Clave:  $n_{qht}$  (Clave)=-0.38327 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qht}$  (Riñones)=0 kN m/m  
En Base:  $N_{qht}$  (Base)=-0.38327 kN m/m

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

En Clave:  $N_t$  (Clave)=0.00223 kN m/m  
En Riñones:  $N_t$  (Riñones)=-0.01051 kN m/m  
En Base:  $N_t$  (Base)=-0.00223 kN m/m

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

En Clave:  $N_a$  (Clave)=0.06347 kN m/m  
En Riñones:  $N_a$  (Riñones)=0.02046 kN m/m  
En Base:  $N_a$  (Base)=0.12685 kN m/m

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

En Clave:  $N_{pa}$  (Clave)=55.6248 kN m/m  
En Riñones:  $N_{pa}$  (Riñones) = 55.6248 kN m/m  
En Base:  $N_{pa}$  (Base)=55.6248 kN m/m

### 2.5.7. Fuerza axial total (N)

En Clave:  $N$  (Clave)=54.36759 kN m/m  
En Riñones:  $N$  (Riñones)=54.14963 kN m/m  
En Base:  $N$  (Base)=54.26909 kN m/m

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 12.75328 kN/mm<sup>2</sup>  
En Riñones: 10.1887 kN/mm<sup>2</sup>  
En Base: 14.50435 kN/mm<sup>2</sup>

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

En Clave: 3.92056 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones: 4.9074 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base: 3.44724 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno: 65.39346 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :90.22696 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua: 37.91439 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 5  
Fecha:  
A la atención de D./Dña. :  
Empresa/entidad :  
Dirección :  
Ciudad :  
Teléfono/Fax :  
Correo electrónico:  
Referencia de la obra : PVC DN250 mm PN-6 (1 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN250 mm PN-6 (1 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)  
Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)  
Diámetro nominal: Dn = 250 mm  
Espesor: e=6.2 mm  
Diámetro interior: di= 237.6 mm  
Radio medio: Rm= 121.9 mm  
Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar  
Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=1 m  
Anchura de la zanja: B1=0.78 m  
Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
Ángulo de apoyo: 2alfa=90°  
Tipo de relleno: No cohesivo  
Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo  
Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>  
Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>  
Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3  
Distancia entre ruedas: a=2 m  
Distancia entre ejes: b=3 m  
Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN  
Sobrecarga repartida: Pd= kN  
Zona no pavimentada



## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=10.57601$  kN/m<sup>2</sup>  
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0$  kN/m<sup>2</sup>  
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0$  kN/m<sup>2</sup>  
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=10.57601$  kN/m<sup>2</sup>

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=6.10928$  kN/m<sup>2</sup>

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.12595$ % --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:  $M_{qvt}$  (Clave)=0.04306 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qvt}$  (riñones)=-0.04385 kN m/m  
En Base:  $M_{qvt}$  (Base)=0.04935 kN m/m

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

En Clave:  $M_{qh}$  (Clave)=-0.02332 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qh}$  (Riñones)=0.02332 kN m/m  
En Base:  $M_{qh}$  (Base)=-0.02332 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:  $M_{qht}$  (Clave)=-0.01643 kN m/m  
En Riñones:  $M_{qht}$  (Riñones)=0.01888 kN m/m  
En Base:  $M_{qht}$  (Base)=-0.01643 kN m/m

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

En Clave:  $M_t$  (Clave)=0.00054 kN m/m  
En Riñones:  $M_t$  (Riñones)=-0.00063 kN m/m  
En Base:  $M_t$  (Base)=0.00083kN m/m

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

En Clave:  $M_a$  (Clave)=0.0038 kN m/m  
En Riñones:  $M_a$ (Riñones) = -0.0044kN m/m  
En Base:  $M_a$  (Base)=0.00581 kN m/m

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

En Clave:  $M_{pa}$  (Clave)=0.00187 kN m/m  
En Riñones:  $M_{pa}$  (Riñones)=0.00187 kN m/m  
En Base:  $M_{pa}$  (Base)=0.00187 kN m/m

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

En Clave:  $M$  (Clave)=0.00952 kN m/m  
En Riñones:  $M$  (Riñones)=-0.00479 kN m/m  
En Base:  $M$  (Base)=0.01811kN m/m

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}$  (Clave)=0.06833 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qvt}$  (riñones)=-1.28922 kN m/m  
En Base:  $N_{qvt}$  (Base)=-0.06833 kN m/m

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}$  (Clave)=-0.76532 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qh}$  (Riñones)=0 kN m/m  
En Base:  $N_{qh}$  (Base)=-0.76532 kN m/m

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}$  (Clave)=-0.4297 kN m/m  
En Riñones:  $N_{qht}$  (Riñones)=0 kN m/m  
En Base:  $N_{qht}$  (Base)=-0.4297 kN m/m

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t$  (Clave)=0.00352 kN m/m  
En Riñones:  $N_t$  (Riñones)=-0.01662 kN m/m  
En Base:  $N_t$  (Base)=-0.00352kN m/m

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a$  (Clave)=0.09911 kN m/m  
En Riñones:  $N_a$  (Riñones)=0.03195 kN m/m  
En Base:  $N_a$  (Base)=0.19808 kN m/m

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}$  (Clave)=69.4869 kN m/m  
En Riñones:  $N_{pa}$ (Riñones) = 69.4869kN m/ m  
En Base:  $N_{pa}$  (Base)=69.4869 kN m/m

### 2.5.7. Fuerza axil total ( $N$ )

En Clave:  $N$  (Clave)=68.46284 kN m/m  
En Riñones:  $N$  (Riñones)=68.21301 kN m/m  
En Base:  $N$  (Base)=68.4181kN m/m

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 12.55409 kN/mm<sup>2</sup>  
En Riñones: 10.2664 kN/mm<sup>2</sup>  
En Base: 13.90952 kN/mm<sup>2</sup>

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

En Clave: 3.98277 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones: 4.87026 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base: 3.59466 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno: 95.21074 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :87.29683 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua: 45.5411 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 6  
Fecha:  
A la atención de D./Dña. :  
Empresa/entidad :  
Dirección :  
Ciudad :  
Teléfono/Fax :  
Correo electrónico:  
Referencia de la obra : PVC DN250 mm PN-6 (2.5 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN250 mm PN-6 (2.5 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)  
Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)  
Diámetro nominal: Dn = 250 mm  
Espesor: e=6.2 mm  
Diámetro interior: di= 237.6 mm  
Radio medio: Rm= 121.9 mm  
Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar  
Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=2.5 m  
Anchura de la zanja: B1=0.78 m  
Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
Ángulo de apoyo: 2alfa=90°  
Tipo de relleno: No cohesivo  
Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo  
Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>  
Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>  
Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3  
Distancia entre ruedas: a=2 m  
Distancia entre ejes: b=3 m  
Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN  
Sobrecarga repartida: Pd= kN  
Zona no pavimentada

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=17.50796 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=17.50796 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=9.75293 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.20107 \%$ --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:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.07128 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.07259 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.08169 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.03955 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.03955 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.03955 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.02623 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.03014 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.02623 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00054 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00063 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00083 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.0038 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones}) = -0.0044 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.00581 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0.00187 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0.00187 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0.00187 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.01172 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.00604 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.02442 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0.11311 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-2.13422 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0.11311 \text{ kN m/m}$

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-1.29787 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-1.29787 \text{ kN m/m}$

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-0.68599 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-0.68599 \text{ kN m/m}$

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0.00352 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0.01662 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_t(\text{Base})=-0.00352 \text{ kN m/m}$

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0.09911 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0.03195 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_a(\text{Base})=0.19808 \text{ kN m/m}$

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=69.4869 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones}) = 69.4869 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=69.4869 \text{ kN m/m}$

### 2.5.7. Fuerza axial total ( $N$ )

En Clave:  $N(\text{Clave})=67.7188 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})=67.36801 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})=67.58449 \text{ kN m/m}$

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $12.7824 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $9.93869 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $14.7774 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $3.91163$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $5.03085$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.38354$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $57.51384$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $87.29683$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $34.67131$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 7

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : PVC DN315 mm PN-6 (1 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN315 mm PN-6 (1 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)

Diámetro nominal: Dn = 315 mm

Espesor: e=7.7 mm

Diámetro interior: di= 299.6 mm

Radio medio: Rm= 153.65 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar

Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=1 m

Anchura de la zanja: B1=0.86 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=3 m

Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=11.5766 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=11.5766 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=7.27721 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.15494 \%$ --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:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.07489 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.07625 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.08582 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.03813 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.03813 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.03813 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.0311 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.03573 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.0311 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00107 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00123 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00163 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.00762 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones})=-0.00881 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.01164 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0.00289 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0.00289 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0.00289 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.01723 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.00954 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.03276 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0.09427 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-1.77874 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0.09427 \text{ kN m/m}$

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-0.99271 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-0.99271 \text{ kN m/m}$

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-0.64517 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-0.64517 \text{ kN m/m}$

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0.00552 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0.02602 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_t(\text{Base})=-0.00552 \text{ kN m/m}$

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0.15747 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0.05076 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_a(\text{Base})=0.3147 \text{ kN m/m}$

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=87.61935 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones})=87.61935 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=87.61935 \text{ kN m/m}$

### 2.5.7. Fuerza axial total ( $N$ )

En Clave:  $N(\text{Clave})=86.23872 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})=85.86534 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})=86.19638 \text{ kN m/m}$

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $12.97255 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $10.20165 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $14.5645 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $3.85429$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $4.90117$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.433$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $84.601$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $78.06212$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $40.60007$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 9

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : PVC DN400 mm PN-6 (1 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN400 mm PN-6 (1 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)

Diámetro nominal: Dn = 400 mm

Espesor: e=9.8 mm

Diámetro interior: di= 380.4 mm

Radio medio: Rm= 195.1 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar

Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=1 m

Anchura de la zanja: B1=1 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=3 m

Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=12.54213 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=12.54213 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=8.288 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.17616 \%$ --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:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.13081 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.1332 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.1499 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.06389 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.06389 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.06389 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.0571 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.06562 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.0571 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00219 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00253 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00335 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.0156 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones})=-0.01805 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.02384 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0.00468 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0.00468 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0.00468 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.03228 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.01958 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.06078 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0.12969 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-2.44697 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0.12969 \text{ kN m/m}$

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-1.30992 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-1.30992 \text{ kN m/m}$

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-0.933 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-0.933 \text{ kN m/m}$

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0.00891 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0.04205 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_t(\text{Base})=-0.00891 \text{ kN m/m}$

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0.25389 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0.08184 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_a(\text{Base})=0.50739 \text{ kN m/m}$

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=111.2496 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones})=111.2496 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=111.2496 \text{ kN m/m}$

### 2.5.7. Fuerza axial total ( $N$ )

En Clave:  $N(\text{Clave})=109.39917 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})=108.84242 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})=109.37547 \text{ kN m/m}$

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $13.21361 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $9.90333 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $15.02176 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $3.78398$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $5.04881$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.3285$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $78.06937$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $71.73168$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $37.38323$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 9

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : PVC DN400 mm PN-6 (1 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN400 mm PN-6 (1 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)

Diámetro nominal: Dn = 400 mm

Espesor: e=9.8 mm

Diámetro interior: di= 380.4 mm

Radio medio: Rm= 195.1 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar

Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=1 m

Anchura de la zanja: B1=1 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=3 m

Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada



## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=12.54213 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=12.54213 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=8.288 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.17616 \%$ --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:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.13081 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.1332 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.1499 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.06389 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.06389 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.06389 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.0571 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.06562 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.0571 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00219 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00253 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00335 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.0156 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones})=-0.01805 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.02384 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0.00468 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0.00468 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0.00468 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.03228 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.01958 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.06078 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0.12969 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-2.44697 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0.12969 \text{ kN m/m}$

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-1.30992 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-1.30992 \text{ kN m/m}$

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-0.933 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-0.933 \text{ kN m/m}$

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0.00891 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0.04205 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_t(\text{Base})=-0.00891 \text{ kN m/m}$

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0.25389 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0.08184 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_a(\text{Base})=0.50739 \text{ kN m/m}$

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=111.2496 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones})=111.2496 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=111.2496 \text{ kN m/m}$

### 2.5.7. Fuerza axial total ( $N$ )

En Clave:  $N(\text{Clave})=109.39917 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})=108.84242 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})=109.37547 \text{ kN m/m}$

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $13.21361 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $9.90333 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $15.02176 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $3.78398$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $5.04881$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.3285$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $78.06937$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $71.73168$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $37.38323$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Datos sobre el informe

Informe número: 10  
Fecha:  
A la atención de D./Dña. :  
Empresa/entidad :  
Dirección :  
Ciudad :  
Teléfono/Fax :  
Correo electrónico:  
Referencia de la obra : PVC DN400 mm PN-6 (2.5 m) ext

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo)PVC DN400 mm PN-6 (2.5 m) ext

Coefficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

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

TIPO DE CONDUCCIÓN: AGUA A PRESIÓN (Tubos según norma UNE-EN 1.452-2)  
Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U  
Presión nominal: bar (entre paréntesis, PN no habitual)  
Diámetro nominal: Dn = 400 mm  
Espesor: e=9.8 mm  
Diámetro interior: di= 380.4 mm  
Radio medio: Rm= 195.1 mm  
Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(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: Pi = 6 bar  
Presión agua exterior: Pe= .03 bar

Altura de la zanja: H1=2.5 m  
Anchura de la zanja: B1=1 m  
Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=78.69°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)  
Ángulo de apoyo: 2alfa=90°  
Tipo de relleno: No cohesivo  
Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas solo en la zona del tubo  
Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m<sup>3</sup>  
Módulos de compresión del relleno: E1=6 N/mm<sup>2</sup> E2= 23 N/mm<sup>2</sup>  
Módulos de compresión del terreno: E3=20 N/mm<sup>2</sup> E4= 20 N/mm<sup>2</sup>

Número de ejes de los vehiculos: 3  
Distancia entre ruedas: a=2 m  
Distancia entre ejes: b=3 m  
Sobrecarga concentrada: Pc=39 kN  
Sobrecarga repartida: Pd= kN  
Zona no pavimentada

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=21.99419 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=21.99419 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=14.09721 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.29963 \%$ --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:  $M_{qvt}(\text{Clave})=0.22939 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qvt}(\text{riñones})=-0.23358 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qvt}(\text{Base})=0.26288 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qh}(\text{Clave})=-0.11496 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qh}(\text{Riñones})=0.11496 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qh}(\text{Base})=-0.11496 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{qht}(\text{Clave})=-0.09712 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{qht}(\text{Riñones})=0.11161 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{qht}(\text{Base})=-0.09712 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_t(\text{Clave})=0.00219 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_t(\text{Riñones})=-0.00253 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_t(\text{Base})=0.00335 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_a(\text{Clave})=0.0156 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_a(\text{Riñones})=-0.01805 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_a(\text{Base})=0.02384 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M_{pa}(\text{Clave})=0.00468 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M_{pa}(\text{Riñones})=0.00468 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M_{pa}(\text{Base})=0.00468 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.03976 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.0229 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.08266 \text{ kN m/m}$

## 2.5. Fuerzas axiales.

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo ( $N_{qvt}$ )

En Clave:  $N_{qvt}(\text{Clave})=0.22743 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qvt}(\text{riñones})=-4.29107 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qvt}(\text{Base})=-0.22743 \text{ kN m/m}$

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo ( $N_{qh}$ )

En Clave:  $N_{qh}(\text{Clave})=-2.35703 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qh}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qh}(\text{Base})=-2.35703 \text{ kN m/m}$

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo ( $N_{qht}$ )

En Clave:  $n_{qht}(\text{Clave})=-1.58696 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{qht}(\text{Riñones})=0 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{qht}(\text{Base})=-1.58696 \text{ kN m/m}$

### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo ( $N_t$ )

En Clave:  $N_t(\text{Clave})=0.00891 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_t(\text{Riñones})=-0.04205 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_t(\text{Base})=-0.00891 \text{ kN m/m}$

### 2.5.5. Debidas al peso del agua ( $N_a$ )

En Clave:  $N_a(\text{Clave})=0.25389 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_a(\text{Riñones})=0.08184 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_a(\text{Base})=0.50739 \text{ kN m/m}$

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua ( $N_{pa}$ )

En Clave:  $N_{pa}(\text{Clave})=111.2496 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N_{pa}(\text{Riñones})=111.2496 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N_{pa}(\text{Base})=111.2496 \text{ kN m/m}$

### 2.5.7. Fuerza axial total ( $N$ )

En Clave:  $N(\text{Clave})=107.79584 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})=106.99832 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})=107.57666 \text{ kN m/m}$

## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $13.52543 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $9.51164 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $16.22777 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $3.69674$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $5.25672$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.08114$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $44.51886$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $71.73168$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $27.47009$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

**APÉNDICE N° 3: CÁLCULO MECÁNICO DE TUBERÍAS DE PE**

## INFORME ABREVIADO

### Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto: CANAL DE LAS AVES  
Fecha: 08/07/2010

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.

## Contenido

<b>1. : TUBO PE 200</b>	<b>3</b>
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)	4
1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)	4
1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)	5
1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)	5
1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)	5

## 1. : TUBO PE 200

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

TUBO PE 200  
Según tabla  
Si

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127 no (ATV A 127)  
Si

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Densidad Proctor E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E1</sub> 100,0 %  
G1  
tabla 8 (A127)  
G2  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>W,max</sub> 1,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,30 m  
P<sub>I,K</sub> 1,5 bar  
P<sub>I,L</sub> 1,5 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
HGV 12 (carretera)

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

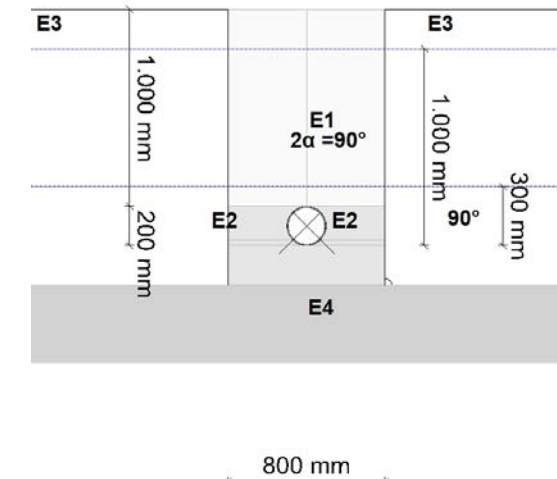
Zanja  
b 0,80 m  
β 90 °  
A1  
B1  
suelto  
90°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)  
DN 200 (7,7 mm)

Carga de tráfico: HGV 12 (carretera)



### 1.2. Resultados:

#### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

##### 1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,798	9,798	9,798	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,798	9,798	9,798	[-]
(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)					
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:		erf γ <sub>RBZ</sub>		2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:		erf γ <sub>RBD</sub>		2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

##### 1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,281	10,281	10,281	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,281	10,281	10,281	[-]
(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)					
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:		erf γ <sub>RBZ</sub>		2,50	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf  $\gamma_{RBD}$  2,50 [-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,60 %  
 Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,51 %  
 Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)

Coefficiente de seguridad de estabilidad:  $\gamma$  10,08 [-]  
 Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad: erf  $\gamma_{stab}$  2,00 [-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.





## INFORME ABREVIADO

### Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto: CANAL DE LAS AVES  
Fecha: 08/07/2010

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.

## Contenido

<b>1. : TUBO PE 250</b>	<b>3</b>
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)	4
1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)	4
1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)	5
1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)	5
1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)	5

## 1. : TUBO PE 250

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

TUBO PE 250  
Según tabla  
Si

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127 no (ATV A 127)  
Si

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Densidad Proctor E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E1</sub> 100,0 %  
G1  
tabla 8 (A127)  
G2  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>W,max</sub> 1,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,30 m  
P<sub>I,K</sub> 1,5 bar  
P<sub>I,L</sub> 1,5 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
HGV 12 (carretera)

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

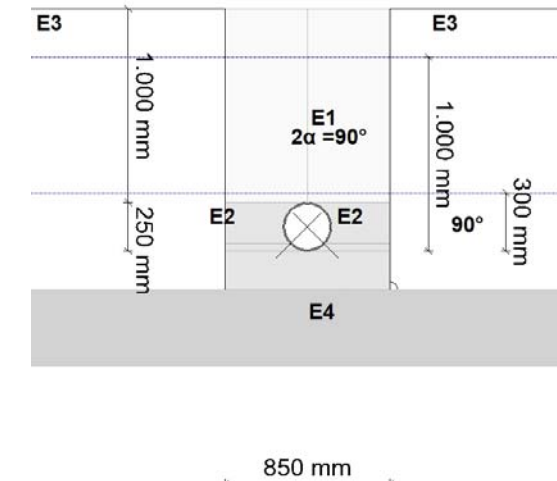
Zanja  
b 0,85 m  
β 90 °  
A1  
B1  
suelto  
90°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)  
DN 250 (9,6 mm)

Carga de tráfico: HGV 12 (carretera)



### 1.2. Resultados:

#### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

##### 1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,738	9,738	9,738	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,738	9,738	9,738	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción: erf γ<sub>RBZ</sub> 2,50 [-]  
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf γ<sub>RBD</sub> 2,50 [-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

##### 1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,216	10,216	10,216	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,216	10,216	10,216	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción: erf γ<sub>RBZ</sub> 2,50 [-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf  $\gamma_{RBD}$  2,50 [-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,70 %  
Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,59 %  
Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)

Coefficiente de seguridad de estabilidad:  $\gamma$  9,51 [-]  
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad: erf  $\gamma_{stab}$  2,00 [-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



## INFORME ABREVIADO

### Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto: CANAL DE LAS AVES  
Fecha: 08/07/2010

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.

## Contenido

<b>1. : TUBO PE 315</b>	<b>3</b>
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)	4
1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)	4
1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)	5
1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)	5
1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)	5

## 1. : TUBO PE 315

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

TUBO PE 315  
Según tabla  
Si

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127 no (ATV A 127)  
No

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Densidad Proctor E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E1</sub> 100,0 %  
G1  
tabla 8 (A127)  
G2  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>W,max</sub> 1,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,30 m  
P<sub>I,K</sub> 1,5 bar  
P<sub>I,L</sub> 1,5 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
HGV 12 (carretera)

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

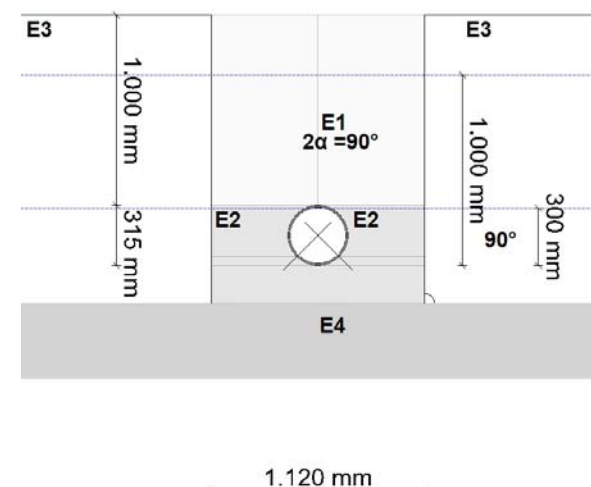
Zanja  
b 1,12 m  
β 90 °  
A1  
B1  
suelto  
90°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)  
DN 315 (12,1 mm)

Carga de tráfico: HGV 12 (carretera)



### 1.2. Resultados:

#### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

##### 1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,709	9,709	9,709	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,709	9,709	9,709	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción: erf γ<sub>RBZ</sub> 2,50 [-]  
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf γ<sub>RBD</sub> 2,50 [-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

##### 1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,173	10,173	10,173	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,173	10,173	10,173	[-]

(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción: erf γ<sub>RBZ</sub> 2,50 [-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf  $\gamma_{RBD}$  2,50 [-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,68 %  
Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,58 %  
Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)

Coefficiente de seguridad de estabilidad:  $\gamma$  9,57 [-]  
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad: erf  $\gamma_{stab}$  2,00 [-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.





## INFORME ABREVIADO

### Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto: CANAL DE LAS AVES  
Fecha: 08/07/2010

Este programa es una herramienta gratuita, que puede ser utilizada por personas con conocimientos técnicos en el cálculo estático de tuberías. El programa no puede reemplazar al ingeniero responsable.

## Contenido

<b>1. : TUBO PE 400</b>	<b>3</b>
1.1. Entrada de datos:	3
1.1.1. Opciones de seguridad	3
1.1.2. Suelo	3
1.1.3. Carga	3
1.1.4. Instalación	3
1.1.5. Tubo de la base de datos	3
1.2. Resultados:	4
1.2.1. Caso de carga a largo plazo	4
1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)	4
1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)	4
1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)	5
1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)	5
1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)	5

## 1. : TUBO PE 400

Descripción del tramo:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

TUBO PE 400  
Según tabla  
Si

### 1.1. Entrada de datos:

#### 1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:  
Deflexión admisible:  
Tratamiento de la presión interna:  
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:  
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:

A (caso normal)  
6% (habitual)  
De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127 no (ATV A 127)  
Si

#### 1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:  
Cálculo E1:  
Densidad Proctor E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Densidad Proctor E3:  
E4 = 10 · E1:

G3  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E1</sub> 100,0 %  
G1  
tabla 8 (A127)  
G2  
Densidad Proctor  
D<sub>Pr,E3</sub> 95,0 %  
Si

#### 1.1.3. Carga

Altura de recubrimiento:  
Densidad del suelo:  
Carga superficial adicional:  
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:  
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:  
Presión interna, corto plazo:  
Presión interna, largo plazo:  
Sección llena:  
Densidad del fluido:  
Carga de tráfico:

h 1,00 m  
γ 20,0 kN/m<sup>3</sup>  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m<sup>2</sup>  
h<sub>W,max</sub> 1,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,30 m  
P<sub>I,K</sub> 1,5 bar  
P<sub>I,L</sub> 1,5 bar  
Si  
γ<sub>F</sub> 10,0 kN/m<sup>3</sup>  
HGV 12 (carretera)

#### 1.1.4. Instalación

Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

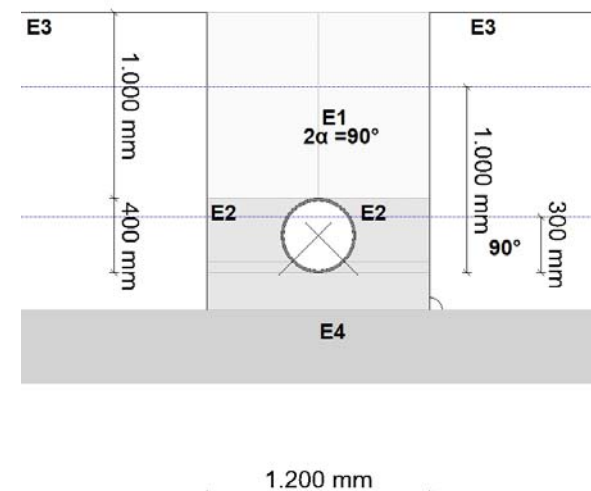
Zanja  
b 1,20 m  
β 90 °  
A1  
B1  
suelto  
90°  
a 1,00 [-]

#### 1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 100  
PN = 6,0 bar (SDR = 26,0)  
DN 400 (15,3 mm)

Carga de tráfico: HGV 12 (carretera)



### 1.2. Resultados:

#### 1.2.1. Caso de carga a largo plazo

##### 1.2.1.1. prueba de tensión (con nivel freático mínimo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,664	9,664	9,664	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	9,664	9,664	9,664	[-]
(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)					
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:		erf γ <sub>RBZ</sub>		2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:		erf γ <sub>RBD</sub>		2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

##### 1.2.1.2. prueba de tensión (con nivel freático máximo)

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,067	10,067	10,067	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,067	10,067	10,067	[-]
(Los coeficientes de seguridad para la tensión de compresión por flexión están marcados con un signo menos)					
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:		erf γ <sub>RBZ</sub>		2,50	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión: erf  $\gamma_{RBD}$  2,50 [-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.1.3. Prueba de deformación (con nivel freático mínimo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,77 %  
Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.4. Prueba de deformación (con nivel freático máximo)

Deformación vertical relativa:  $\delta_v$  0,67 %  
Deflexión admisible: zul  $\delta_v$  6,00 %

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.5. Prueba de estabilidad (lineal): (con nivel freático máximo)

Coefficiente de seguridad de estabilidad:  $\gamma$  8,94 [-]  
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad: erf  $\gamma_{stab}$  2,00 [-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## APÉNDICE N° 4: CÁLCULO DE ANCLAJES

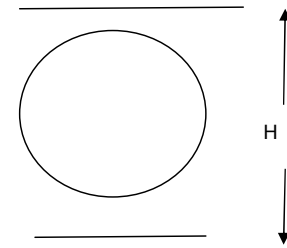
# CÁLCULO MACIZOS DE ANCLAJE SEGÚN MANUAL DEL CEDEX

considerar la sobrepresión en la pruMDP

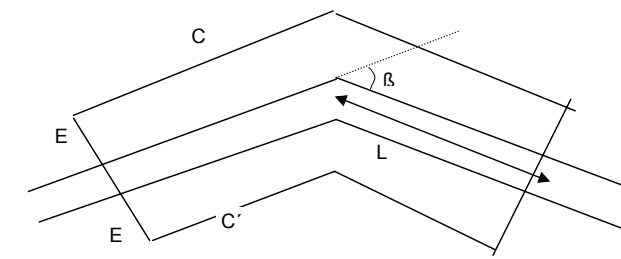
P (N/mm2) (Presión interior de la tubería)  
 A (m2) (Área interior de la tubería)  
 $\beta$  (Ángulo interior alineación tuberías)  
 $\mu$  (coeficiente de rozamiento entre la tubería y el terreno)  
 Eb (kN) Empuje  
 $Eb=2 \cdot P \cdot A \cdot \sin(\beta/2) \cdot 1000$

V (m3) (Volúmen hormigón)  
 $V=100 \cdot Eb / \gamma$

comprobación adicional por fricción  
 $Eb \leq$  Erozamiento  
 $Eb \leq \mu \cdot L \cdot (Wp + Ww + 2We + Wc)$   
 L Longitud a cada lado del codo  
 Wp (t/m) peso de la tubería  
 Ww (t/m) peso del agua situada en el interior de la tubería  
 We (t/m) peso del terreno situado sobre el tubo  
 Wc (t/m) peso del macizo de hormigón



Armado:  
 Cuanía geométrica mínima de 10 Kg/m³



GEOMETRIA ANCLAJE															comprobación adicional por fricción						
P	1,125	Kg/cm2																			
$\beta$	22,5																				
$\gamma$	2,3																				
$\mu$	0,4																				
$\varnothing$ (mm)	A (m2)	Eb (kN)	V (m3)	L	C	E	SOLERA	SOBRE TUBO	H	C'	VOL PRISMA	VOLUMEN TUBO	VOL HOR	ERROR	-5% + 10%	Wp (t/m)	Ww (t/m)	We (t/m)	Wc (t/m)	EROZAMIENTO(t)	Cs
160	0,020106	0,000883	0,04	0,25	0,29	0,10	0,10	0,00	0,26	0,21	0,05	0,01	0,04	0,00	8,86	0,03	0,01	0,60	0,19	0,14	1,62
200	0,031416	0,001379	0,06	0,30	0,34	0,10	0,10	0,00	0,30	0,26	0,07	0,01	0,06	0,00	4,37	1,03	0,01	0,68	0,24	0,32	2,30
250	0,049088	0,002155	0,09	0,36	0,40	0,10	0,10	0,00	0,35	0,32	0,11	0,02	0,10	0,00	2,18	2,03	0,02	0,79	0,31	0,57	2,63
315	0,077931	0,003421	0,15	0,45	0,50	0,10	0,10	0,00	0,42	0,40	0,19	0,04	0,16	0,01	5,75	3,03	0,04	0,94	0,40	0,96	2,81
400	0,125664	0,005516	0,24	0,55	0,61	0,10	0,10	0,00	0,50	0,49	0,33	0,07	0,26	0,02	8,78	0,03	0,07	1,14	0,55	0,64	1,16
500	0,196350	0,008619	0,37	0,60	0,67	0,10	0,10	0,00	0,60	0,53	0,50	0,12	0,39	0,01	3,06	0,03	0,12	1,40	0,74	0,88	1,02
600	0,282744	0,012411	0,54	0,70	0,78	0,10	0,10	0,00	0,70	0,62	0,78	0,20	0,59	0,05	8,61	0,04	0,20	1,67	0,96	1,27	1,02
700	0,384846	0,016893	0,73	0,70	0,80	0,15	0,10	0,00	0,80	0,60	1,12	0,27	0,85	0,12	15,81	0,05	0,27	2,19	1,40	1,70	1,01
800	0,502656	0,022064	0,96	0,80	0,91	0,15	0,15	0,00	0,95	0,69	1,67	0,40	1,27	0,31	32,37	0,06	0,40	2,51	1,83	2,34	1,06
900	0,636174	0,027925	1,21	0,85	0,97	0,15	0,15	0,00	1,05	0,73	2,14	0,54	1,60	0,39	31,88	0,08	0,54	2,85	2,17	2,88	1,03
1000	0,785400	0,034475	1,50	0,90	1,03	0,15	0,15	0,00	1,15	0,77	2,69	0,71	1,98	0,49	32,37	0,10	0,71	3,21	2,54	3,52	1,02

GEOMETRIA ANCLAJE															comprobación adicional por fricción						
P	1,125	Kg/cm2																			
$\beta$	30																				
$\gamma$	2,3																				
$\mu$	0,4																				
$\varnothing$ (mm)	A (m2)	Eb (kN)	V (m3)	L	C	E	SOLERA	SOBRE TUBO	H	C'	VOL PRISMA	VOLUMEN TUBO	VOL HOR	ERROR	-5% + 10%	Wp (t/m)	Ww (t/m)	We (t/m)	Wc (t/m)	EROZAMIENTO(t)	Cs
160	0,020106	0,001171	0,05	0,35	0,40	0,10	0,10	0,00	0,26	0,30	0,07	0,01	0,06	0,01	14,88	0,03	0,01	0,60	0,19	0,20	1,71
200	0,031416	0,001829	0,08	0,40	0,45	0,10	0,10	0,00	0,30	0,35	0,10	0,01	0,08	0,00	4,89	0,03	0,01	0,68	0,24	0,26	1,44
250	0,049088	0,002859	0,12	0,50	0,56	0,10	0,10	0,00	0,35	0,44	0,16	0,02	0,13	0,01	6,98	0,03	0,02	0,79	0,31	0,39	1,36
315	0,077931	0,004538	0,20	0,60	0,67	0,10	0,10	0,00	0,42	0,53	0,26	0,05	0,21	0,01	6,28	0,03	0,05	0,94	0,40	0,56	1,24
400	0,125664	0,007318	0,32	0,70	0,78	0,10	0,10	0,00	0,50	0,62	0,42	0,09	0,33	0,01	4,36	0,03	0,09	1,14	0,55	0,82	1,12
500	0,196350	0,011434	0,50	0,80	0,89	0,10	0,10	0,00	0,60	0,71	0,67	0,16	0,51	0,02	3,58	0,03	0,16	1,40	0,74	1,19	1,04
600	0,282744	0,016465	0,72	0,80	0,92	0,15	0,10	0,00	0,70	0,68	1,01	0,23	0,78	0,07	9,21	0,04	0,23	1,88	1,12	1,65	1,00
700	0,384846	0,022411	0,97	0,90	1,03	0,15	0,10	0,00	0,80	0,77	1,44	0,35	1,09	0,12	12,24	0,05	0,35	2,19	1,40	2,22	0,99
800	0,502656	0,029272	1,27	1,00	1,15	0,15	0,15	0,00	0,95	0,85	2,09	0,50	1,59	0,31	24,72	0,06	0,50	2,51	1,83	2,96	1,01
900	0,636174	0,037047	1,61	1,00	1,17	0,20	0,15	0,00	1,05	0,83	2,73	0,64	2,09	0,48	29,99	0,08	0,64	3,09	2,41	3,72	1,00
1000	0,785400	0,045737	1,99	1,10	1,29	0,20	0,15	0,00	1,15	0,91	3,54	0,86	2,68	0,69	34,67	0,10	0,86	3,46	2,80	4,70	1,03

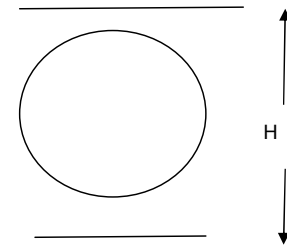
GEOMETRIA ANCLAJE															comprobación adicional por fricción						
P	1,125	Kg/cm2																			
$\beta$	45																				
$\gamma$	2,3																				
$\mu$	0,4																				
$\varnothing$ (mm)	A (m2)	Eb (kN)	V (m3)	L	C	E	SOLERA	SOBRE TUBO	H	C'	VOL PRISMA	VOLUMEN TUBO	VOL HOR	ERROR	-5% + 10%	Wp (t/m)	Ww (t/m)	We (t/m)	Wc (t/m)	EROZAMIENTO(t)	Cs
160	0,020106	0,001731	0,08	0,50	0,57	0,10	0,10	0,00	0,26	0,43	0,09	0,01	0,08	0,01	11,00	0,03	0,01	0,51	0,19	0,25	1,43
200	0,031416	0,002705	0,12	0,60	0,68	0,10	0,10	0,00	0,30	0,52	0,14	0,02	0,13	0,01	6,41	0,03	0,02	0,58	0,24	0,34	1,27
250	0,049088	0,004227	0,18	0,70	0,79	0,10	0,10	0,00	0,35	0,61	0,22	0,03	0,19	0,00	1,29	0,03	0,03	0,67	0,31	0,48	1,12
315	0,077931	0,006710	0,29	0,90	1,01	0,10	0,10	0,00	0,42	0,79	0,38	0,07	0,31	0,02	7,82	0,03	0,07	0,79	0,40	0,75	1,11
400	0,125664	0,010820	0,47	1,10	1,22	0,10	0,10	0,00	0,50	0,98	0,66	0,14	0,52	0,05	10,91	0,03	0,14	0,96	0,55	1,16	1,07
500	0,196350	0,016907	0,74	1,25	1,39	0,10	0,10	0,00	0,60	1,11	1,05	0,25	0,80	0,07	9,45	0,04	0,25	1,18	0,74	1,69	1,00
600	0,282744	0,024345	1,06	1,30	1,49	0,15	0,10	0,00	0,70	1,11	1,64	0,37	1,27	0,21	20,02	0,05	0,37	1,58	1,12	2,45	1,01
700	0,384846	0,033137	1,44	1,50	1,71	0,15	0,10	0,00	0,80	1,29	2,40	0,58	1,82	0,38	26,51	0,06	0,58	1,84	1,40	3,43	1,04
800	0,502656	0,043281	1,88	1,60	1,83	0,15	0,10	0,00	0,90	1,37	3,17	0,80	2,36	0,48	25,61	0,08	0,80	2,11	1,70	4,36	1,01
900	0,636174	0,054777	2,38	1,70	1,97	0,20	0,15	0,00	1,05	1,43	4,64	1,08	3,56	1,18	49,46	0,10	1,08	2,60	2,41	5,98	1,09
1000	0,785400	0,067626	2,94	1,60	1,89	0,20	0,20	0,00	1,20	1,31	5,38	1,26	4,12	1,18	40,10	1,10	1,26	2,91	2,96	7,13	1,05

# CÁLCULO MACIZOS DE ANCLAJE SEGÚN MANUAL DEL CEDEX

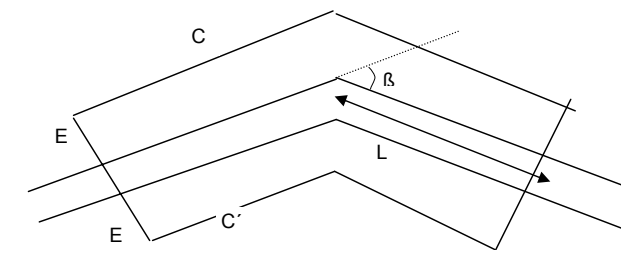
considerar la sobrepresión en la pruMDP

P (N/mm<sup>2</sup>) (Presión interior de la tubería)  
 A (m<sup>2</sup>) (Área interior de la tubería)  
 β (Ángulo interior alineación tuberías)  
 μ (coeficiente de rozamiento entre la tubería y el terreno)  
 Eb (kN) Empuje  
 V (m<sup>3</sup>) (Volumen hormigón)  
 ρ (T/m<sup>3</sup>) (Densidad hormigón)  
 Eb=2\*P\*A\*sen(β/2)\*1000  
 V=100\*Eb/ρ

comprobación adicional por fricción  
 $E_b \leq$  Erozamiento  
 $E_b \leq \mu L (W_p + W_w + 2W_e + W_c)$   
 L Longitud a cada lado del codo  
 Wp (t/m) peso de la tubería  
 Ww (t/m) peso del agua situada en el interior de la tubería  
 We (t/m) peso del terreno situado sobre el tubo  
 Wc (t/m) peso del macizo de hormigón



Armado:  
 Cuantería geométrica mínima de 10 Kg/m<sup>3</sup>



P		1,125 Kg/cm <sup>2</sup>		GEOMETRIA ANCLAJE																	comprobación adicional por fricción					
β		60																								
μ		2,3																								
μ		0,4																								
Ø (mm)	A (m <sup>2</sup> )	Eb (kN)	V (m <sup>3</sup> )	L	C	E	SOLERA	SOBRE TUBO	H	C'	VOL PRISMA	VOLUMEN TUBO	VOL HOR	ERROR	-5% + 10%	Wp (t/m)	Ww (t/m)	We (t/m)	Wc (t/m)	E <sub>ROZAMIENTO</sub> (t)	Cs					
160	0,020106	0,002262	0,10	0,60	0,70	0,10	0,10	0,00	0,26	0,50	0,11	0,01	0,10	0,00	1,94	0,03	0,01	0,57	0,19	0,33	1,45					
200	0,031416	0,003534	0,15	0,80	0,92	0,10	0,10	0,00	0,30	0,68	0,19	0,03	0,17	0,01	8,59	0,03	0,03	0,65	0,24	0,51	1,44					
250	0,049088	0,005522	0,24	0,95	1,08	0,10	0,10	0,00	0,35	0,82	0,30	0,05	0,25	0,01	5,21	0,03	0,05	0,75	0,31	0,71	1,29					
315	0,077931	0,008767	0,38	1,10	1,25	0,10	0,10	0,00	0,42	0,95	0,47	0,09	0,38	0,00	0,86	0,03	0,09	0,89	0,40	1,01	1,15					
400	0,125664	0,014137	0,61	1,30	1,47	0,10	0,10	0,00	0,50	1,13	0,78	0,16	0,62	0,00	0,32	0,03	0,16	1,08	0,55	1,51	1,06					
500	0,196350	0,022089	0,96	1,35	1,58	0,15	0,10	0,00	0,60	1,12	1,30	0,27	1,03	0,07	7,34	0,04	0,27	1,51	0,88	2,27	1,03					
600	0,282744	0,031809	1,38	1,40	1,69	0,20	0,10	0,00	0,70	1,11	1,96	0,40	1,56	0,18	13,10	0,05	0,40	1,98	1,28	3,19	1,00					
700	0,384846	0,043295	1,88	1,60	1,92	0,20	0,10	0,00	0,80	1,28	2,82	0,62	2,20	0,32	16,88	0,06	0,62	2,28	1,58	4,36	1,01					
800	0,502656	0,056549	2,46	1,60	2,00	0,30	0,15	0,00	0,95	1,20	4,26	0,80	3,45	0,99	40,39	0,08	0,80	3,02	2,48	6,02	1,07					
900	0,636174	0,071570	3,11	1,60	2,06	0,35	0,15	0,00	1,05	1,14	5,38	1,02	4,36	1,25	40,05	0,10	1,02	3,60	3,13	7,33	1,02					
1000	0,785400	0,088358	3,84	1,60	2,09	0,35	0,20	0,10	1,30	1,11	7,07	1,26	5,82	1,97	51,38	1,10	1,26	3,67	4,18	8,88	1,01					

P		1,125 Kg/cm <sup>2</sup>		GEOMETRIA ANCLAJE																	comprobación adicional por fricción					
β		90																								
μ		2,3																								
μ		0,4																								
Ø (mm)	A (m <sup>2</sup> )	Eb (kN)	V (m <sup>3</sup> )	L	C	E	SOLERA	SOBRE TUBO	H	C'	VOL PRISMA	VOLUMEN TUBO	VOL HOR	ERROR	-5% + 10%	Wp (t/m)	Ww (t/m)	We (t/m)	Wc (t/m)	E <sub>ROZAMIENTO</sub> (t)	Cs					
160	0,020106	0,003199	0,14	0,60	0,88	0,20	0,10	0,00	0,26	0,32	0,17	0,01	0,16	0,02	16,95	0,03	0,01	0,94	0,31	0,53	1,67					
200	0,031416	0,004998	0,22	0,70	1,00	0,20	0,10	0,00	0,30	0,40	0,25	0,02	0,23	0,01	5,84	0,03	0,02	1,03	0,38	0,69	1,39					
250	0,049088	0,007810	0,34	0,90	1,23	0,20	0,10	0,00	0,35	0,57	0,41	0,04	0,37	0,03	7,59	0,03	0,04	1,14	0,47	1,02	1,30					
315	0,077931	0,012399	0,54	1,10	1,46	0,20	0,10	0,00	0,42	0,74	0,65	0,09	0,57	0,03	5,19	0,03	0,09	1,30	0,59	1,45	1,17					
400	0,125664	0,019993	0,87	1,40	1,80	0,20	0,10	0,00	0,50	1,00	1,12	0,18	0,94	0,07	8,61	0,03	0,18	1,52	0,78	2,25	1,13					
500	0,196350	0,031239	1,36	1,45	1,95	0,25	0,10	0,00	0,60	0,95	1,74	0,28	1,46	0,10	7,15	0,03	0,28	2,00	1,15	3,16	1,01					
600	0,282744	0,044984	1,96	1,60	2,20	0,30	0,10	0,00	0,70	1,00	2,69	0,45	2,24	0,28	14,30	0,03	0,45	2,51	1,61	4,54	1,01					
700	0,384846	0,061229	2,66	1,70	2,40	0,35	0,15	0,00	0,85	1,00	4,05	0,65	3,39	0,73	27,41	0,03	0,65	3,06	2,29	6,18	1,01					
800	0,502656	0,079972	3,48	1,75	2,55	0,40	0,15	0,00	0,95	0,95	5,32	0,88	4,44	0,96	27,70	0,03	0,88	3,65	2,92	7,78	0,97					
900	0,636174	0,101215	4,40	1,75	2,70	0,50	0,15	0,10	1,15	0,80	7,65	1,11	6,53	2,13	48,48	0,03	1,11	4,15	4,29	9,62	0,95					
1000	0,785400	0,124957	5,43	1,75	2,85	0,60	0,15	0,10	1,25	0,65	9,63	1,37	8,25	2,82	51,86	0,03	1,37	5,02	5,42	11,80	0,94					