

## **ANEJO Nº 10**

### **Cálculos Mecánicos**

## ÍNDICE:

<b>1</b>	<b>OBJETO DEL CÁLCULO MECÁNICO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>CÁLCULO MECÁNICO DEL COLECTOR DE PVC-U</b>	<b>2</b>
2.1	METODOLOGÍA DE CÁLCULO MECÁNICO DE LOS COLECTORES DE PVC.	2
2.1.1	Tipo de instalación de tuberías	2
2.1.2	Tipos de apoyo	2
2.1.3	Tipos de suelo	2
2.1.4	Cargas sobre la tubería	3
2.1.5	Cálculo deformación relativa	4
2.1.6	Calculo de esfuerzos tangenciales máximos en el tubo	4
2.1.7	Comprobaciones de la idoneidad del tubo	4
2.1.8	Comprobación de esfuerzo tangencial	5
2.1.9	Comprobación de la estabilidad dimensional (coeficiente de seguridad al aplastamiento)	5
2.1.10	Resultados del cálculo mecánico	6
<b>3</b>	<b>CÁLCULO MECÁNICO DE LOS TUBOS DE HINCA</b>	<b>7</b>
3.1	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	7
3.1.1	Cargas de relleno para tubos hincados	7
3.1.2	Carga de tráfico	8
3.1.3	Compresión longitudinal	9
3.1.4	Determinación del factor de apoyo	9
3.1.5	Determinación de la clase de tubo	9
3.1.6	Compresión longitudinal	10
3.2	CONSIDERACIONES GENERALES EN LOS TUBOS DE HORMIGÓN PARA HINCAS	11
3.3	RESULTADOS DE CÁLCULO	13

## APÉNDICES

### APÉNDICE 10.1.- FICHAS CÁLCULO TUBERÍAS PVC-U

### APÉNDICE 10.2.- RESULTADO CÁLCULO MECÁNICOS HINCAS

## 1 OBJETO DEL CÁLCULO MECÁNICO

El objeto del presente Anejo es el cálculo estático-resistente de los colectores definidos en el proyecto y de sus elementos asociados, tal como se indica a continuación:

- Cálculo estático-resistente del colector de Policloruro de vinilo PVC. Dentro del ámbito del proyecto existen dos diámetro tubería DN1.200 mm que abarca la parte más importante del trazado y DN800 mm que se corresponde con un pequeño tramo del colector C-3.
- Hincas: cálculo de tubos de hormigón armado de DN1.800 mm utilizados como vaina protectora de la tubería de acero.

Se utilizarán los siguientes tubos:

Colector	Material	DN
C3	PVC-U	800 mm
B4	PVC-U	1200 mm
B5	PVC-U	1200 mm

## 2 CÁLCULO MECÁNICO DEL COLECTOR DE PVC-U

### 2.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO MECÁNICO DE LOS COLECTORES DE PVC.

El cálculo mecánico de las tuberías de PVC para redes de saneamiento se ha realizado mediante la aplicación de la Norma UNE 53331-1997-Informe: "Criterios para la comprobación de los tubos de UPVC y HDPE a utilizar en conducciones sin presión, sometidas a cargas externas".

Las tuberías de PVC por su composición se consideran como flexibles, por lo que se admiten deformaciones mayores a las de los tubos rígidos. Sin embargo por razones de seguridad estas deformaciones están limitadas y no deben sobrepasar el 5% a los 50 años.

La metodología que sigue el informe 53331 sigue el conocido como método ATV que se basa en la comprobación de la deformación producida por las acciones actuantes una vez definidas la tubería a comprobar y el apoyo de dicha tubería sobre el terreno. Esta deformación debe ser menor al 5%.

En este caso, se determinan las tensiones máximas a las que está sometido el material comprobándose que superan los criterios de seguridad establecidos al respecto. En caso contrario, se modifican las características del tubo o se cambia el tipo de instalación, iniciándose de nuevo el proceso de cálculo.

#### 2.1.1 Tipo de instalación de tuberías

La norma UNE 53331 considera tres tipos de instalación de la tubería con procesos de cálculo distintos dependiendo de la instalación:

- **Tipo 1:** Instalación en zanja o bajo terraplén.
- **Tipo 2:** Instalación en zanja terraplenada.
- **Tipo 3:** Instalación de dos conducciones en la misma zanja.

En el caso del colector de Collado Villalba nos encontraríamos con instalación en zanja o baja terraplén es decir, **TIPO 1** en todos los tramos.

#### 2.1.2 Tipos de apoyo

De acuerdo a la norma se establecen dos tipos de apoyo de la tubería sobre el terreno:

- **Apoyo tipo A:** cama continua de material granular compactado. Se establece una compactación de la cama uniforme.
- **Apoyo tipo B:** el tubo se apoya directamente sobre el fondo de la zanja o sobre el suelo natural si se trata de una instalación bajo terraplén. Se permite este tipo de apoyo solamente en suelos arenosos carentes de piedras y terrones.

En nuestro caso será un apoyo **tipo A**, con un ángulo de apoyo de 90°.

#### 2.1.3 Tipos de suelo

Se consideran cuatro tipos de suelos según la norma, se indican a continuación las descripciones de cada tipo de suelo:

- Grupo 1: No cohesivos. Gravas y arenas sueltas. Porcentaje de finos < 0.06 mm inferior al 5%.
- Grupo 2: Poco cohesivos. Gravas y arenas poco arcillosas. Porcentaje de finos < 0.06 mm entre 5% y 15%.
- Grupo 3: Medianamente cohesivos. Gravas y arenas arcillosas. Porcentaje de finos < 0.06 mm entre el 15% y 40%.
- Grupo 4: Cohesivos. Arcillas, limos y suelos con mezcla de componentes orgánicos.

Según el estudio geotécnico realizado a lo largo de la traza nos encontramos tres tipos de suelo.

Nivel I Suelo de alteración edáfica, rellenos y suelos removilizados

Nivel II Depósitos aluviales

Nivel III y IV Jabre y granito altamente fracturado.

Todos ellos con porcentajes de finos inferiores al 5% por lo que se considera el suelo **grupo 3** medianamente cohesivos, tomando el caso más desfavorable de los tres niveles existentes.

#### 2.1.4 Cargas sobre la tubería

La Norma UNE 53331-IN establece el cálculo de la presión vertical de tierras y de la presión lateral sobre una tubería en función del tipo de instalación de la misma, además de indicar la metodología de cálculo de las posibles cargas actuantes sobre el tubo, como por ejemplo las cargas de tráfico.

Para el cálculo de las acciones que ejerce el terreno sobre la tubería se utiliza el método de la Asociación Alemana de Saneamiento ATV 127:2000. Este método se puede utilizar en tubería fabricadas con cualquier tipo de material y se fundamente en obtener los momentos en la pared del tubo considerando la deformabilidad del mismo y del terreno, expuesto tanto a cargas verticales como a empujes horizontales del terreno.

Para el cálculo de la carga vertical del relleno, se emplea la siguiente fórmula:

$$q_v = m * C_z * \gamma_r * H$$

Dónde:

- $q_v$  = presión vertical sobre el tubo debido a la carga de tierras, expresada en kN/m<sup>2</sup>.
- $m$  = factor de concentración de la presión vertical. Tiene en cuenta el hecho de que la carga vertical sobre el tubo debe ser mayor o menor que la soportada por la tierras situadas a su alrededor. Ello se debe a las distintas deformaciones de la tubería o de las tierras de relleno.
- $C_z$  = coefeciente reductor de la carga.
- $\gamma_r$  = densidad del relleno, en kN/m<sup>3</sup>.

En el caso de instalación en zanja los empujes laterales del terreno se calculan empleando la fórmula:

$$q_h = n * K_2 * C_z * \gamma_r * H$$

Dónde:

- $q_h$  = presión lateral de las tierras, expresa en kN/m2.
- $n$  = *factor de concentración lateral de las teirras.*
- $K_2$  = coeficiente de empuje lateral.

### 2.1.5 Cálculo deformación relativa

Se define como deformación relativa al valor obtenido mediante la aplicación de la expresión:

$$\partial_v = \Delta D_v * \frac{100}{2 * r_m}$$

Dónde  $\Delta D_v$  representa la deformación vertical del diámetro del tubo y  $r_m$  el radio medio de la tubería.

El valor calculado de la deformación ha de ser menor o igual al 5% para que el tubo sea admitido como válido.

### 2.1.6 Calculo de esfuerzos tangenciales máximos en el tubo

Conocidas las cargas actuantes sobre el tubo, se procede a determinar las tensiones máximas en la tubería mediante el cálculo del siguiente parámetro:

- Momentos flectores circunferenciales: debidos a la carga vertical, a la reacción horizontal, al peso propio del tubo y al peso del agua considerando sección llena.
- Fuerzas axiales: debidas a la carga vertical, a la carga horizontal, a la reacción horizontal, al peso propio del tubo y al peso del agua del tubo considerando la sección llena.

Teniendo en cuenta estas dos componentes se calculan los esfuerzos tangenciales máximos:

$$\sigma = \frac{N}{S} \pm \frac{M * 100}{W} * \alpha_k * 10$$

Siendo:

- $M$  = suma de momentos por unidad de longitud.
- $N$  = suma de fuerzas axiles por unidad de longitud.
- $S$  = área de la sección longitudinal de la pared del tubo por unidad de longitud, expresada en cm2/cm.
- $W$  = momento resistente de la sección.
- $\alpha_k$  = factor de corrección por curvatura.

### 2.1.7 Comprobaciones de la idoneidad del tubo

Calculados los esfuerzos tangenciales máximos en el tubo, se comprueba la validez de la tubería elegida mediante las comprobaciones que se indican a continuación. Estas

comprobaciones se realizan teniendo en cuenta dos posibles situaciones en función del grado de seguridad exigido:

- CLASE DE SEGURIDAD A (Caso Normal): Se considera amenaza de capa freática, reducción de servicio y fallo con consecuencias notables.
- CLASE DE SEGURIDAD B (Caso Especial): Se considera que no existe amenaza de capa freática, reducción débil de servicio y fallo con consecuencias económicas poco importantes.

### 2.1.8 Comprobación de esfuerzo tangencial

La comprobación consiste en comparar el valor del esfuerzo tangencial de diseño a flexotracción ( $\sigma_r$ ), a corto y a largo plazo, con los esfuerzos tangenciales en clave, riñones y base de la tubería elegida. Los valores establecidos en la norma UNE 53331-IN para el esfuerzo tangencial de diseño a flexotracción son:

VALORES DEL ESFUERZO TANGENCIAL DE DISEÑO A FLEXOTRACCIÓN $\sigma_R$		
MATERIAL DEL TUBO	A CORTO PLAZO N/mm <sup>2</sup>	A LARGO PLAZO N/mm <sup>2</sup>
PVC	90	50
Según UNE 53.331-IN		

El coeficiente de seguridad a rotura se define como el cociente entre la tensión máxima y la tensión de diseño. Este valor ha de ser mayor a los indicados en la siguiente tabla para las dos hipótesis y tanto a corto plazo como a largo.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD A ROTURA $\theta$		
MATERIAL DEL TUBO	CLASE DE SEGURIDAD A (NORMAL)	CLASE DE SEGURIDAD B (EXCEPCIÓN)
PVC	2,5	2,0

### 2.1.9 Comprobación de la estabilidad dimensional (coeficiente de seguridad al aplastamiento)

Consiste en el cálculo del valor de los coeficientes de seguridad al aplastamiento  $\eta$ , a corto y medio plazo. Estos coeficientes se obtienen considerando las presiones del terreno y de la presión exterior del agua así como la acción simultánea de la presión del terreno y del agua externa. El valor de estos coeficientes debe ser superior a los de los que recoge la siguiente tabla en función de la clase de seguridad considerada.

---

**COEFICIENTES DE SEGURIDAD A ROTURA  $\theta$** 

---

MATERIAL DEL TUBO	CLASE DE SEGURIDAD A (NORMAL)	CLASE DE SEGURIDAD B (EXCEPCIÓN)
PVC	2,5	2,0

**2.1.10 Resultados del cálculo mecánico**

Para realizar el cálculo de los colectores de PVC-U se ha utilizado el software Cálculo AseTUB. Este programa se basa en el cálculo mecánico expresado en la Norma UNE 53.331-Informe, calculando entre otras variables:

- Las acciones sobre el tubo: presión vertical, presión lateral de las tierras y resto de posible cargas actuantes: tráfico, pavimentación, etc...
- La deformación relativa, comprobando que su valor sea inferior al 5%.
- Los momentos flectores circunferenciales.
- Las fuerzas axiales.
- Los esfuerzos tangenciales máximos.

Con los valores obtenidos de estas variables, el programa calcula el coeficiente de seguridad a rotura (comprobación del esfuerzo tangencial) y el coeficiente de seguridad al aplastamiento (comprobación de estabilidad), verificándose que cumplan con los valores indicados en la Normativa.

En el **apéndice 10.1** se adjuntan las fichas de salida del programa AseTUB versión 2.1.



### 3 CÁLCULO MECÁNICO DE LOS TUBOS DE HINCA

El dimensionamiento mecánico de las conducciones hincadas se realizará conforme a lo especificado en el Anexo B de la norma UNE-EN 1.916:2003 y el Anexo M de la norma UNE 127.916:2004.

#### 3.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

##### 3.1.1 Cargas de relleno para tubos hincados

Los factores que influyen en la carga vertical que se aplica sobre el tubo son:

- El peso del prisma de tierras sobre la perforación.
- La fuerza de rozamiento entre el prisma de tierra situado sobre la perforación y los prismas adyacentes.
- La cohesión del terreno.

En función de todo ello la carga de tierras es igual al peso de la tierra sobre la perforación menos las fuerzas de rozamiento entre el prisma superior y los prismas adyacentes a la perforación y por la cohesión del terreno situado sobre la perforación.

$$W_r = C_z \cdot \gamma_r \cdot D_e^2 - 2 \cdot c_0 \cdot C_z \cdot D_e$$

donde:

- $W_r$  = Carga de tierra en condiciones de hincado o perforado (kN/m)
- $C_z$  = Coeficiente de Marston o de carga
- $\gamma_r$  = Densidad del terreno (kN/m³)
- $D_e$  = Diámetro exterior del tubo (m)
- $c_0$  = Cohesión del terreno (kN/m²)

Los valores de la cohesión, según el tipo de suelo, son los siguientes:

Tipo de suelo	Valores de $c_0$ (kN/m²)
Arcilla: Blanda	2,0
Media	12,2
Dura	48,8
Arena: Desecada	0,0
Cenagosa	4,8
Compacta	14,6

Por ser el valor de la cohesión un valor incierto y depender de la humedad, se considera en el cálculo el valor  $c_0 = 2 \text{ kN/m}^2$ .

El valor del coeficiente de Marston se obtiene de:

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

En donde los parámetros de la ecuación son los siguientes:

Tipo de relleno	$\lambda\mu'$	$\gamma_r$ (kN/m³)
Arcilla plástica	0,110	21,0
Arcilla ordinaria	0,130	19,2
Arena arcillosa	0,150	19,2
Arenas y gravas	0,165	17,6
Material granular sin cohesión	0,190	19,0

Se considera en el cálculo como valores de terreno tipo los de la arcilla plástica ( $\gamma_r = 21$  kN/m³ y  $\lambda\mu' = 0,110$ ), ya que estos valores están claramente del lado de la seguridad.

### 3.1.2 Carga de tráfico

Para el cálculo de las cargas debidas al tráfico se ha utilizado la formulación que se recoge en las Normas para Redes de Saneamiento de Canal de Isabel II versión 2006. En el caso de triple eje de 60 t, se añade a la carga  $W_t$  calculada, una sobrecarga de uso de 4,0 OD kN/m.

Eje simple de 7 t				Eje simple de 13 t				Eje triple con 60 t			
$l_e = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $s = 1,4 (H - 1,21)$ $t = 1,4 H + 0,30$ $v = OD + 1,4 H - 1,70$				$l_e = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $s = 1,4 (H - 1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$				$l_e = 0,20 + 1,40 H + 1,05 OD$ $l_e = l_e + 3,0$ $s = 1,4 (H - 1,00)$ $t = 1,4 H + 0,60$ Sobrecarga de uso = 4,0 OD			
OD $\leq 2,0$ m	H $\leq 1,21$ m	OD $\geq t$	$W_t = \frac{35}{l_e} C_i$	OD $\leq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	OD $\geq t$	$W_t = \frac{65}{l_e} C_i$	OD $\leq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	OD $\geq t$	$W_t = \frac{300}{l_e}$
		OD $< t$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} OD \cdot C_i$			OD $< t$	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} OD \times C_i$			El mayor de	$W_t = \frac{100}{t \cdot l_e} OD$
OD cualquiera	H $\geq 1,21$ m	OD $\geq s$	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} (OD + s)$	OD cualquiera	H $\geq 1,0$ m	OD $\geq s$	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s)$	OD cualquiera	H $\geq 1,0$ m	OD $\geq s$	$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$
		OD $< s$	$W_t = \frac{70}{t \cdot l_e} OD$			OD $< s$	$W_t = \frac{130}{t \cdot l_e} OD$			OD $< s$	$W_t = \frac{600}{t \cdot l_e} OD$
OD $\geq 2,0$ m	H $\leq 1,21$ m	$W_t = \frac{35}{t \cdot l_e} v \cdot C_i$		OD $\geq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s) C_i$		OD $\geq 2,0$ m	H $\leq 1,0$ m	$W_t = \frac{300}{t \cdot l_e} (OD + s)$	

### 3.1.3 Compresión longitudinal

La fuerza del empuje (F) se compone de la fuerza en el frente de avance (F') y la fuerza del rozamiento envolvente (F<sub>r</sub>).

$$F = F' + F_r$$

#### 1) Empuje en el frente de avance

Para el cálculo en el frente de avance (F') se tiene en cuenta la tensión de corte del terreno, cuyo valor oscila entre 300 y 600 kN/m<sup>2</sup>, tomándose en el cálculo un valor medio de 450 kN/m<sup>2</sup>.

$$F' = \frac{450 \cdot \pi \cdot D_e^2}{4}$$

sendo:

- F' = Fuerza ejercida en el frente de avance (kN)
- D = Diámetro exterior (m)

#### 2) Rozamiento envolvente

En el cálculo del rozamiento envolvente se considera que el terreno se aplica omnidireccionalmente al tubo, siendo este criterio el más desfavorable. Existen diversos factores que pueden reducir este valor, como por ejemplo el hecho de que se pueda constituir una bóveda sobre la tubería una vez que se haya realizado la perforación, con lo que el terreno no presionaría sobre toda la conducción. También se puede considerar el uso de productos lubricantes, como la bentonita, que reducen el rozamiento por debajo de 10 kN/m<sup>2</sup>, siendo el coeficiente de fricción tubo-relleno más restrictivo  $\mu_1 = 20$  kN/m<sup>2</sup>. Este es el valor que se considera en el cálculo.

$$F_r = \mu_1 \cdot \pi \cdot D_e \cdot L$$

siendo:

- F<sub>r</sub> = Fuerza ejercida por el rozamiento (kN)
- $\mu_1$  = Coeficiente de fricción (kN/m<sup>2</sup>)
- D<sub>e</sub> = Diámetro exterior (m)
- L = Longitud de hincado (m)

### 3.1.4 Determinación del factor de apoyo

El factor de apoyo F<sub>a</sub> se define como la relación entre la capacidad resistente de la tubería enterrada y la capacidad resistente de esa misma tubería sometida al ensayo de flexión transversal.

Se considera en el cálculo un factor de apoyo de valor 1,5 para estar del lado de la seguridad.

### 3.1.5 Determinación de la clase de tubo

La clase de tubería se asigna en función de su capacidad resistente expresada en kN/m<sup>2</sup> y del diámetro interior D expresado en metros. La carga de comparación será:

$$Q_c = \frac{W_r + W_t}{F_a \cdot D_i}$$

En donde:

- $W = W_r + W_t$  = Carga total
- $F_a$  = Factor de apoyo
- $D_i$  = Diámetro interior

Se considera como clase resistente mínima en el caso de la tubería de hincado la clase III de ASTM C-76M, que tiene como carga de cálculo última 100 kN/m².

CLASES DE LOS TUBOS DE HINCA	
Según Norma ASTM C-76M	
Unidades (kN/m²)	CLASE
Carga de comparación $\leq 65$	III
$65 \leq$ Carga de comparación $\leq 100$	IV
$100 \leq$ Carga de comparación $\leq 140$	V
Según Norma UNE 127010	
Unidades (kN/m²)	CLASE
Carga de comparación $\leq 60$	90
$60 \leq$ Carga de comparación $\leq 90$	135
$90 \leq$ Carga de comparación $\leq 120$	180

### 3.1.6 Compresión longitudinal

La fuerza del empuje se compone de la fuerza en el frente de avance y la fuerza del rozamiento envolvente como se ha visto anteriormente. Por otro lado el empuje máximo aplicable durante la instalación depende de las características de resistencia a compresión del hormigón  $f_{ck}$  dadas por el fabricante y de la superficie de empuje  $C_e$ .

La resistencia a compresión mínima de cálculo  $f_{cd}$  (40 N/mm²) no excederá del 40% de la resistencia de cálculo ( $f_{cd}$ ). La resistencia de cálculo es:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Siendo:

$\gamma_c$  = Coeficiente de minoración del hormigón = 1,5

El área de la superficie ( $C_e$ ) sometida a compresión se obtiene a partir del menor espesor de la pared en la zona de empuje:

$$C_e = \frac{(D_e^2 - D_i^2)\pi}{4}$$

Por lo que debe cumplir:

$$f_c = \frac{F' + F_r}{C_e} \leq \frac{f_{ck} \cdot 0,4}{\gamma_c}$$

En el límite la longitud máxima de hincas de la tubería es:

$$L_{\max} = \frac{\frac{f_{ck} \cdot 0,4}{1,5} \cdot C_e - F'}{\mu_1 \cdot \pi \cdot D_e} \text{ MPa}$$

### 3.2 CONSIDERACIONES GENERALES EN LOS TUBOS DE HORMIGÓN PARA HINCAS

Este tipo de tubería, por los esfuerzos que debe soportar y por la complejidad del hincado (ya que se requiere un perfecto paralelismo entre sus caras), debe ser diseñada y fabricada siguiendo los más estrictos controles de calidad.

El diseño de la tubería de hincas está caracterizado y condicionado por tres aspectos fundamentales:

- Limitación de la longitud útil a tres metros como máximo para evitar el pandeo.
- Los tubos llevan un zuncho metálico galvanizado (virola) en uno de sus extremos de forma que para conseguir la estanquidad de la conducción se colocará una junta elástica en el extremo macho del tubo para que en la unión haga tope contra la virola. Además entre las testas de los tubos se intercalan aros de madera aglomerada (sufrideras) que evitan el desconche del hormigón al recibir los esfuerzos de empuje.

Los tubos de Hincas llevan instalados unos taladros metálicos en las paredes del tubo para facilitar la instalación en la obra (inyección de lodos bentoníticos que lubrican, evitando así el posible desmoronamiento del terreno perforado y reducir el rozamiento).

#### **Tolerancias dimensionales**

La norma UNE 127.010 especifica las siguientes tolerancias dimensionales para los tubos de hincas:

Tolerancias en la longitud interior. Para tubería de diámetro nominal  $D = 800$  mm, la tolerancia en la longitud interior será de  $\pm 5$  mm. Para diámetros nominales  $D > 800$  mm, las tolerancias serán  $+ 25$  mm /  $- 10$  mm.

Tolerancias en el diámetro exterior. Las tolerancias en el diámetro exterior estarán comprendidas dentro de los límites señalados en la tabla que se expone posteriormente.

Desviación de rectitud en el exterior del tubo. La superficie exterior de los tubos no tendrá desviaciones en la rectitud superiores al mayor de los valores siguientes: 5 mm o el 0,3% de la longitud interior.

**Ortogonalidad de los extremos.** La ortogonalidad en puntos diametralmente opuestos y el espesor de la pared, al comprobar en los extremos del tubo, deberán cumplir lo establecido en la tabla que se indica a continuación.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES DE LOS TUBOS DE HINCA			
D (mm)	Tolerancias		
	Diámetro exterior (mm)	Ortogonalidad	
		Diámetro (mm)	Pared (mm)
$800 \leq D < 1.200$	$\pm 7$	6	3
$1.200 \leq D < 1.800$	$\pm 8$	8	4
$1.800 \leq D < 3.000$	$\pm 10$	9	5
$3.000 \leq D$	$\pm 12$	10	6

## **Elementos complementarios de los tubos Hinca**

### **A) Juntas**

Los extremos de los tubos de hinca se diseñarán para admitir una junta flexible que garantice la estanquidad. Las superficies de los frontales de los tubos, que transmitirán la carga de empuje durante el montaje de la tubería, deben ser planas y estar libres de irregularidades que puedan dar lugar a elevadas concentraciones puntuales de carga.

### **B) Virolas**

La virola debe ser de acero. Esta pletina se incorpora a los tubos durante el proceso de fabricación de modo que su unión resulte solidaria. Para ello se conectará adecuadamente a la armadura de la tubería.

### **C) Armaduras**

En el caso de juntas a medio espesor las armaduras de los tubos de hinca deben prolongarse desde el cuerpo del tubo hasta los extremos macho y hembra.

La armadura transversal debe reforzarse en un 20% en ambos extremos del tubo, en una longitud de  $0,25.D$  con un mínimo de 25 cm. Además se deben disponer estribos que conecten la armadura exterior e interior en los dos extremos del tubo.

La cuantía de la armadura longitudinal debe ser de al menos un 10% de la armadura transversal, con una separación máxima entre barras de 40 cm.

### 3.3 RESULTADOS DE CÁLCULO

A continuación se presenta un resumen de los resultados de los cálculos mecánicos de los tubos de hormigón de las hincas que se utilizan como vainas protectoras, de acuerdo con la metodología explicada anteriormente, adjuntándose en el **Apéndice 10.2.-Resultados del cálculo mecánico de los tubos de las hincas**, el proceso de cálculo completo.

Nº HINCA	SITUACIÓN		D <sub>int</sub>	D <sub>ext</sub>	LONG.	CLASE TUBO	
	Pk. Inicio	Pk Final	(mm)	(mm)	(m)	ASTM	UNE
0	0+397,29	0+477,53	1800	2200	80,24	IV	180
	Paso Superior AP-6						
1	0+497,07	0+566,33	1800	2200	69,26	III	90
	AP-6						
2	0+600,00	0+672,70	1800	2200	67,78	III	90
	Carretera Municipal						

## **APÉNDICES**

### **APÉNDICE 10.1.- FICHAS CÁLCULO TUBERÍAS PVC-U**

### **APÉNDICE 10.2.- RESULTADO CÁLCULO MECÁNICOS HINCAS**





# Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

## Informe de resultados de cálculo mecánico

### Datos sobre el informe

Informe número:

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : Colector B5-Zona2

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Colector B5-Zona2

Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (&gt; 2.5)

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

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 1200 mm

Espesor: e=58.5 mm

Diámetro interior: di= 1083 mm

Radio medio: Rm= 570.75 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 = bar

Presión agua exterior: Pe= .01 bar

Altura de la zanja: H1=2.7 m

Anchura de la zanja: B1=4.05 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=50.21°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=18 kN/m<sup>3</sup>Módulos de compresión del relleno: E1=40 N/mm<sup>2</sup> E2= 10.8 N/mm<sup>2</sup>Módulos de compresión del terreno: E3=10 N/mm<sup>2</sup> E4= 70 N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: MEDIO (&lt;39t)

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=3 m

Sobrecarga concentrada: Pc=65 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada



# Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

## Informe de resultados de cálculo mecánico

### 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

#### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=40.30461 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=8.82794 \text{ kN/m}^2$   
Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=49.13256 \text{ kN/m}^2$

#### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=23.82992 \text{ kN/m}^2$

#### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.57997 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=2.0376 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-1.98755 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=2.94367 \text{ kN m/m}$

#### 2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave:  $N(\text{Clave})=-15.86043 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})= \text{kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})= \text{kN m/m}$

#### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $3.44236 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $-3.85557 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $5.06615 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $14.52492$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $12.96825$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $9.86942$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $40.65269$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $179.71161$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $33.1531$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$



# Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

## Informe de resultados de cálculo mecánico

### Datos sobre el informe

Informe número:

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : Colector B5-Zona1

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Colector B5-Zona1

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

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

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 1200 mm

Espesor: e=58.5 mm

Diámetro interior: di= 1083 mm

Radio medio: Rm= 570.75 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 = bar

Presión agua exterior: Pe= .05 bar

Altura de la zanja: H1=5.1 m

Anchura de la zanja: B1=4.05 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=50.21°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: Medianamente cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=18 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=40 N/mm<sup>2</sup> E2= 10.8 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=70 N/mm<sup>2</sup> E4= 70 N/mm<sup>2</sup>

Distancia entre ruedas: a= m

Distancia entre ejes: b= m

Sobrecarga concentrada: Pc= kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada



# Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

## Informe de resultados de cálculo mecánico

### 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

#### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=70.14685 \text{ kN/m}^2$   
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:  $q_{vt}=70.14685 \text{ kN/m}^2$

#### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=60.29172 \text{ kN/m}^2$

#### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.83449 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=1.85215 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-1.51787 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=3.03206 \text{ kN m/m}$

#### 2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave:  $N(\text{Clave})=-30.22608 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})= \text{kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})= \text{kN m/m}$

#### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $2.8823 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $-3.30548 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $4.98083 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $17.34727$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $15.1264$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $10.03848$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $32.44107$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $121.74345$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $25.61533$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$



# Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

## Informe de resultados de cálculo mecánico

### Datos sobre el informe

Informe número:

Fecha:

A la atención de D./Dña. :

Empresa/entidad :

Dirección :

Ciudad :

Teléfono/Fax :

Correo electrónico:

Referencia de la obra : Colector C3

### RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Colector C3

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

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

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

Instalación en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 800 mm

Espesor: e=12.5 mm

Diámetro interior: di= 775 mm

Radio medio: Rm= 393.75 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 = bar

Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=1.7 m

Anchura de la zanja: B1=4.05 m

Ángulo de inclinación de la zanja: Beta=50.21°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=90°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=18 kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno: E1=40 N/mm<sup>2</sup> E2= 10.8 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=10 N/mm<sup>2</sup> E4= 10 N/mm<sup>2</sup>

Distancia entre ruedas: a= m

Distancia entre ejes: b= m

Sobrecarga concentrada: Pc= kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada



# Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

## Informe de resultados de cálculo mecánico

### 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

#### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=21.72797 \text{ kN/m}^2$   
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:  $q_{vt}=21.72797 \text{ kN/m}^2$

#### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo  
a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=13.68273 \text{ kN/m}^2$

#### 2.3. Deformación Relativa: $dv=0.94385 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.20548 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.18699 \text{ kN m/m}$   
En Base:  $M(\text{Base})=0.41404 \text{ kN m/m}$

#### 2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave:  $N(\text{Clave})=-6.32482 \text{ kN m/m}$   
En Riñones:  $N(\text{Riñones})= \text{kN m/m}$   
En Base:  $N(\text{Base})= \text{kN m/m}$

#### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $7.46165 \text{ kN/mm}^2$   
En Riñones:  $-7.77067 \text{ kN/mm}^2$   
En Base:  $15.56146 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $6.70093$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Riñones:  $6.43445$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
En Base:  $3.21307$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $15.97589$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido a la presión ext. de agua :  $28.17044$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$   
Debido al terreno y al agua:  $10.19446$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## Cálculos Mecánicos para Tubos de Hinca de Hormigón

HINCA Nº

2

### 1 DETERMINACIÓN DE ACCIONES

#### Cargas de relleno para los tubos hincados

##### A) PROCEDIMIENTO

1. Cargas del terreno

$$W_r = C_z \cdot \gamma_r \cdot D_e^2 - 2 \cdot c_0 \cdot C_z \cdot D_e$$

2. Coeficiente de Marston

$$C_z = \frac{1 - e^{-2 \lambda \mu \cdot \frac{h_r}{D_e}}}{2 \lambda \mu}$$

3. Carga de tráfico

$$W_t = \frac{300}{l \cdot l_e} (OD + s)$$

4. Carga Total

$$W = W_r + W_t$$

##### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
H	2,89	m	Altura de terreno sobre generatriz
$\lambda \mu$	0,11		
$\gamma_r$	21,00	kN/m <sup>3</sup>	Densidad del terreno
C0	2,00	kN/m <sup>2</sup>	Cohesión del terreno
Cz	1,14		Coeficiente de Marston
Wr	105,92	kN/m	Cargas del terreno
Ci	1,10		Coeficiente de Impacto
Pv	5,26	kN/m <sup>2</sup>	Presión Vertical
Wt	41,81	kN/m	Cargas de tráfico Eje 13 T + Sobrecarga 4,00 OD
W	147,72	kN/m	Cargas Totales

### Compresión longitudinal

#### A) PROCEDIMIENTO

1. Empuje del frente de avance  $F' = \frac{450 \cdot \pi \cdot D_e^2}{4}$
2. Rozamiento envolvente  $F_r = \mu_1 \cdot \pi \cdot D_e \cdot L$
3. Fuerza total  $F = F' + F_r$

#### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
L	69,29	m	Longitud de la hinc
$\mu_1$	20,00	kN/m2	Parámetro de caracterización del rozamiento tubería-terreno
F'	1.710,60	kN	Empuje del frente de avance
Fr	9.577,96	kN	Rozamiento envolvente
F	11.288,56	kN	Cargas totales

#### 2) DETERMINACIÓN CLASE DEL TUBO

##### A) PROCEDIMIENTO

1. Carga de comparación  $Q_c = \frac{W_r + W_t}{F_a \cdot D_i}$

##### B) CÁLCULO

Di	1,80	m	Diámetro interior del tubo
Fa	1,50		Factor de apoyo
W	147,72	kN/m	Cargas totales
Qc	54,71	kN/m2	Carga de comparación
Clase	III		Según norma ASTM
	90		Según norma UNE

#### 3) COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN LONGITUDINAL

##### A) PROCEDIMIENTO

1. Area de la superficie sometida a compresión  $C_e = \frac{(D_e^2 - D_i^2) \pi}{4}$
2. Comprobación a compresión longitudinal  $f_c = \frac{F' + F_r}{C_e} \leq \frac{f_{ck} \cdot 0,4}{\gamma_c}$
3. Longitud máxima admisible  $L_{\max} = \frac{\frac{f_{ck} \cdot 0,4}{1,5} \cdot C_e - F'}{\mu_1 \cdot \pi \cdot D_e}$

##### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
Di	1,80	m	Diámetro interior del tubo
fck	40,00	N/mm2	Compresión mínima de cálculo
$\gamma_c$	1,50		Coefficiente de minoración del hormigón
Ce	1,26	m2	Area de la superficie sometida a compresión
F	11.288,56	kN	Cargas totales
fc	8,98	N/mm2	Resistencia de cálculo
$f_{ck} \cdot 0,4 / \gamma_c$	10,67		8,98 < 10,67
Lmax	84,59	m	Longitud máxima admisible

Si



# Cálculos Mecánicos para Tubos de Hinca de Hormigón

HINCA Nº **1**

## 1 DETERMINACIÓN DE ACCIONES

### Cargas de relleno para los tubos hincados

#### A) PROCEDIMIENTO

1. Cargas del terreno  $W_r = C_z \cdot \gamma_r \cdot D_e^2 - 2 \cdot c_0 \cdot C_z \cdot D_e$
2. Coeficiente de Marston  $C_z = \frac{1 - e^{-2 \lambda \mu' \cdot \frac{h_r}{D_e}}}{2 \lambda \mu'}$
3. Carga de tráfico **Profundidad > 4 m "No aplica"**
4. Carga Total  $W = W_r + W_t$

#### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
H	9,60	m	Altura de terreno sobre generatriz
$\lambda \mu$	0,11		
$\gamma_r$	21,00	kN/m3	Densidad del terreno
$c_0$	2,00	kN/m2	Cohesión del terreno
$C_z$	2,81		Coeficiente de Marston
$W_r$	260,42	kN/m	Cargas del terreno
$C_i$	1,03		Coeficiente de Impacto
$P_v$	0,72	kN/m2	Presión Vertical
$W_t$	0,00	kN/m	Cargas de tráfico Eje 13 T > 4 metros no se consideran
$W$	260,42	kN/m	Cargas Totales

### Compresión longitudinal

#### A) PROCEDIMIENTO

- Empuje del frente de avance 
$$F' = \frac{450 \cdot \pi \cdot D_e^2}{4}$$
- Rozamiento envolvente 
$$F_r = \mu_1 \cdot \pi \cdot D_e \cdot L$$
- Fuerza total 
$$F = F' + F_r$$

#### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
L	80,00	m	Longitud de la hinc
$\mu_1$	20,00	kN/m2	Parámetro de caracterización del rozamiento tubería-terreno
F'	1.710,60	kN	Empuje del frente de avance
Fr	11.058,41	kN	Rozamiento envolvente
F	12.769,00	kN	Cargas totales

#### 2) DETERMINACIÓN CLASE DEL TUBO

##### A) PROCEDIMIENTO

- Carga de comparación 
$$Q_c = \frac{W_r + W_t}{F_a \cdot D_i}$$

##### B) CÁLCULO

Di	1,80	m	Diámetro interior del tubo
Fa	1,50		Factor de apoyo
W	260,42	kN/m	Cargas totales
Qc	96,45	kN/m2	Carga de comparación
Clase	IV		Según norma ASTM
	180		Según norma UNE

#### 3) COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN LONGITUDINAL

##### A) PROCEDIMIENTO

- Area de la superficie sometida a compresión 
$$C_e = \frac{(D_e^2 - D_i^2) \pi}{4}$$
- Comprobación a compresión longitudinal 
$$f_c = \frac{F' + F_r}{C_e} \leq \frac{f_{ck} \cdot 0,4}{\gamma_c}$$
- Longitud máxima admisible 
$$L_{\max} = \frac{\frac{f_{ck} \cdot 0,4}{1,5} \cdot C_e - F'}{\mu_1 \cdot \pi \cdot D_e}$$

##### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
Di	1,80	m	Diámetro interior del tubo
fck	40,00	N/mm2	Compresión mínima de cálculo
$\chi_c$	1,50		Coefficiente de minoración del hormigón
Ce	1,26	m2	Area de la superficie sometida a compresión
F	12.769,00	kN	Cargas totales
fc	10,16	N/mm2	Resistencia de cálculo
$f_{ck} \cdot 0,4 / \chi_c$	10,67		10,16 < 10,67
Lmax	84,59	m	Longitud máxima admisible

Si

## Cálculos Mecánicos para Tubos de Hinca de Hormigón

HINCA Nº

3

### 1 DETERMINACIÓN DE ACCIONES

#### Cargas de relleno para los tubos hincados

##### A) PROCEDIMIENTO

1. Cargas del terreno

$$W_r = C_z \cdot \gamma_r \cdot D_e^2 - 2 \cdot c_0 \cdot C_z \cdot D_e$$

2. Coeficiente de Marston

$$C_z = \frac{1 - e^{-2 \lambda \mu \cdot \frac{h_r}{D_e}}}{2 \lambda \mu}$$

3. Carga de tráfico

$$W_t = \frac{65}{t \cdot l_e} (OD + s)$$

4. Carga Total

$$W = W_r + W_t$$

##### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
H	3,15	m	Altura de terreno sobre generatriz
$\lambda \mu$	0,11		
$\gamma_r$	21,00	kN/m <sup>3</sup>	Densidad del terreno
C0	2,00	kN/m <sup>2</sup>	Cohesión del terreno
Cz	1,23		Coeficiente de Marston
Wr	114,09	kN/m	Cargas del terreno
Ci	1,00		Coeficiente de Impacto
Pv	4,61	kN/m <sup>2</sup>	Presión Vertical
Wt	10,15	kN/m	Cargas de tráfico Eje 13 T
W	124,24	kN/m	Cargas Totales

### Compresión longitudinal

#### A) PROCEDIMIENTO

1. Empuje del frente de avance  $F' = \frac{450 \cdot \pi \cdot D_e^2}{4}$
2. Rozamiento envolvente  $F_r = \mu_1 \cdot \pi \cdot D_e \cdot L$
3. Fuerza total  $F = F' + F_r$

#### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
L	73,55	m	Longitud de la hinca
$\mu_1$	20,00	kN/m2	Parámetro de caracterización del rozamiento tubería-terreno
F'	1.710,60	kN	Empuje del frente de avance
Fr	10.166,82	kN	Rozamiento envolvente
F	11.877,42	kN	Cargas totales

#### 2) DETERMINACIÓN CLASE DEL TUBO

##### A) PROCEDIMIENTO

1. Carga de comparación  $Q_c = \frac{W_r + W_t}{F_a \cdot D_i}$

##### B) CÁLCULO

Di	1,80	m	Diámetro interior del tubo
Fa	1,50		Factor de apoyo
W	124,24	kN/m	Cargas totales
Qc	46,02	kN/m2	Carga de comparación
Clase	III		Según norma ASTM
	90		Según norma UNE

#### 3) COMPROBACIÓN A COMPRESIÓN LONGITUDINAL

##### A) PROCEDIMIENTO

1. Area de la superficie sometida a compresión  $C_e = \frac{(D_e^2 - D_i^2) \pi}{4}$
2. Comprobación a compresión longitudinal  $f_c = \frac{F' + F_r}{C_e} \leq \frac{f_{ck} \cdot 0,4}{\gamma_c}$
3. Longitud máxima admisible  $L_{\max} = \frac{\frac{f_{ck} \cdot 0,4}{1,5} \cdot C_e - F'}{\mu_1 \cdot \pi \cdot D_e}$

##### B) CÁLCULO

De	2,20	m	Diámetro exterior del tubo
Di	1,80	m	Diámetro interior del tubo
fck	40,00	N/mm2	Compresión mínima de cálculo
$\gamma_c$	1,50		Coefficiente de minoración del hormigón
Ce	1,26	m2	Area de la superficie sometida a compresión
F	11.877,42	kN	Cargas totales
fc	9,45	N/mm2	Resistencia de cálculo
$f_{ck} \cdot 0,4 / \gamma_c$	10,67		9,45 < 10,67
Lmax	84,59	m	Longitud máxima admisible

Si