

## **ANEJO 6**

### **CÁLCULO MECÁNICO**





Índice

1. Introducción .....	1	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17
2. Programa informático de cálculo .....	1	APÉNDICES.....	18
3. Hipótesis de partida .....	1	Apéndice 1 Informe completo: Colector 3 .....	19
4. Informes abreviados.....	2	Apéndice 2 Informe completo: Colector 5.2.3.....	27
Colector 3 .....	3	Apéndice 3 Informe completo: Colector 11.2.1.....	35
Colector 5.2.3.....	5	Apéndice 4 Informe completo: Colector 12.3.....	43
Colector 11.2.1.....	7	Apéndice 5 Informe completo: Colector 4.1.1 y 4.1.2 .....	51
Colector 12.3.....	9	Apéndice 6 Informe completo: Colector 15.2.3.....	59
Colector 4.1.1 y 4.1.2 .....	11	Apéndice 7 Informe completo: Colector 15.3.....	67
Colector 15.2.3.....	13		
Colector 15.3.....	15		



1. Introducción

El objeto del presente Anejo es el de detallar los cálculos mecánicos de las conducciones, de acuerdo a la necesidad de soportar correctamente las cargas externas debidas al peso y empuje del terreno, además de la carga de tráfico.

Para ello se ha utilizado el programa informático de cálculo para tuberías de PE facilitados por la Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos (AseTUB).

2. Programa informático de cálculo

La herramienta de cálculo ha sido realizada por la empresa alemana IngSoft en colaboración con AseTUB. La cual, mediante la introducción de los parámetros de la instalación, se procede fácilmente al cálculo estático de las tuberías de PE enterrada.

El programa basa los cálculos fundamentalmente en la norma ATV-A127, en la cual se han incluido algunas variaciones:

- El esfuerzo a la compresión por flexión al realizar el ensayo de tracción y alargamiento, se mide también el esfuerzo a la compresión por flexión; a petición, es posible requerir menores factores de seguridad de tensión para el esfuerzo a la compresión por flexión al realizar el ensayo de estabilidad no lineal (producido como una prueba de tensión), también se comprueba el esfuerzo a la compresión por flexión.
- Ensayo de tracción y alargamiento

Una vez seleccionado el tubo adecuado, así como el tipo y apoyo de la zanja, se determinan las acciones que actúan sobre el tubo debidas a cargas externas e internas, analizándose si la deformación del tubo es admisible de acuerdo con el límite establecido del 5% (a los 50 años).

En caso positivo se continúa determinando las tensiones máximas a que está sometido el material, que deberá superar los criterios de seguridad establecidos, así como los relativos a la presión crítica del colapso a la presión del agua y a la acción simultánea de ambas.

Si la deformación fuese superior al 5% habrá que realizar otro supuesto modificando las características de la instalación o el tipo de tubo.

Normalmente la deformación máxima del tubo se produce a largo plazo y los valores del módulo de elasticidad en flexión transversal se toman en función del material.

Como resultado del cálculo se conoce si la instalación es válida o si por el contrario hay que cambiar alguna de sus condiciones. El programa de cálculo informático emite, además, un informe completo con los resultados.

3. Hipótesis de partida

Puesto que el programa de cálculo va a realizar las comprobaciones de tensión a tracción y compresión, deformación vertical y estabilidad frente al pandeo, la información necesaria para el cálculo es la siguiente:

Datos del tubo

Se utilizará como material para las conducciones el polietileno (PE) 80 SDR 33, cuyo espesor de la pared del tubo va en función del diámetro nominal de la conducción, se definen en la siguiente tabla los diámetros y espesores obtenido en el cálculo hidráulico:

Diámetro (mm)	Espesor nominal mínimo (mm)
400	12,3
500	15,3
630	19,3
800	24,5
1.000	30,6
1.200	36,7
1.600	49,0

Tabla 1 Dimensiones de los tubos de PE para saneamiento en lámina libre (UNE-EN 12.666-1)

Las características del material que se manejarán en las comprobaciones son las prefijadas por el programa de cálculo:

Gravedad específica ( $\gamma_R$ ) a corto plazo y a largo plazo respectivamente, 9,4 kN/m<sup>3</sup>.

Coeficiente de poisson ( $\nu$ ) a corto plazo y a largo plazo respectivamente, 0,38.

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial ( $E_R$ ) a corto plazo y a largo plazo respectivamente, 800,0 y 160,0 N/mm<sup>2</sup>.

Valor característico de tracción ( $\Theta_{RBZ}$ ) a corto plazo y a largo plazo respectivamente, 21,0 y 14,0 N/mm<sup>2</sup>.

Valor característico de la flexión radial por esfuerzo de compresión ( $\Theta_{RBD}$ ) a corto plazo y a largo plazo respectivamente, 21,0 y 14,0 N/mm<sup>2</sup>.

Valor característico de la tensión en sentido circunferencial ( $\Theta_{RZ}$ ) a corto plazo y a largo plazo respectivamente, 21,0 y 14,0 N/mm<sup>2</sup>.

Condiciones de la zanja

Según lo especificado en el Anejo 1, la zanja será de taludes verticales, es decir de ángulo de talud de 90º, las alturas de recubrimiento serán las siguientes:

Colector/tramo	Altura máxima (m)	Altura mínima (m)
3	2,05	1,3
5.2.4	2,2	1,3
11.2.1	2,45	1,3
12.3	2,5	1,3
4.1.1 y 4.1.2	2,95	1,3
15.2.3	1,35	1,3
15.3	1,3	1,3

Tabla 2 Alturas máximas y mínimas de los recubrimientos de los distintos DN

En cuanto al ancho de la zanja se definirá en función de diámetro nominal (DN) de la conducción y de la profundidad de la misma, siguiendo las siguientes tablas:

DN	Ancho mínimo de zanja, b (m)
DN ≥ 250	0,60
250 < DN ≤ 350	OD + 0,50
350 < DN ≤ 700	OD + 0,70
700 < DN ≤ 1.200	OD + 0,85
DN > 1.200	OD + 1,00

Tabla 3 Ancho mínimo de zanja en función del DN

Profundidad de zanja, H (m)	Ancho mínimo de zanja, b (m)
H ≤ 1,00	0,60
1,00 < H ≤ 1,75	0,80
1,75 < H ≤ 4,00	0,90
H > 4,00	1,00

Tabla 4 Ancho mínimo de zanja en función de la profundidad de la zanja

El ancho de zanja que se adoptará para las comprobaciones, respetando las recomendaciones de las tablas anteriores son:

Colector/tramo	Ancho de zanja, b (m)
3	1,10
5.2.4	1,20
11.2.1	1,40
12.3	1,65
4.1.1 y 4.1.2	2,00
15.2.3	2,05
15.3	2,60

Tabla 5 Anchos de zanja adoptados

Características del suelo

A continuación se definirán las características físicas de los distintos tipos de materiales que se utilizarán en el relleno y apoyo de la zanja.

El suelo que circunda la zanja se definirá como cohesivo (G4 según la tabla 8 de ATV 127) con un módulo de elasticidad (E) de 1,50 N/mm².

El suelo utilizado para el relleno en la zona del tubo se definirá como terreno no cohesivo, suelo seleccionado (G1) con un módulo de elasticidad (E) de 16,0 N/mm².

El relleno del resto de la zanja se realizará con un suelo que se definirá como terreno no cohesivo, suelo seleccionado (G1) con un módulo de elasticidad (E) de 8,0 N/mm².

Destacar que para los cálculos no se tiene en cuenta los espesores a utilizar constructivamente hablando, ya que se modeliza dicho relleno por capas para quedar del lado de la seguridad. Dicho perfil de capas modelizado aparecerá en los resultados arrojados por el programa de cálculo. Mientras que la solución de relleno adoptada se detalla en el plano de “Secciones transversales”, consta de una apoyo de arena compactada por inundación de 0,15 m, un recalce en un ángulo de 120º de espesor variable de arena compactada por inundación, relleno de arena

compactada por inundación hasta 30 cm por encima de la generatriz del colector y relleno con material de préstamo compactado al 100% P.M de espesor variable según la altura de recubrimiento necesario.

Carga

Se establecerá una carga de tráfico SLW 60 al situarse las conducciones en la generatriz de los viales, no se contempla cargas externas adicionales al encontrarse las zonas de estacionamiento a unos 4 m de distancia media en proyección horizontal.

4. Informes abreviados

Una vez adoptada e introducida toda la información anterior en el programa de cálculo, se procede a presentar únicamente los informes de la situación más desfavorable para cada diámetro de conducción considerada. Dichas situaciones más desfavorables se listan a continuación:

Colector/tramo	Diámetro nominal (mm)	Altura de recubrimiento más desfavorable (m)
3	400	1,30
5.2.4	500	1,30
11.2.1	630	2,45
12.3	800	2,50
4.1.1 y 4.1.2	1.000	2,95
15.2.3	1.200	1,30
15.3	1.600	1,30

Tabla 6 Situación más desfavorable para cada conducción

En primer lugar se detallan los informes abreviados y a modo de apéndices los informes completos.

1. : Colector 3

Descripción del tramo:	Colector 3
Notas:	Único tramo que define el colector
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

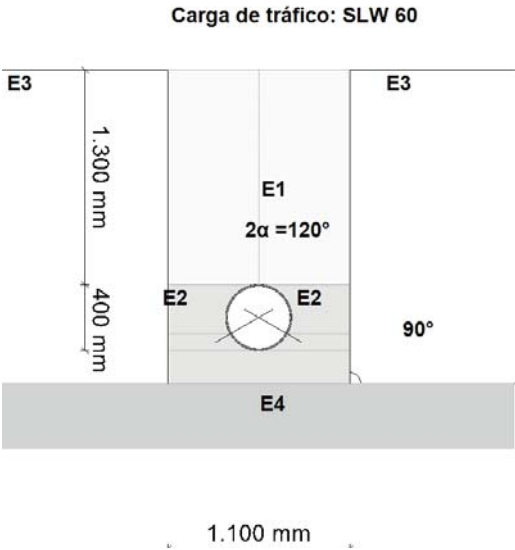
Altura de recubrimiento:	h 1,30 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 1,10 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 400 (e = 12,3 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. Caso de carga a largo plazo

1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	-5,628	-22,228	-3,922	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	10,210	-14,706	5,805	[-]
(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 deformación

Deformación vertical relativa:	δ <sub>v</sub>	3,81	%
Deflexión admisible:	zul δ <sub>v</sub>	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	4,46	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



1. : Colector 5.2.3

Descripción del tramo:	Colector 5.2
Notas:	Tramo 3 del colector 5.2
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

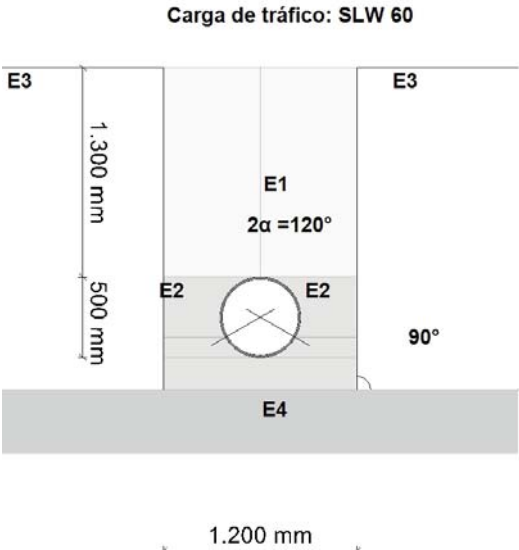
Altura de recubrimiento:	h 1,30 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 1,20 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 500 (e = 15,3 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. Caso de carga a largo plazo

1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	-5,149	-37,150	-3,665	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	8,670	-11,388	5,236	[-]
(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 deformación

Deformación vertical relativa:	δ <sub>v</sub>	4,42	%
Deflexión admisible:	zul δ <sub>v</sub>	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	3,98	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

1. : Colector 11.2.1

Descripción del tramo:	Colector 11.2
Notas:	Tramo único del colector 11.2
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

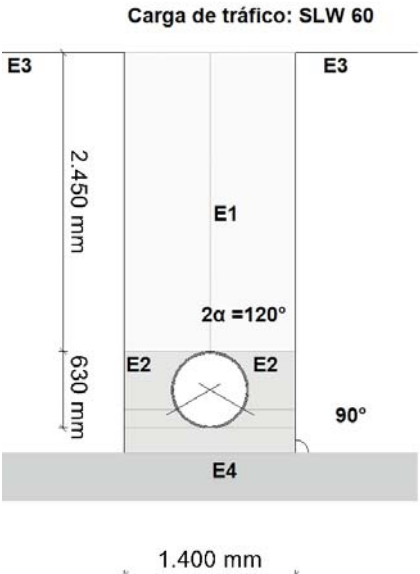
Altura de recubrimiento:	h 2,45 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 1,40 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 630 (e = 19,3 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. Caso de carga a largo plazo

1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	-5,472	-16,742	-3,615	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	12,647	-13,181	5,905	[-]
(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 deformación

Deformación vertical relativa:	δ <sub>v</sub>	4,90	%
Deflexión admisible:	zul δ <sub>v</sub>	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	2,88	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

1. : Colector 12.3

Descripción del tramo:  
Notas:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Colector 12.3  
Tramos 3 del colector 12  
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:  
Módulo de elasticidad E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Módulo de elasticidad E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Módulo de elasticidad E3:  
E4 = 10 · E1:  
Suelo bajo la zanja:  
Cálculo E4:  
Módulo de elasticidad E4:

G1  
Módulo de elasticidad E  
E1 8,0 N/mm²  
G1  
Módulo de elasticidad E  
E20 16,0 N/mm²  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E3 1,5 N/mm²  
No  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E4 1,5 N/mm²

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:  
Carga de tráfico:

h 2,50 m  
γ 20,0 kN/m³  
p0 0,0 kN/m²  
h<sub>W,max</sub> 0,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,00 m  
P<sub>I,K</sub> 0,0 bar  
P<sub>I,L</sub> 0,0 bar  
No  
SLW 60

1.1.4. Instalación

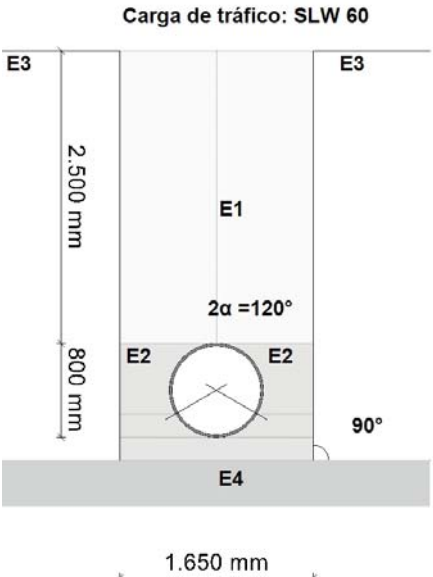
Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 1,65 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 80  
PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)  
DN 800 (e = 24,5 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. Caso de carga a largo plazo

1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	-5,239	-18,788	-3,481	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	11,722	-11,698	5,617	[-]
(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 deformación

Deformación vertical relativa:	δ <sub>v</sub>	5,23	%
Deflexión admisible:	zul δ <sub>v</sub>	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	2,70	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

1. : Colector 4.1.1 y 4.1.2

Descripción del tramo:	Colector 4.1
Notas:	Tramos 1 y 2 del colector 4.1
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

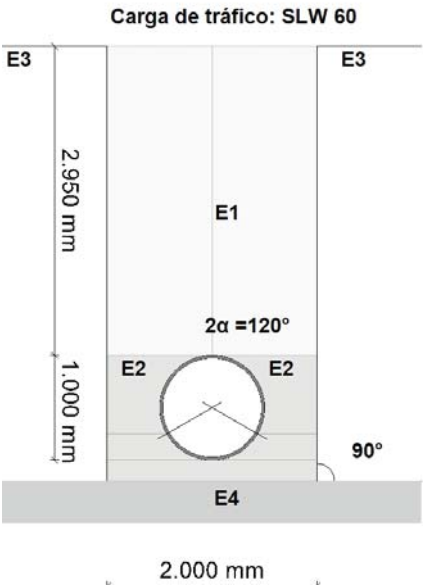
Altura de recubrimiento:	h 2,95 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 2,00 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 1000 (e = 30,6 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. Caso de carga a largo plazo

1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	-5,089	-15,379	-3,298	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	12,925	-11,434	5,556	[-]
(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 deformación

Deformación vertical relativa:	δ <sub>v</sub>	5,67	%
Deflexión admisible:	zul δ <sub>v</sub>	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	2,32	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.



1. : Colector 15.2.3

Descripción del tramo:  
Notas:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Colector 15.2  
Tramo 3 del colector 15.2  
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:  
Módulo de elasticidad E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Módulo de elasticidad E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Módulo de elasticidad E3:  
E4 = 10 · E1:  
Suelo bajo la zanja:  
Cálculo E4:  
Módulo de elasticidad E4:

G1  
Módulo de elasticidad E  
E1 8,0 N/mm²  
G1  
Módulo de elasticidad E  
E20 16,0 N/mm²  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E3 1,5 N/mm²  
No  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E4 1,5 N/mm²

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:  
Carga de tráfico:

h 1,30 m  
γ 20,0 kN/m³  
p<sub>0</sub> 0,0 kN/m²  
h<sub>W,max</sub> 0,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,00 m  
P<sub>I,K</sub> 0,0 bar  
P<sub>I,L</sub> 0,0 bar  
No  
SLW 60

1.1.4. Instalación

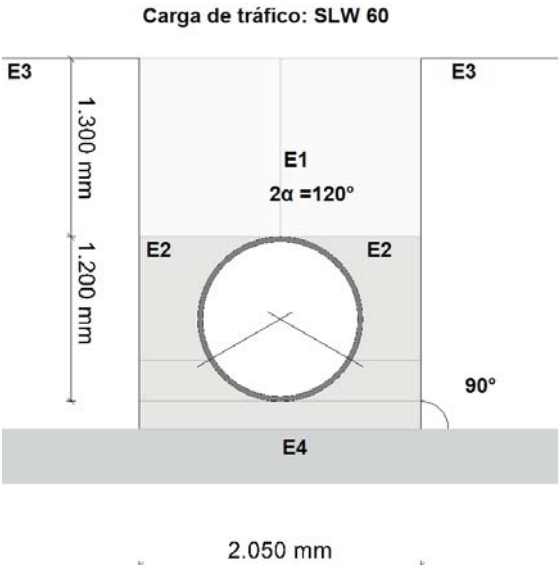
Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 2,05 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 80  
PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)  
DN 1200 (e = 36,7 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. Caso de carga a largo plazo

1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	-4,412	49,766	-3,246	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	6,655	-7,312	4,374	[-]
(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 deformación

Deformación vertical relativa:	δ <sub>v</sub>	5,55	%
Deflexión admisible:	zul δ <sub>v</sub>	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	3,30	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

1. : Colector 15.3

Descripción del tramo:	Colector 15.3
Notas:	Tramo único del colector 15.3
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

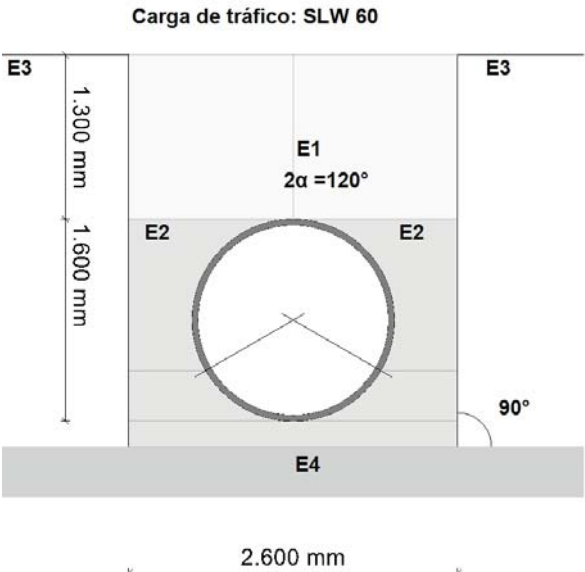
Altura de recubrimiento:	h 1,30 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 2,60 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 1600 (e = 49,0 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. Caso de carga a largo plazo

1.2.1.1. prueba de tensión

		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Coefficiente de seguridad externo	γ	-4,391	35,860	-3,224	[-]
Coefficiente de seguridad externo	γ	6,607	-6,928	4,336	[-]
(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 deformación

Deformación vertical relativa:	δ <sub>v</sub>	5,52	%
Deflexión admisible:	zul δ <sub>v</sub>	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.1.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	3,25	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\gamma_{stab}$	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (2009). *Guía técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano. 3ª Edición*. Madrid: Ministerio de Fomento.

## APÉNDICES

# **Apéndice 1**

## **Informe Completo**

### **Colector 3**

INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	PROYECTO BÁSICO DE RED DE SANEAMIENTO PARA EL SECTOR HORTA BAIXA DE TURÍS (VALENCIA)
Empresa / Entidad:	Trabajo final de Grado
Autor:	Víctor Galindo Martín
Informe nº:	1
Fecha:	03/06/2016

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. : Colector 3</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	4
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	6
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion $\lambda_R$ y $\lambda_B$	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : Colector 3

Descripción del tramo:	Colector 3
Notas:	Único tramo que define el colector
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

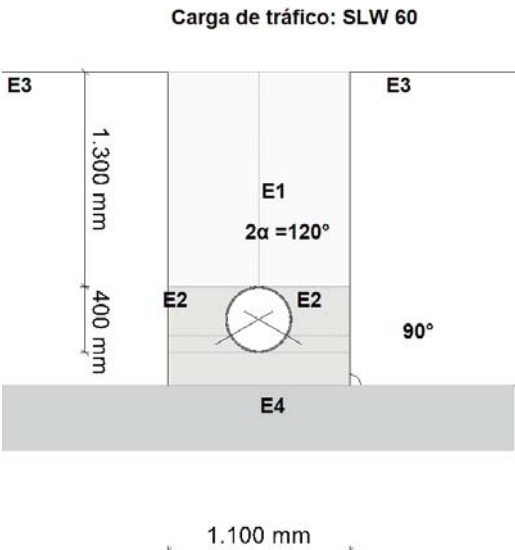
Altura de recubrimiento:	h 1,30 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 1,10 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 400 (e = 12,3 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d <sub>i</sub> 375,4 mm
Diámetro exterior:	d <sub>a</sub> 400,0 mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r <sub>m</sub> 193,9 mm
Espesor:	s 12,3 mm
Proporción:	r <sub>m</sub> /s 15,760 [-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α <sub>ki</sub> 1,021 [-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α <sub>ka</sub> 0,979 [-]
Predeformación local:	δ <sub>vl</sub> 0,00 %
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ <sub>vg</sub> 1,00 %
Superficie del perfil radial:	A <sub>rad</sub> 12,3 mm²/mm
Distancia de inercia:	e 6,2 mm
Momento de inercia:	I 155,1 mm⁴/mm
Momento resistente exterior:	W <sub>a</sub> 25,2 mm³/mm
Momento resistente interior:	W <sub>i</sub> 25,2 mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	Y <sub>R</sub> 9,4	corto plazo	largo plazo	
Coefficiente de poisson	v 0,38	0,38	0,38	kN/m³ [-]

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf $\gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	$r_m$	193,9	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	$\alpha_{ki}$	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	$\alpha_{ka}$	0,979	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo $\kappa$ para carga en zanja (Teoría del Silo):	$\kappa$	1,000	[-]	
$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$				

Coefficiente de carga del suelo $\kappa_0$ para cargas superficiales (Teoría del Silo):	$\kappa_0$	1,000	[-]	
$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$				

$\kappa_0$  y  $\kappa$  están indicadas como 1, porque  $E_1$  es mayor que  $E_3$ .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	$P_{Erd}$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	$P_E$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Tensión debida a carga de tráfico:	$P_V$	41,75	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de impacto (incl.):	$\phi$	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	8,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Factor de reducción por fluencia:	$f_1$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	$f_2$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	$\alpha_B$	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	$\zeta$	0,263	[-]	
$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$				

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left( \frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Rigidez del apoyo horizontal:	$S_{Bh}$	2,528	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$				

Rigidez de apoyo vertical:	$S_{Bv}$	16,000	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$				

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	$2\alpha$	120	°	
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	$a_S$	1,00	[-]	
Proyección relativa efectiva:	$a'$	0,500	[-]	
$a' = a_S - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$				

Ángulo de fricción interna:	$\varphi'$	20,000	°	
Ángulo de fricción de la pared:	$\delta$	20,000	°	

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	554,4	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	18,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	18,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	18,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Rigidez del tubo	$S_R$	17,030	11,802	3,406	kN/m <sup>2</sup>
$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$					

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	$V_{RB}$	0,0067	0,0047	0,0013	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					
Relación de rigidez	$V_S$	0,0996	0,0880	---	[-]

$$V_s = \frac{S_R}{|C_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) $K_2$	0,400	0,400	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo $K^*$	1,228	1,264	---	[-]

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo $c_v^*$	-0,011	-0,008	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$C_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración  $\lambda_R$  y  $\lambda_B$

Factor de concentración máximo	max $\lambda$	1,019	1,019	---	[-]
--------------------------------	---------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[ \frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	$K'$	0,917	0,913	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	$\lambda_R$	0,843	0,827	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	$\lambda_{RG}$	0,908	0,899	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	$\lambda_{fo}$	3,805	3,805	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	$\lambda_{fu}$	0,586	0,586	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	$\lambda_{RG}$	0,908	0,899	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	$\lambda_B$	1,052	1,058	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	$q_v$	65,37	65,12	---	kN/m <sup>2</sup>
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	$q_h$	12,54	12,60	---	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left( \lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	$q^*_h$	65,89	67,44	---	kN/m <sup>2</sup>
---	---------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_h = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	$q^*_{hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	0,641	0,639	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-0,118	-0,118	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M^*_{qh}$	-0,448	-0,459	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	0,077	0,063	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,075	0,062	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma M_{sonst}$	0,002	0,002	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,077	0,063	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	0,342	0,341	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-2,432	-2,443	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N^*_{qh}$	-7,369	-7,544	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	0,006	0,006	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-9,453	-9,640	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-9,459	-9,645	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma N_{sonst}$	0,006	0,006	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-9,453	-9,640	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	-0,651	-0,648	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	0,118	0,118	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	0,515	0,527	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	-0,002	-0,002	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	-0,020	-0,005	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	-0,018	-0,003	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	-0,002	-0,002	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	-0,020	-0,005	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-12,671	-12,624	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,035	-0,035	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-12,706	-12,659	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-12,671	-12,624	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,035	-0,035	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-12,706	-12,659	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M <sub>qv</sub>	0,675	0,673	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M <sub>qh</sub>	-0,118	-0,118	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	-0,448	-0,459	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	0,002	0,002	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	0,112	0,098	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	0,110	0,096	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	0,002	0,002	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	0,112	0,098	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-0,342	-0,341	kN/m

Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	-2,432	-2,443	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	-7,369	-7,544	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,006	-0,006	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-10,149	-10,333	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-10,143	-10,327	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,006	-0,006	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-10,149	-10,333	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	2,273	-1,763	3,610 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	0,067	-0,080	0,091 N/mm²
Tensión total	σ	2,340	-1,843	3,701 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	Y <sub>BZ</sub>	8,973	---	5,674 [-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	Y <sub>BD</sub>	---	11,393	---
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf Y <sub>RBZ</sub>		2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf Y <sub>RBD</sub>		2,50	[-]
Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	-3,685	-0,328	-5,076 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	-0,064	0,071	-0,088 N/mm²
Tensión total	σ	-3,749	-0,256	-5,164 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	---	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,602	81,883	4,067	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ			2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD			2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$			0,00034	[-]
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$			0,00034	[-]
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	0,0833
				qh*	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:				Δdv	13,10
Cambio del diámetro horizontal:				Δdh	10,10
					mm
					mm
Deformación vertical relativa:				δv	3,38
Deflexión admisible:				zul δv	6,00
					%
					%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	qv	65,37	kN/m²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	kv2	0,86	[-]
Carga vertical total crítica:	krit qv	354,9	kN/m²
$krit q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$			
(9.06a)			

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	5,43	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γstab	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σqv,qh,qh*	1,710	-1,146	3,042	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σsonst	0,067	-0,080	0,091	N/mm²

Tensión total	σ	1,778	-1,226	3,133	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	18,15	18,03	18,19	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	18,15	18,03	18,19	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	10,210	---	5,805	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	---	14,706	---	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σqv,qh,qh*	-3,175	-0,912	-4,561	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σsonst	-0,064	0,071	-0,088	N/mm²
Tensión total	σ	-3,239	-0,840	-4,649	N/mm²

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	18,23	18,68	18,23	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	18,23	18,68	18,23	N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	---	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,628	22,228	3,922	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$			0,00034	[-]
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$			0,00034	[-]

Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	0,0833
				qh*	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:				Δdv	14,76
Cambio del diámetro horizontal:				Δdh	10,34
					mm
					mm
Deformación vertical relativa:				δv	3,81
					%



Deflexión admisible:
 

zul δ <sub>v</sub>	6,00	%
--------------------	------	---

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:
 

q <sub>v</sub>	65,12	kN/m <sup>2</sup>
----------------	-------	-------------------

 Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:
 

κ <sub>v2</sub>	0,84	[-]
-----------------	------	-----

 Carga vertical total crítica:
 

krit q <sub>v</sub>	290,7	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	-------	-------------------

$$k_{rit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$$

(9.06a)

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coeficiente de seguridad de estabilidad:
 

γ	4,46	[-]
---	------	-----

 Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:
 

erf γ <sub>stab</sub>	2,00	[-]
-----------------------	------	-----

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## **Apéndice 2**

### **Informe Completo**

#### **Colector 5.2.3**

INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	PROYECTO BÁSICO DE RED DE SANEAMIENTO PARA EL SECTOR HORTA BAIXA DE TURÍS (VALENCIA)
Empresa / Entidad:	Trabajo final de Grado
Autor:	Víctor Galindo Martín
Informe nº:	1
Fecha:	03/06/2016

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. : Colector 5.2.3</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	4
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	6
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion $\lambda_R$ y $\lambda_B$	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : Colector 5.2.3

Descripción del tramo:	Colector 5.2
Notas:	Tramo 3 del colector 5.2
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E18,0N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E2016,0N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E31,5N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E41,5N/mm²

1.1.3. Carga

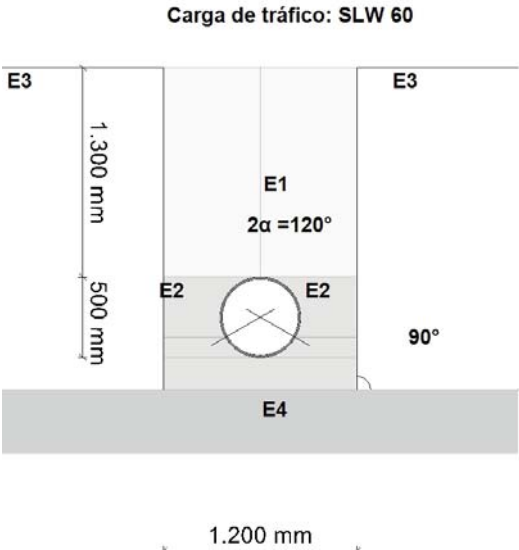
Altura de recubrimiento:	h1,30m
Densidad del suelo:	γ20,0kN/m³
Carga superficial adicional:	p00,0kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b1,20m
Ángulo del talud:	β90°
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a1,00[-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 500 (e = 15,3 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d <sub>i</sub>	469,4	mm
Diámetro exterior:	d <sub>a</sub>	500,0	mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r <sub>m</sub>	242,4	mm
Espesor:	s	15,3	mm
Proporción:	r <sub>m</sub> /s	15,840	[-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α <sub>ki</sub>	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α <sub>ka</sub>	0,979	[-]
Predeformación local:	δ <sub>vl</sub>	0,00	%
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ <sub>vg</sub>	1,00	%
Superficie del perfil radial:	A <sub>rad</sub>	15,3	mm²/mm
Distancia de inercia:	e	7,7	mm
Momento de inercia:	I	298,5	mm⁴/mm
Momento resistente exterior:	W <sub>a</sub>	39,0	mm³/mm
Momento resistente interior:	W <sub>i</sub>	39,0	mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	Y <sub>R</sub>	corto plazo	largo plazo	
Coeficiente de poisson	v	9,4	9,4	kN/m³
		0,38	0,38	[-]

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf $\gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	$r_m$	242,4	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	$\alpha_{ki}$	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	$\alpha_{ka}$	0,979	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo $\kappa$ para carga en zanja (Teoría del Silo):	$\kappa$	1,000	[-]	
$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$				

Coefficiente de carga del suelo $\kappa_0$ para cargas superficiales (Teoría del Silo):	$\kappa_0$	1,000	[-]	
$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$				

$\kappa_0$  y  $\kappa$  están indicadas como 1, porque  $E_1$  es mayor que  $E_3$ .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	$P_{Erd}$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	$P_E$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Tensión debida a carga de tráfico:	$P_V$	41,46	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de impacto (incl.):	$\phi$	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	8,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Factor de reducción por fluencia:	$f_1$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	$f_2$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	$\alpha_B$	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	$\zeta$	0,209	[-]	
$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$				

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left( \frac{b}{d_a} - 1 \right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Rigidez del apoyo horizontal:	$S_{Bh}$	2,010	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$				

Rigidez de apoyo vertical:	$S_{Bv}$	16,000	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$				

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	$2\alpha$	120	°	
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	$a_S$	1,00	[-]	
Proyección relativa efectiva:	$a'$	0,500	[-]	
$a' = a_S - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$				

Ángulo de fricción interna:	$\varphi'$	20,000	°	
Ángulo de fricción de la pared:	$\delta$	20,000	°	

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	553,3	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	18,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	18,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	18,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Rigidez del tubo	$S_R$	16,775	11,603	3,355	kN/m <sup>2</sup>
$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$					

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	$V_{RB}$	0,0083	0,0058	0,0017	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					
Relación de rigidez	$V_S$	0,0846	0,0753	---	[-]

$$V_s = \frac{S_R}{|C_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) $K_2$	0,400	0,400	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo $K^*$	1,202	1,245	---	[-]

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo $c_v^*$	-0,012	-0,010	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$C_v^* = C_{v,qv} + C_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración  $\lambda_R$  y  $\lambda_B$

Factor de concentración máximo	max $\lambda$	1,018	1,018	---	[-]
--------------------------------	---------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[ \frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	$K'$	0,920	0,915	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{C_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} \cdot C_{v,qh^*} \cdot K^*}{C_{v,qv} + C_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	$\lambda_R$	0,831	0,816	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	$\lambda_{RG}$	0,921	0,914	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	$\lambda_{fo}$	3,805	3,805	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	$\lambda_{fu}$	0,647	0,647	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	$\lambda_{RG}$	0,921	0,914	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	$\lambda_B$	1,056	1,061	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	$q_v$	65,41	65,22	---	kN/m <sup>2</sup>
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	$q_h$	12,98	13,04	---	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left( \lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	$q^*_h$	64,02	66,02	---	kN/m <sup>2</sup>
---	---------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_h = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	$q^*_{hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	1,003	1,000	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-0,191	-0,191	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M^*_{qh}$	-0,681	-0,702	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,003	0,003	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	0,135	0,110	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,132	0,107	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma M_{sonst}$	0,003	0,003	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,135	0,110	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	0,428	0,427	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-3,147	-3,160	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N^*_{qh}$	-8,952	-9,232	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	0,009	0,009	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-11,662	-11,957	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-11,671	-11,965	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma N_{sonst}$	0,009	0,009	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-11,662	-11,957	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	-1,018	-1,015	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	0,191	0,191	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	0,782	0,807	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	-0,004	-0,004	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	-0,049	-0,021	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	-0,045	-0,017	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	-0,004	-0,004	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	-0,049	-0,021	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-15,853	-15,807	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,055	-0,055	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-15,908	-15,862	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-15,853	-15,807	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,055	-0,055	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-15,908	-15,862	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M <sub>qv</sub>	1,057	1,053	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M <sub>qh</sub>	-0,191	-0,191	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	-0,681	-0,702	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	0,004	0,004	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	0,190	0,165	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	0,185	0,160	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	0,004	0,004	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	0,190	0,165	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-0,428	-0,427	kN/m

Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	-3,147	-3,160	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	-8,952	-9,232	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,009	-0,009	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-12,536	-12,828	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-12,527	-12,819	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,009	-0,009	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-12,536	-12,828	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	2,679	-2,224	4,031 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	0,085	-0,101	0,114 N/mm²
Tensión total	σ	2,764	-2,324	4,145 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	Y <sub>BZ</sub>	7,598	---	5,066 [-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	Y <sub>BD</sub>	---	9,035	---
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf Y <sub>RBZ</sub>		2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf Y <sub>RBD</sub>		2,50	[-]
Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	-4,063	0,102	-5,469 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	-0,080	0,090	-0,111 N/mm²
Tensión total	σ	-4,143	0,192	-5,579 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	109,401	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,069	---	3,764	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ		2,50		[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD		2,50		[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:			$\Delta d_v$	19,15	mm
Cambio del diámetro horizontal:			$\Delta d_h$	15,44	mm
Deformación vertical relativa:			$\delta_v$	3,95	%
Deflexión admisible:			zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	qv	65,41	kN/m²	
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	$\kappa_{v2}$	0,86	[-]	
Carga vertical total crítica:	krit qv	317,0	kN/m²	
$krit\ q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)				

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	4,85	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf Ystab	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}}$$
 (9.01c)

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	2,006	-1,482	3,354	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	0,085	-0,101	0,114	N/mm²

Tensión total	σ	2,091	-1,583	3,468	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	18,13	18,03	18,16	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	18,13	18,03	18,16	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	8,670	---	5,236	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	---	11,388	---	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	-3,455	-0,603	-4,857	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	-0,080	0,090	-0,111	N/mm²
Tensión total	σ	-3,535	-0,513	-4,968	N/mm²

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	18,20	19,05	18,21	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	18,20	19,05	18,21	N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	---	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,149	37,150	3,665	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:			$\Delta d_v$	21,43	mm
Cambio del diámetro horizontal:			$\Delta d_h$	15,92	mm
Deformación vertical relativa:			$\delta_v$	4,42	%



Deflexión admisible:
 

zul δ <sub>v</sub>	6,00	%
--------------------	------	---

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:
 

q <sub>v</sub>	65,22	kN/m <sup>2</sup>
----------------	-------	-------------------

 Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:
 

κ <sub>v2</sub>	0,85	[-]
-----------------	------	-----

 Carga vertical total crítica:
 

krit q <sub>v</sub>	259,4	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	-------	-------------------

$$k_{rit} q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$$
(9.06a)

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coeficiente de seguridad de estabilidad:
 

γ	3,98	[-]
---	------	-----

 Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:
 

erf γ <sub>stab</sub>	2,00	[-]
-----------------------	------	-----

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## **Apéndice 3**

### **Informe Completo**

#### **Colector 11.2.1**

INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	PROYECTO BÁSICO DE RED DE SANEAMIENTO PARA EL SECTOR HORTA BAIXA DE TURÍS (VALENCIA)
Empresa / Entidad:	Trabajo final de Grado
Autor:	Víctor Galindo Martín
Informe nº:	1
Fecha:	03/06/2016

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. : Colector 11.2.1</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	4
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	6
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion $\lambda_R$ y $\lambda_B$	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : Colector 11.2.1

Descripción del tramo:	Colector 11.2
Notas:	Tramos único del colector 11.2
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

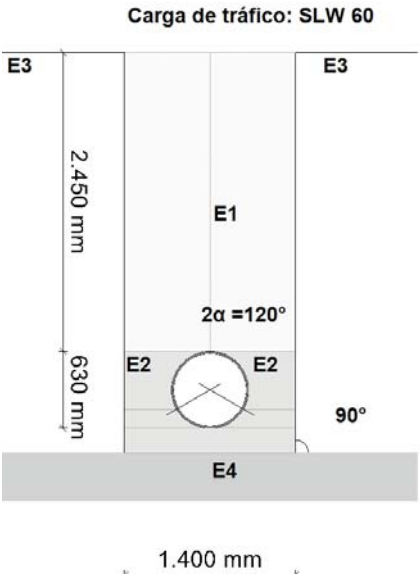
Altura de recubrimiento:	h 2,45 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 1,40 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 630 (e = 19,3 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d <sub>i</sub> 591,4 mm
Diámetro exterior:	d <sub>a</sub> 630,0 mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r <sub>m</sub> 305,4 mm
Espesor:	s 19,3 mm
Proporción:	r <sub>m</sub> /s 15,821 [-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α <sub>ki</sub> 1,021 [-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α <sub>ka</sub> 0,979 [-]
Predeformación local:	δ <sub>vl</sub> 0,00 %
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ <sub>vg</sub> 1,00 %
Superficie del perfil radial:	A <sub>rad</sub> 19,3 mm²/mm
Distancia de inercia:	e 9,7 mm
Momento de inercia:	I 599,1 mm⁴/mm
Momento resistente exterior:	W <sub>a</sub> 62,1 mm³/mm
Momento resistente interior:	W <sub>i</sub> 62,1 mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	Y <sub>R</sub> 9,4	corto plazo	largo plazo	
Coefficiente de poisson	v 0,38	0,38	0,38	kN/m³ [-]

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E <sub>R</sub>	800,0	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	σ <sub>RBZ</sub>	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ <sub>RBD</sub>	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ <sub>RZ</sub>	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf γ <sub>RBZ</sub>	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf γ <sub>RBD</sub>	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf γ <sub>stab</sub>	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r <sub>m</sub>	305,4	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α <sub>ki</sub>	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α <sub>ka</sub>	0,979	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]	
$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$				

Coefficiente de carga del suelo κ <sub>0</sub> para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ <sub>0</sub>	1,000	[-]	
$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$				

κ<sub>0</sub> y κ están indicadas como 1, porque E1 es mayor que E3.

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	h <sub>W.Scheitel</sub>	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P <sub>Erd</sub>	49,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P <sub>E</sub>	49,00	kN/m <sup>2</sup>
Tensión debida a carga de tráfico:	P <sub>V</sub>	25,26	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de impacto (incl.):	φ	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	E <sub>1,σ</sub>	8,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	E <sub>20,σ</sub>	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Factor de reducción por fluencia:	f <sub>1</sub>	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f <sub>2</sub>	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α <sub>B</sub>	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	E <sub>2,σ</sub>	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo natural:	E <sub>3,σ</sub>	1,50	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	E <sub>4,σ</sub>	1,50	N/mm <sup>2</sup>

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	0,188	[-]	
$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$				

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Rigidez del apoyo horizontal:	S <sub>Bh</sub>	1,801	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$				

Rigidez de apoyo vertical:	S <sub>Bv</sub>	16,000	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$				

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	2α	120	°	
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	a <sub>S</sub>	1,00	[-]	
Proyección relativa efectiva:	a'	0,500	[-]	
$a' = a_S - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$				

Ángulo de fricción interna:	φ'	20,000	°	
Ángulo de fricción de la pared:	δ	20,000	°	

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E <sub>R</sub>	800,0	377,7	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	σ <sub>RBZ</sub>	21,0	16,4	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ <sub>RBD</sub>	21,0	16,4	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ <sub>RZ</sub>	21,0	16,4	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Rigidez del tubo	S <sub>R</sub>	16,834	7,947	3,367	kN/m <sup>2</sup>

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$$

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V <sub>RB</sub>	0,0093	0,0044	0,0019	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					

Relación de rigidez	V <sub>S</sub>	0,0784	0,0615	---	[-]
---------------------	----------------	--------	--------	-----	-----

$$V_s = \frac{S_R}{|C_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) $K_2$	0,400	0,400	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo $K^*$	1,186	1,269	---	[-]

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo $c_v^*$	-0,013	-0,008	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$C_v^* = C_{v,qv} + C_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración  $\lambda_R$  y  $\lambda_B$

Factor de concentración máximo	max $\lambda$	1,020	1,020	---	[-]
--------------------------------	---------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[ \frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	$K'$	0,921	0,912	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{C_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} \cdot C_{v,qh^*} \cdot K^*}{C_{v,qv} + C_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	$\lambda_R$	0,806	0,771	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	$\lambda_{RG}$	0,921	0,907	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	$\lambda_{fo}$	3,633	3,633	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	$\lambda_{fu}$	0,535	0,535	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	$\lambda_{RG}$	0,921	0,907	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	$\lambda_B$	1,065	1,076	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	$q_v$	70,38	69,68	---	kN/m <sup>2</sup>
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	$q_h$	23,39	23,62	---	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left( \lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	$q^*_h$	57,53	60,40	---	kN/m <sup>2</sup>
---	---------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_h = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	$q^*_{hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	1,713	1,696	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-0,545	-0,551	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M^*_{qh}$	-0,971	-1,019	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,006	0,006	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	0,203	0,132	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,197	0,126	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma M_{sonst}$	0,006	0,006	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,203	0,132	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	0,580	0,574	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-7,141	-7,212	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N^*_{qh}$	-10,136	-10,641	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	0,014	0,014	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-16,683	-17,265	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-16,697	-17,279	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma N_{sonst}$	0,014	0,014	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-16,683	-17,265	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	-1,739	-1,722	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	0,545	0,551	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M_{qh}^*$	1,116	1,171	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M_{qw}^*$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	-0,007	-0,007	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	-0,086	-0,007	kNm/m
$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^*$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}}$	-0,078	0,000	kNm/m
$\Sigma_{M_{sonst}} = M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma_{M_{sonst}}$	-0,007	-0,007	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,086	-0,007	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	-21,492	-21,275	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N_{qh}^*$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N_{qw}^*$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	-0,087	-0,087	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-21,579	-21,363	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma_{N_{qv,qh,qh^*}}$	-21,492	-21,275	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma_{N_{sonst}}$	-0,087	-0,087	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-21,579	-21,363	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	1,805	1,787	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-0,545	-0,551	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M_{qh}^*$	-0,971	-1,019	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M_{qw}^*$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,009	0,009	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	0,297	0,225	kNm/m
$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^*$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}}$	0,289	0,217	kNm/m
$\Sigma_{M_{sonst}} = M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma_{M_{sonst}}$	0,009	0,009	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,297	0,225	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	-0,580	-0,574	kN/m

Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-7,141	-7,212	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N_{qh}^*$	-10,136	-10,641	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N_{qw}^*$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	-0,014	-0,014	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-17,871	-18,442	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma_{N_{qv,qh,qh^*}}$	-17,858	-18,428	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma_{N_{sonst}}$	-0,014	-0,014	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-17,871	-18,442	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh^*}$	2,371	-2,400	3,822 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	0,107	-0,127	0,144 N/mm²
Tensión total	$\sigma$	2,478	-2,527	3,966 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	$Y_{BZ}$	8,474	---	5,294 [-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	$Y_{BD}$	---	8,311	---
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:		erf $Y_{RBZ}$	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:		erf $Y_{RBD}$	2,50	[-]
Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh^*}$	-3,968	0,120	-5,477 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	-0,101	0,113	-0,139 N/mm²
Tensión total	$\sigma$	-4,069	0,233	-5,616 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	90,306	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,161	---	3,739	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ		2,50		[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD		2,50		[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:				$\Delta d_v$	23,77
Cambio del diámetro horizontal:				$\Delta d_h$	19,50
					mm
					mm
Deformación vertical relativa:				$\delta_v$	3,89
Deflexión admisible:				zul $\delta_v$	6,00
					%
					%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	qv	70,38	kN/m²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	$\kappa_{v2}$	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	krit qv	302,1	kN/m²
$krit\ q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)			

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	4,29	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf Ystab	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}}$$
 (9.01c)

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	1,173	-1,097	2,609	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	0,107	-0,127	0,144	N/mm²

Tensión total	σ	1,280	-1,224	2,753	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	16,18	16,13	16,26	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	16,18	16,13	16,26	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	12,647	---	5,905	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	---	13,181	---	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	-2,878	-1,107	-4,372	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	-0,101	0,113	-0,139	N/mm²
Tensión total	σ	-2,979	-0,995	-4,511	N/mm²

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	16,30	16,65	16,31	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	16,30	16,65	16,31	N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	---	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,472	16,742	3,615	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:				$\Delta d_v$	29,90
Cambio del diámetro horizontal:				$\Delta d_h$	20,48
					mm
					mm
Deformación vertical relativa:				$\delta_v$	4,90
					%



#### 1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

$$\text{krit } q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5} \quad (9.06a)$$

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## **Apéndice 4**

### **Informe Completo**

### **Colector 12.3**

INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	PROYECTO BÁSICO DE RED DE SANEAMIENTO PARA EL SECTOR HORTA BAIXA DE TURÍS (VALENCIA)
Empresa / Entidad:	Trabajo final de Grado
Autor:	Víctor Galindo Martín
Informe nº:	1
Fecha:	03/06/2016

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

1. : Colector 12.3	3
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	4
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	6
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion $\lambda_R$ y $\lambda_B$	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : Colector 12.3

Descripción del tramo:  
Notas:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Colector 12.3  
Tramos 3 del colector 12  
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:  
Módulo de elasticidad E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Módulo de elasticidad E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Módulo de elasticidad E3:  
E4 = 10 · E1:  
Suelo bajo la zanja:  
Cálculo E4:  
Módulo de elasticidad E4:

G1  
Módulo de elasticidad E  
E1 8,0 N/mm²  
G1  
Módulo de elasticidad E  
E20 16,0 N/mm²  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E3 1,5 N/mm²  
No  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E4 1,5 N/mm²

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:  
Carga de tráfico:

h 2,50 m  
γ 20,0 kN/m³  
p0 0,0 kN/m²  
h<sub>W,max</sub> 0,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,00 m  
P<sub>I,K</sub> 0,0 bar  
P<sub>I,L</sub> 0,0 bar  
No  
SLW 60

1.1.4. Instalación

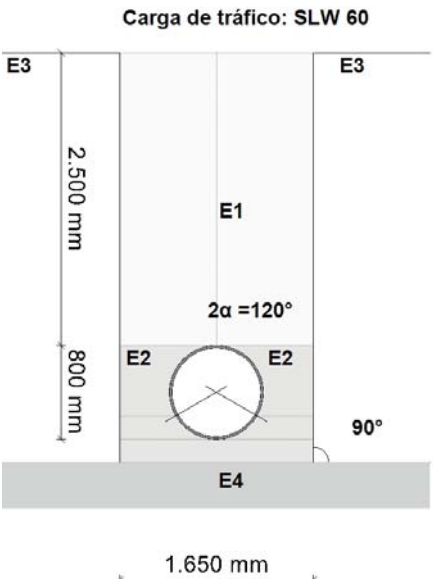
Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 1,65 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 80  
PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)  
DN 800 (e = 24,5 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:  
Diámetro exterior:  
Radio del eje centroide de la pared del tubo:  
Espesor:  
Proporción:  
Factor de corrección de la curvatura interior:  
Factor de corrección de la curvatura exterior:

d<sub>i</sub> 751,0 mm  
d<sub>a</sub> 800,0 mm  
r<sub>m</sub> 387,8 mm  
s 24,5 mm  
r<sub>m</sub>/s 15,827 [-]  
α<sub>ki</sub> 1,021 [-]  
α<sub>ka</sub> 0,979 [-]

Predeformación local:  
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):

δ<sub>vl</sub> 0,00 %  
δ<sub>vg</sub> 1,00 %

Superficie del perfil radial:  
Distancia de inercia:  
Momento de inercia:  
Momento resistente exterior:  
Momento resistente interior:

A<sub>rad</sub> 24,5 mm²/mm  
e 12,3 mm  
I 1.225,5 mm⁴/mm  
W<sub>a</sub> 100,0 mm³/mm  
W<sub>i</sub> 100,0 mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica  
Coeficiente de poisson

Y<sub>R</sub> 9,4  
v 0,38

corto plazo 9,4  
largo plazo 9,4  
kN/m³  
[-]

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E <sub>R</sub>	800,0	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	σ <sub>RBZ</sub>	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ <sub>RBD</sub>	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ <sub>RZ</sub>	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf γ <sub>RBZ</sub>	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf γ <sub>RBD</sub>	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf γ <sub>stab</sub>	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r <sub>m</sub>	387,8	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	α <sub>ki</sub>	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α <sub>ka</sub>	0,979	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo κ para carga en zanja (Teoría del Silo):	κ	1,000	[-]	
$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$				

Coefficiente de carga del suelo κ <sub>0</sub> para cargas superficiales (Teoría del Silo):	κ <sub>0</sub>	1,000	[-]	
$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$				

κ<sub>0</sub> y κ están indicadas como 1, porque E1 es mayor que E3.

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	h <sub>W.Scheitel</sub>	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	P <sub>Erd</sub>	50,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	P <sub>E</sub>	50,00	kN/m <sup>2</sup>
Tensión debida a carga de tráfico:	P <sub>V</sub>	24,81	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de impacto (incl.):	φ	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	E <sub>1,σ</sub>	8,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	E <sub>20,σ</sub>	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Factor de reducción por fluencia:	f <sub>1</sub>	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	f <sub>2</sub>	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	α <sub>B</sub>	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	E <sub>2,σ</sub>	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo natural:	E <sub>3,σ</sub>	1,50	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	E <sub>4,σ</sub>	1,50	N/mm <sup>2</sup>

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	ζ	0,171	[-]	
$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$				

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Rigidez del apoyo horizontal:	S <sub>Bh</sub>	1,637	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$				

Rigidez de apoyo vertical:	S <sub>Bv</sub>	16,000	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$				

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	2α	120	°	
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	a <sub>S</sub>	1,00	[-]	
Proyección relativa efectiva:	a'	0,500	[-]	
$a' = a_S - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$				

Ángulo de fricción interna:	φ'	20,000	°	
Ángulo de fricción de la pared:	δ	20,000	°	

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	E <sub>R</sub>	800,0	372,2	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	σ <sub>RBZ</sub>	21,0	16,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	σ <sub>RBD</sub>	21,0	16,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	σ <sub>RZ</sub>	21,0	16,3	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Rigidez del tubo	S <sub>R</sub>	16,817	7,825	3,363	kN/m <sup>2</sup>

$$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$$

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	V <sub>RB</sub>	0,0103	0,0048	0,0021	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					

Relación de rigidez	V <sub>S</sub>	0,0733	0,0575	---	[-]
---------------------	----------------	--------	--------	-----	-----

$$V_s = \frac{S_R}{|C_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) $K_2$	0,400	0,400	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo $K^*$	1,171	1,262	---	[-]

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo $c_v^*$	-0,014	-0,009	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$C_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración  $\lambda_R$  y  $\lambda_B$

Factor de concentración máximo	max $\lambda$	1,019	1,019	---	[-]
--------------------------------	---------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[ \frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	$K'$	0,922	0,913	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	$\lambda_R$	0,805	0,770	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	$\lambda_{RG}$	0,931	0,919	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	$\lambda_{fo}$	3,625	3,625	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	$\lambda_{fu}$	0,597	0,597	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	$\lambda_{RG}$	0,931	0,919	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	$\lambda_B$	1,065	1,077	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	$q_v$	71,36	70,73	---	kN/m <sup>2</sup>
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	$q_h$	24,50	24,73	---	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left( \lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	$q^*_{h}$	56,75	60,10	---	kN/m <sup>2</sup>
---	-----------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_{h} = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	$q^*_{hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	2,800	2,776	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-0,921	-0,930	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M^*_{qh}$	-1,544	-1,636	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,013	0,013	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	0,348	0,224	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,335	0,210	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma M_{sonst}$	0,013	0,013	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,348	0,224	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	0,747	0,741	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-9,499	-9,590	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N^*_{qh}$	-12,697	-13,447	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	0,022	0,022	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-21,427	-22,275	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-21,450	-22,297	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma N_{sonst}$	0,022	0,022	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-21,427	-22,275	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	-2,843	-2,818	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	0,921	0,930	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	1,775	1,880	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	-0,015	-0,015	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	-0,163	-0,024	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	-0,147	-0,009	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	-0,015	-0,015	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	-0,163	-0,024	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-27,669	-27,427	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,140	-0,140	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-27,809	-27,567	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-27,669	-27,427	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,140	-0,140	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-27,809	-27,567	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M <sub>qv</sub>	2,950	2,925	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M <sub>qh</sub>	-0,921	-0,930	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	-1,544	-1,636	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	0,018	0,018	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	0,503	0,377	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	0,485	0,359	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	0,018	0,018	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	0,503	0,377	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-0,747	-0,741	kN/m

Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	-9,499	-9,590	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	-12,697	-13,447	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,022	-0,022	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-22,966	-23,801	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-22,944	-23,778	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,022	-0,022	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-22,966	-23,801	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	2,543	-2,634	4,015 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	0,136	-0,161	0,183 N/mm²
Tensión total	σ	2,678	-2,795	4,197 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	Y <sub>BZ</sub>	7,841	---	5,003 [-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	Y <sub>BD</sub>	---	7,513	---
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf Y <sub>RBZ</sub>			2,50 [-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf Y <sub>RBD</sub>			2,50 [-]
Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	-4,153	0,313	-5,683 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	-0,128	0,143	-0,177 N/mm²
Tensión total	σ	-4,281	0,457	-5,860 N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00 N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	45,985	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	4,906	---	3,583	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ		2,50		[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD		2,50		[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:			$\Delta d_v$	32,25	mm
Cambio del diámetro horizontal:			$\Delta d_h$	26,88	mm
Deformación vertical relativa:			$\delta_v$	4,16	%
Deflexión admisible:			zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	qv	71,36	kN/m²	
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	$\kappa_{v2}$	0,87	[-]	
Carga vertical total crítica:	krit qv	288,7	kN/m²	
$krit\ q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)				

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	Y	4,05	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf Ystab	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}}$$
 (9.01c)

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	1,237	-1,211	2,696	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	0,136	-0,161	0,183	N/mm²

Tensión total	$\sigma$	1,373	-1,372	2,879	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	16,09	16,05	16,17	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	16,09	16,05	16,17	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	11,722	---	5,617	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	---	11,698	---	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	-2,969	-1,032	-4,486	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	-0,128	0,143	-0,177	N/mm²
Tensión total	$\sigma$	-3,097	-0,889	-4,663	N/mm²

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	16,23	16,70	16,23	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	16,23	16,70	16,23	N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	---	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,239	18,788	3,481	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:			$\Delta d_v$	40,59	mm
Cambio del diámetro horizontal:			$\Delta d_h$	28,47	mm
Deformación vertical relativa:			$\delta_v$	5,23	%



#### 1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

$$\text{krit } q_V = 2 \cdot \kappa_{V2} \cdot (8S_0 \cdot S_{\text{BH}})^{0,5} \quad (9.06a)$$

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## **Apéndice 5**

### **Informe Completo**

### **Colector 4.1.1 y 4.1.2**

INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	PROYECTO BÁSICO DE RED DE SANEAMIENTO PARA EL SECTOR HORTA BAIXA DE TURÍS (VALENCIA)
Empresa / Entidad:	Trabajo final de Grado
Autor:	Víctor Galindo Martín
Informe nº:	1
Fecha:	03/06/2016

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

1. : Colector 4.1.1 y 4.1.2	3
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	4
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	6
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion $\lambda_R$ y $\lambda_B$	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : Colector 4.1.1 y 4.1.2

Descripción del tramo:	Colector 4.1
Notas:	Tramos 1 y 2 del colector 4.1
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E1 8,0 N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E20 16,0 N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E3 1,5 N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E4 1,5 N/mm²

1.1.3. Carga

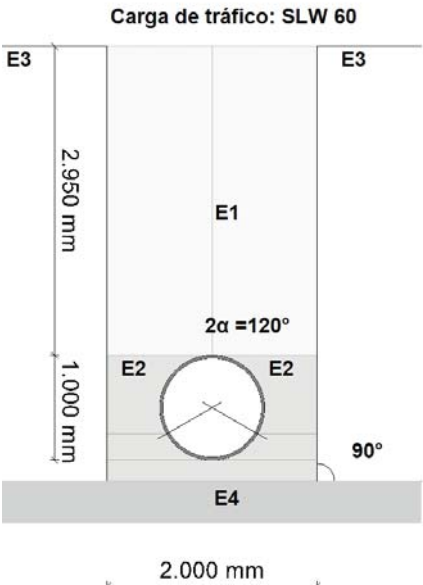
Altura de recubrimiento:	h 2,95 m
Densidad del suelo:	γ 20,0 kN/m³
Carga superficial adicional:	p0 0,0 kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	hw,max 0,00 m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	hw,min 0,00 m
Presión interna, corto plazo:	PI,K 0,0 bar
Presión interna, largo plazo:	PI,L 0,0 bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b 2,00 m
Ángulo del talud:	β 90 °
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 1000 (e = 30,6 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	di 938,8 mm
Diámetro exterior:	da 1.000,0 mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	rm 484,7 mm
Espesor:	s 30,6 mm
Proporción:	rm/s 15,840 [-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	αki 1,021 [-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	αka 0,979 [-]
Predeformación local:	δvl 0,00 %
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δvg 1,00 %
Superficie del perfil radial:	Arad 30,6 mm²/mm
Distancia de inercia:	e 15,3 mm
Momento de inercia:	I 2.387,7 mm⁴/mm
Momento resistente exterior:	Wa 156,1 mm³/mm
Momento resistente interior:	Wi 156,1 mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	YR 9,4	corto plazo	largo plazo	kN/m³
Coefficiente de poisson	v 0,38	0,38	0,38	[-]

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf $\gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	$r_m$	484,7	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	$\alpha_{ki}$	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	$\alpha_{ka}$	0,979	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo $\kappa$ para carga en zanja (Teoría del Silo):	$\kappa$	1,000	[-]
$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$			

Coefficiente de carga del suelo $\kappa_0$ para cargas superficiales (Teoría del Silo):	$\kappa_0$	1,000	[-]
$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$			

$\kappa_0$  y  $\kappa$  están indicadas como 1, porque  $E_1$  es mayor que  $E_3$ .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	$P_{Erd}$	59,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	$P_E$	59,00	kN/m <sup>2</sup>
Tensión debida a carga de tráfico:	$P_V$	21,19	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de impacto (incl.):	$\phi$	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	8,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Factor de reducción por fluencia:	$f_1$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	$f_2$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	$\alpha_B$	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	$\zeta$	0,164	[-]
$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$			

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Rigidez del apoyo horizontal:	$S_{Bh}$	1,578	N/mm <sup>2</sup>
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$			

Rigidez de apoyo vertical:	$S_{Bv}$	16,000	N/mm <sup>2</sup>
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$			

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	$2\alpha$	120	°
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	$a_S$	1,00	[-]
Proyección relativa efectiva:	$a'$	0,500	[-]
$a' = a_S - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$			

Ángulo de fricción interna:	$\varphi'$	20,000	°
Ángulo de fricción de la pared:	$\delta$	20,000	°

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas
--	------------------------------------	--	-------------------------------

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	329,1	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	15,8	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	15,8	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	15,8	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Rigidez del tubo	$S_R$	16,775	6,902	3,355	kN/m <sup>2</sup>
$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$					

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	$V_{RB}$	0,0106	0,0044	0,0021	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					
Relación de rigidez	$V_S$	0,0714	0,0537	---	[-]

$$V_s = \frac{S_R}{|C_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) $K_2$	0,400	0,400	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo $K^*$	1,166	1,270	---	[-]

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo $c_v^*$	-0,015	-0,008	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$C_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración  $\lambda_R$  y  $\lambda_B$

Factor de concentración máximo	max $\lambda$	1,019	1,019	---	[-]
--------------------------------	---------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[ \frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	$K'$	0,922	0,912	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	$\lambda_R$	0,804	0,762	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	$\lambda_{RG}$	0,935	0,921	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	$\lambda_{fo}$	3,558	3,558	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	$\lambda_{fu}$	0,613	0,613	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	$\lambda_{RG}$	0,935	0,921	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	$\lambda_B$	1,065	1,079	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	$q_v$	76,34	75,52	---	kN/m <sup>2</sup>
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	$q_h$	29,14	29,47	---	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left( \lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	$q^*_{h}$	57,23	60,91	---	kN/m <sup>2</sup>
---	-----------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_{h} = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	$q^*_{hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	4,681	4,631	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-1,712	-1,731	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M^*_{qh}$	-2,434	-2,590	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,026	0,026	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	0,561	0,336	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,536	0,310	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma M_{sonst}$	0,026	0,026	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,561	0,336	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	0,999	0,988	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-14,125	-14,284	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N^*_{qh}$	-16,007	-17,035	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	0,035	0,035	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-29,098	-30,295	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-29,133	-30,330	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma N_{sonst}$	0,035	0,035	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-29,098	-30,295	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	-4,753	-4,702	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	1,712	1,731	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	2,797	2,976	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	-0,030	-0,030	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	-0,274	-0,024	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	-0,244	0,005	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	-0,030	-0,030	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	-0,274	-0,024	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-37,001	-36,605	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,219	-0,219	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-37,220	-36,824	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-37,001	-36,605	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,219	-0,219	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-37,220	-36,824	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M <sub>qv</sub>	4,932	4,879	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M <sub>qh</sub>	-1,712	-1,731	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	-2,434	-2,590	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	0,035	0,035	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	0,822	0,593	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	0,787	0,558	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	0,035	0,035	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	0,822	0,593	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-0,999	-0,988	kN/m

Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	-14,125	-14,284	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	-16,007	-17,035	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,035	-0,035	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-31,166	-32,341	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-31,131	-32,307	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,035	-0,035	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-31,166	-32,341	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	2,552	-2,807	4,129	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	0,170	-0,202	0,229	N/mm²
Tensión total	σ	2,722	-3,009	4,358	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	Y <sub>BZ</sub>	7,716	---	4,818	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	Y <sub>BD</sub>	---	6,979	---	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf Y <sub>RBZ</sub>			2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf Y <sub>RBD</sub>			2,50	[-]

Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	-4,312	0,323	-5,952	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	-0,160	0,179	-0,222	N/mm²
Tensión total	σ	-4,472	0,502	-6,174	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	41,794	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	4,696	---	3,402	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ		2,50		[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD		2,50		[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:			$\Delta d_v$	41,99	mm
Cambio del diámetro horizontal:			$\Delta d_h$	35,15	mm
Deformación vertical relativa:			$\delta_v$	4,33	%
Deflexión admisible:			zul $\delta_v$	6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	qv	76,34	kN/m²	
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	$\kappa_{v2}$	0,87	[-]	
Carga vertical total crítica:	krit qv	283,1	kN/m²	
$krit\ q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)				

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	3,71	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf Ystab	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}}$$
 (9.01c)

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	1,037	-1,161	2,597 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	0,170	-0,202	0,229 N/mm²

Tensión total	σ	1,206	-1,362	2,826	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	15,59	15,58	15,70	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	15,59	15,58	15,70	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	12,925	---	5,556	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	---	11,434	---	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh*}$	-2,935	-1,231	-4,558 N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	-0,160	0,179	-0,222 N/mm²
Tensión total	σ	-3,096	-1,051	-4,780 N/mm²

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	15,75	16,17	15,76	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	15,75	16,17	15,76	N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	---	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	5,089	15,379	3,298	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	
Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	qh*
				0,0833	0,0640
					[-]
Cambio del diámetro vertical:			$\Delta d_v$	54,93	mm
Cambio del diámetro horizontal:			$\Delta d_h$	37,41	mm
Deformación vertical relativa:			$\delta_v$	5,67	%



#### 1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	$q_v$	75,52	kN/m <sup>2</sup>
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	$\kappa_{v2}$	0,84	[-]
Carga vertical total crítica:	$krit\ q_v$	175,1	kN/m <sup>2</sup>

$$\text{krit } q_V = 2 \cdot \kappa_{V2} \cdot (8S_0 \cdot S_{\text{BH}})^{0,5} \quad (9.06a)$$

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	2,32	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{\text{stab}}$	2,00	[-]

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## **Apéndice 6**

### **Informe Completo**

### **Colector 15.2.3**

INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	PROYECTO BÁSICO DE RED DE SANEAMIENTO PARA EL SECTOR HORTA BAIXA DE TURÍS (VALENCIA)
Empresa / Entidad:	Trabajo final de Grado
Autor:	Víctor Galindo Martín
Informe nº:	1
Fecha:	03/06/2016

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

1. : Colector 15.2.3	3
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	4
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	6
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion $\lambda_R$ y $\lambda_B$	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : Colector 15.2.3

Descripción del tramo:  
Notas:  
Tipo de cálculo:  
Añadir dibujo para imprimir:

Colector 15.2  
Tramo 3 del colector 15.2  
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:  
Módulo de elasticidad E1:  
Tipo de relleno en la zona del tubo:  
Cálculo E20:  
Módulo de elasticidad E20:  
Tipo de suelo natural:  
Cálculo E3:  
Módulo de elasticidad E3:  
E4 = 10 · E1:  
Suelo bajo la zanja:  
Cálculo E4:  
Módulo de elasticidad E4:

G1  
Módulo de elasticidad E  
E1 8,0 N/mm²  
G1  
Módulo de elasticidad E  
E20 16,0 N/mm²  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E3 1,5 N/mm²  
No  
G4  
Módulo de elasticidad E  
E4 1,5 N/mm²

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:  
Carga de tráfico:

h 1,30 m  
γ 20,0 kN/m³  
p0 0,0 kN/m²  
h<sub>W,max</sub> 0,00 m  
h<sub>W,min</sub> 0,00 m  
P<sub>I,K</sub> 0,0 bar  
P<sub>I,L</sub> 0,0 bar  
No  
SLW 60

1.1.4. Instalación

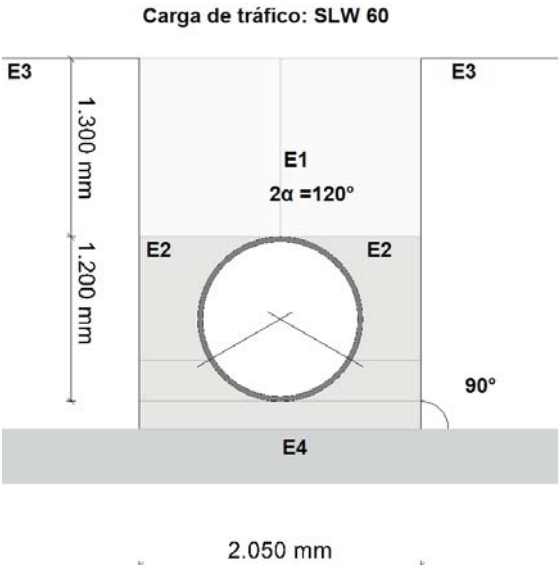
Instalación:  
Ancho de zanja:  
Ángulo del talud:  
Condiciones de relleno:  
Condiciones de la instalación:  
Tipo de apoyo:  
Ángulo de apoyo:  
Proyección relativa:

Zanja  
b 2,05 m  
β 90 °  
A4  
B4  
suelto  
120°  
a 1,00 [-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:  
Presión nominal:  
Diámetro nominal:

PE 80  
PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)  
DN 1200 (e = 36,7 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:  
Diámetro exterior:  
Radio del eje centroide de la pared del tubo:  
Espesor:  
Proporción:  
Factor de corrección de la curvatura interior:  
Factor de corrección de la curvatura exterior:

d<sub>i</sub> 1.126,6 mm  
d<sub>a</sub> 1.200,0 mm  
r<sub>m</sub> 581,7 mm  
s 36,7 mm  
r<sub>m</sub>/s 15,849 [-]  
α<sub>ki</sub> 1,021 [-]  
α<sub>ka</sub> 0,979 [-]

Predeformación local:  
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):

δ<sub>vl</sub> 0,00 %  
δ<sub>vg</sub> 1,00 %

Superficie del perfil radial:  
Distancia de inercia:  
Momento de inercia:  
Momento resistente exterior:  
Momento resistente interior:

A<sub>rad</sub> 36,7 mm²/mm  
e 18,4 mm  
I 4.119,2 mm⁴/mm  
W<sub>a</sub> 224,5 mm³/mm  
W<sub>i</sub> 224,5 mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica  
Coeficiente de poisson

YR  
v corto plazo 9,4 largo plazo 9,4 kN/m³  
0,38 0,38 [-]

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf $\gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	$r_m$	581,7	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	$\alpha_{ki}$	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	$\alpha_{ka}$	0,979	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo $\kappa$ para carga en zanja (Teoría del Silo):	$\kappa$	1,000	[-]	
$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$				

Coefficiente de carga del suelo $\kappa_0$ para cargas superficiales (Teoría del Silo):	$\kappa_0$	1,000	[-]	
$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$				

$\kappa_0$  y  $\kappa$  están indicadas como 1, porque  $E_1$  es mayor que  $E_3$ .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	$P_{Erd}$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	$P_E$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Tensión debida a carga de tráfico:	$P_V$	39,88	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de impacto (incl.):	$\phi$	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	8,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Factor de reducción por fluencia:	$f_1$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	$f_2$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	$\alpha_B$	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	$\zeta$	0,139	[-]	
$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$				

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Rigidez del apoyo horizontal:	$S_{Bh}$	1,335	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$				

Rigidez de apoyo vertical:	$S_{Bv}$	16,000	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$				

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	$2\alpha$	120	°	
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	$a_S$	1,00	[-]	
Proyección relativa efectiva:	$a'$	0,500	[-]	
$a' = a_S - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$				

Ángulo de fricción interna:	$\varphi'$	20,000	°	
Ángulo de fricción de la pared:	$\delta$	20,000	°	

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	547,4	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	18,2	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	18,2	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	18,2	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Rigidez del tubo	$S_R$	16,746	11,459	3,349	kN/m <sup>2</sup>
$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$					

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	$V_{RB}$	0,0125	0,0086	0,0025	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					
Relación de rigidez	$V_S$	0,0634	0,0567	---	[-]

$$V_s = \frac{S_R}{|C_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) $K_2$	0,400	0,400	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo $K^*$	1,137	1,198	---	[-]

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo $c_v^*$	-0,017	-0,013	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$C_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración  $\lambda_R$  y  $\lambda_B$

Factor de concentración máximo	max $\lambda$	1,012	1,012	---	[-]
--------------------------------	---------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[ \frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	$K'$	0,924	0,920	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	$\lambda_R$	0,843	0,829	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	$\lambda_{RG}$	0,963	0,960	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	$\lambda_{fo}$	3,805	3,805	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	$\lambda_{fu}$	0,826	0,826	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	$\lambda_{RG}$	0,963	0,960	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	$\lambda_B$	1,052	1,057	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	$q_v$	64,92	64,83	---	kN/m <sup>2</sup>
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	$q_h$	15,74	15,79	---	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left( \lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	$q^*_h$	57,09	59,97	---	kN/m <sup>2</sup>
---	---------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_h = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	$q^*_{hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	5,732	5,724	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-1,332	-1,336	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M^*_{qh}$	-3,496	-3,672	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,044	0,044	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	0,949	0,761	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	0,905	0,717	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma M_{sonst}$	0,044	0,044	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	0,949	0,761	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	1,019	1,018	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-9,157	-9,185	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N^*_{qh}$	-19,159	-20,126	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	0,050	0,050	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-27,246	-28,243	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-27,296	-28,293	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma N_{sonst}$	0,050	0,050	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-27,246	-28,243	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	-5,820	-5,812	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	1,332	1,336	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	4,017	4,220	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	-0,051	-0,051	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	-0,523	-0,308	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	-0,471	-0,257	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	-0,051	-0,051	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	-0,523	-0,308	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-37,758	-37,708	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,315	-0,315	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-38,073	-38,023	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-37,758	-37,708	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,315	-0,315	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-38,073	-38,023	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	M <sub>qv</sub>	6,040	6,032	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	M <sub>qh</sub>	-1,332	-1,336	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	M* <sub>qh</sub>	-3,496	-3,672	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	M* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	M <sub>g</sub>	0,061	0,061	kNm/m
Momento debido a la sección llena	M <sub>w</sub>	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	M <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kNm/m
ΣM= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales	ΣM	1,273	1,084	kNm/m
Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub> = M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub>				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	Σ <sub>Mqv,qh,qh*</sub>	1,212	1,024	kNm/m
Σ <sub>Msonst</sub> = M* <sub>qw</sub> + M <sub>g</sub> + M <sub>w</sub> + M <sub>pw</sub>				
Momentos totales debidos a otras cargas	Σ <sub>Msonst</sub>	0,061	0,061	kNm/m
ΣM'= M <sub>qv</sub> + M <sub>qh</sub> + M* <sub>qh</sub> + M <sub>g</sub>				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	ΣM'	1,273	1,084	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	N <sub>qv</sub>	-1,019	-1,018	kN/m

Fuerza normal debida a la presión lateral	N <sub>qh</sub>	-9,157	-9,185	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	N* <sub>qh</sub>	-19,159	-20,126	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	N* <sub>qw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	N <sub>g</sub>	-0,050	-0,050	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	N <sub>w</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	N <sub>pw</sub>	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	ΣN	-29,385	-30,380	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	Σ <sub>Nqv,qh,qh*</sub>	-29,335	-30,330	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	Σ <sub>Nsonst</sub>	-0,050	-0,050	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	ΣN'	-29,385	-30,380	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	3,372	-3,172	4,715	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	0,204	-0,242	0,275	N/mm²
Tensión total	σ	3,575	-3,414	4,989	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	Y <sub>BZ</sub>	5,873	---	4,209	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	Y <sub>BD</sub>	---	6,151	---	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf Y <sub>RBZ</sub>			2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf Y <sub>RBD</sub>			2,50	[-]
Exterior:		clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σ <sub>qv,qh,qh*</sub>	-4,690	1,026	-6,086	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σ <sub>sonst</sub>	-0,193	0,215	-0,266	N/mm²
Tensión total	σ	-4,882	1,242	-6,352	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σ <sub>RBZ,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σ <sub>RBD,res</sub>	21,00	21,00	21,00	N/mm²

Coeficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	16,914	---	[-]
Coeficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	4,301	---	3,306	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ		2,50		[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD		2,50		[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	

Coeficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	0,0833	qh*	0,0640	[-]
Cambio del diámetro vertical:				Δdv			57,80	mm
Cambio del diámetro horizontal:				Δdh			49,76	mm
Deformación vertical relativa:				δv			4,97	%
Deflexión admisible:				zul δv			6,00	%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	qv	64,92	kN/m²	
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	κv2	0,87	[-]	
Carga vertical total crítica:	krit qv	260,1	kN/m²	
$krit q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$				(9.06a)

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	γ	4,01	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf γstab	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σqv,qh,qh*	2,488	-2,194	3,830	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σsonst	0,204	-0,242	0,275	N/mm²

Tensión total	σ	2,692	-2,436	4,104	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	17,92	17,82	17,95	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	17,92	17,82	17,95	N/mm²
Coeficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	6,655	---	4,374	[-]
Coeficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	---	7,312	---	[-]

Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σqv,qh,qh*	-3,896	0,091	-5,291	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σsonst	-0,193	0,215	-0,266	N/mm²
Tensión total	σ	-4,089	0,307	-5,557	N/mm²

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	18,04	15,26	18,03	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	18,04	15,26	18,03	N/mm²

Coeficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	49,766	---	[-]
Coeficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	4,412	---	3,246	[-]

Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033	[-]	
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033	[-]	

Coeficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	0,0833	qh*	0,0640	[-]
Cambio del diámetro vertical:				Δdv			64,54	mm
Cambio del diámetro horizontal:				Δdh			52,27	mm
Deformación vertical relativa:				δv			5,55	%



#### 1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	$q_v$	64,83	kN/m <sup>2</sup>
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	$\kappa_{v2}$	0,86	[-]
Carga vertical total crítica:	$krit\ q_v$	213,8	kN/m <sup>2</sup>

$$\text{krit } q_V = 2 \cdot \kappa_{V2} \cdot (8S_0 \cdot S_{\text{BH}})^{0,5} \quad (9.06a)$$

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	3,30	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{\text{stab}}$	2,00	[-]

Todas las pruebas necesarias son correctas.

## **Apéndice 7**

### **Informe Completo**

### **Colector 15.3**

INFORME COMPLETO

Estudio estático para Tuberías A 127

Proyecto:	PROYECTO BÁSICO DE RED DE SANEAMIENTO PARA EL SECTOR HORTA BAIXA DE TURÍS (VALENCIA)
Empresa / Entidad:	Trabajo final de Grado
Autor:	Víctor Galindo Martín
Informe nº:	1
Fecha:	03/06/2016

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. : Colector 15.3</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	4
1.2. Resultados:	4
1.2.1. resultados intermedios del tubo	4
1.2.1.1. propiedades del material	4
1.2.1.2. Factores de seguridad	5
1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga	5
1.2.2.1. geometría del tubo	5
1.2.2.2. Teoría del silo	5
1.2.2.3. Carga	5
1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB	5
1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo	6
1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción	6
1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular	6
1.2.2.8. relación de rigidez	6
1.2.2.9. Coeficientes	7
1.2.2.10. Factores de concentracion $\lambda_R$ y $\lambda_B$	7
1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo	7
1.2.3. Sección fuerzas clave	8
1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	8
1.2.5. Sección fuerzas base	9
1.2.6. Caso de carga a corto plazo	10
1.2.6.1. prueba de tensión	10
1.2.6.2. Prueba de deformación	11
1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):	11
1.2.7. Caso de carga a largo plazo	11
1.2.7.1. prueba de tensión	11
1.2.7.2. Prueba de deformación	12
1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):	13



1. : Colector 15.3

Descripción del tramo:	Colector 15.3
Notas:	Tramo único del colector 15.3
Tipo de cálculo:	Según tabla
Añadir dibujo para imprimir:	Si

1.1. Entrada de datos:

1.1.1. Opciones de seguridad

Clase de seguridad:	A (caso normal)
Deflexión admisible:	6% (habitual)
Tratamiento de la presión interna:	De acuerdo con la nota 39 de la ATV 127
Menores factores de seguridad para compresión por flexión:	no (ATV A 127)
La aplicación de la ATV A 127 no ha sido verificada para ver si la rigidez circunferencial mínima ha sido alcanzada:	No

1.1.2. Suelo

Tipo de relleno:	G1
Cálculo E1:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E1:	E18,0N/mm²
Tipo de relleno en la zona del tubo:	G1
Cálculo E20:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E20:	E2016,0N/mm²
Tipo de suelo natural:	G4
Cálculo E3:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E3:	E31,5N/mm²
E4 = 10 · E1:	No
Suelo bajo la zanja:	G4
Cálculo E4:	Módulo de elasticidad E
Módulo de elasticidad E4:	E41,5N/mm²

1.1.3. Carga

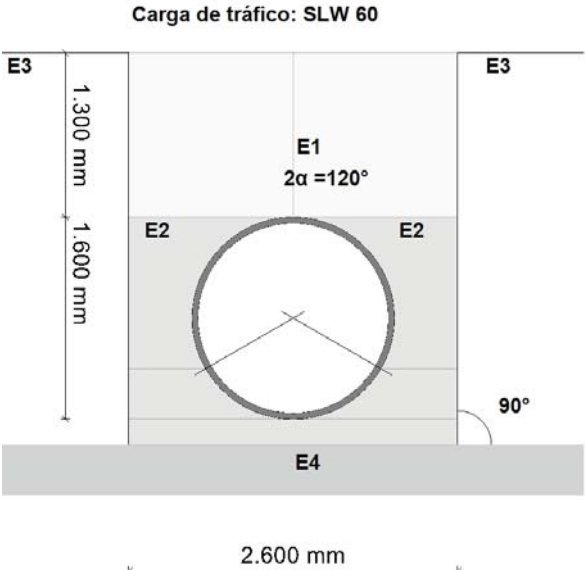
Altura de recubrimiento:	h1,30m
Densidad del suelo:	γ20,0kN/m³
Carga superficial adicional:	p00,0kN/m²
Nivel freático máximo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,max</sub> 0,00m
Nivel freático mínimo sobre el lecho del tubo:	h <sub>W,min</sub> 0,00m
Presión interna, corto plazo:	P <sub>I,K</sub> 0,0bar
Presión interna, largo plazo:	P <sub>I,L</sub> 0,0bar
Sección llena:	No
Carga de tráfico:	SLW 60

1.1.4. Instalación

Instalación:	Zanja
Ancho de zanja:	b2,60m
Ángulo del talud:	β90°
Condiciones de relleno:	A4
Condiciones de la instalación:	B4
Tipo de apoyo:	suelto
Ángulo de apoyo:	120°
Proyección relativa:	a1,00[-]

1.1.5. Tubo de la base de datos

Material:	PE 80
Presión nominal:	PN = 4,0 bar (SDR = 33,0)
Diámetro nominal:	DN 1600 (e = 49,0 mm)



1.2. Resultados:

1.2.1. resultados intermedios del tubo

Diámetro interior:	d <sub>i</sub>	1.502,0	mm
Diámetro exterior:	d <sub>a</sub>	1.600,0	mm
Radio del eje centroide de la pared del tubo:	r <sub>m</sub>	775,5	mm
Espesor:	s	49,0	mm
Proporción:	r <sub>m</sub> /s	15,827	[-]
Factor de corrección de la curvatura interior:	α <sub>Ki</sub>	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	α <sub>Ka</sub>	0,979	[-]
Predeformación local:	δ <sub>vl</sub>	0,00	%
Predeformación (ovalización antes de aplicación de la carga):	δ <sub>vg</sub>	1,00	%
Superficie del perfil radial:	A <sub>rad</sub>	49,0	mm²/mm
Distancia de inercia:	e	24,5	mm
Momento de inercia:	I	9.804,1	mm⁴/mm
Momento resistente exterior:	W <sub>a</sub>	400,2	mm³/mm
Momento resistente interior:	W <sub>i</sub>	400,2	mm³/mm

1.2.1.1. propiedades del material

Gravedad específica	Y <sub>R</sub>	corto plazo	largo plazo	
Coeficiente de poisson	v	9,4	9,4	kN/m³
		0,38	0,38	[-]

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	14,0	N/mm <sup>2</sup>

1.2.1.2. Factores de seguridad

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción	erf $\gamma_{RBZ}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión	erf $\gamma_{RBD}$	2,50	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad	erf $\gamma_{stab}$	2,00	2,00	[-]

1.2.2. Resultados intermedios para caso de carga

1.2.2.1. geometría del tubo

Radio del eje centroide de la pared del tubo:	$r_m$	775,5	mm
Factor de corrección de la curvatura interior:	$\alpha_{ki}$	1,021	[-]
Factor de corrección de la curvatura exterior:	$\alpha_{ka}$	0,979	[-]

1.2.2.2. Teoría del silo

Coefficiente de carga del suelo $\kappa$ para carga en zanja (Teoría del Silo):	$\kappa$	1,000	[-]	
$\kappa = \frac{1 - e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}}}{2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.04)$				

Coefficiente de carga del suelo $\kappa_0$ para cargas superficiales (Teoría del Silo):	$\kappa_0$	1,000	[-]	
$\kappa_0 = e^{-2 \cdot K_1 \cdot \tan \delta \cdot \frac{h}{b}} \quad (5.05)$				

$\kappa_0$  y  $\kappa$  están indicadas como 1, porque  $E_1$  es mayor que  $E_3$ .

1.2.2.3. Carga

Nivel freático máximo sobre la cama del tubo:	$h_{W,Scheitel}$	0,00	m
Carga vertical debida al peso del relleno:	$P_{Erd}$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Carga vertical debida al peso del relleno y a la carga superficial:	$P_E$	26,00	kN/m <sup>2</sup>
Tensión debida a carga de tráfico:	$P_V$	39,16	kN/m <sup>2</sup>
Coefficiente de impacto (incl.):	$\phi$	1,20	[-]

1.2.2.4. Módulo de deformación del suelo EB

Módulo elástico del relleno bajo carga:	$E_{1,\sigma}$	8,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico de los riñones bajo carga:	$E_{20,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Factor de reducción por fluencia:	$f_1$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (nivel freático):	$f_2$	1,000	[-]
Factor de reducción E20 (zanja estrecha):	$\alpha_B$	1,000	[-]
Módulo elástico del apoyo (reducido):	$E_{2,\sigma}$	16,00	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo natural:	$E_{3,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico del suelo bajo el tubo:	$E_{4,\sigma}$	1,50	N/mm <sup>2</sup>

1.2.2.5. Valores de rigidez del suelo

Factor de corrección por rigidez del apoyo horizontal:	$\zeta$	0,133	[-]	
$\zeta = \frac{1,667}{\Delta f + (1,667 - \Delta f) \cdot \frac{E_2}{E_3}} \quad (6.17)$				

$$\Delta f = \frac{\frac{b}{d_a} - 1}{0,982 + 0,283 \cdot \left(\frac{b}{d_a} - 1\right)} \leq 1,667 \quad \text{Corrección (6.18)}$$

Rigidez del apoyo horizontal:	$S_{Bh}$	1,273	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bh} = 0,6 \cdot \zeta \cdot E_2 \quad (6.16)$				

Rigidez de apoyo vertical:	$S_{Bv}$	16,000	N/mm <sup>2</sup>	
$S_{Bv} = \frac{E_2}{a} \quad (6.12)$				

1.2.2.6. Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción

Ángulo de apoyo, proyección relativa efectiva y ángulo de fricción:	$2\alpha$	120	°	
Proyección incrementada debido a la pérdida de soporte del suelo:	$a_S$	1,00	[-]	
Proyección relativa efectiva:	$a'$	0,500	[-]	
$a' = a_S - \frac{E_1}{E_2} \geq 0,26 \quad (6.05)$				

Ángulo de fricción interna:	$\varphi'$	20,000	°	
Ángulo de fricción de la pared:	$\delta$	20,000	°	

	corto plazo Todas las cargas	largo plazo Cargas del suelo cargas de tráfico	largo plazo otro Cargas	
--	------------------------------------	--	-------------------------------	--

1.2.2.7. Valores característicos del material del tubo y rigidez anular

Valor característico del módulo de elasticidad en sentido circunferencial	$E_R$	800,0	544,6	160,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de tracción por deflexión	$\sigma_{RBZ}$	21,0	18,2	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la deflexión radial por esfuerzo de compresión	$\sigma_{RBD}$	21,0	18,2	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Valor característico de la tensión en sentido circunferencial	$\sigma_{RZ}$	21,0	18,2	14,0	N/mm <sup>2</sup>
Rigidez del tubo	$S_R$	16,817	11,449	3,363	kN/m <sup>2</sup>
$S_R = \frac{E_R \cdot I}{r_m^3} \quad (6.10a)$					

1.2.2.8. relación de rigidez

Rigidez del sistema	$V_{RB}$	0,0132	0,0090	0,0026	[-]
$V_{RB} = \frac{S_R}{S_{Bh}} = \frac{8 \cdot S_0}{S_{Bh}} \quad (6.15)$					
Relación de rigidez	$V_S$	0,0614	0,0548	---	[-]

$$V_s = \frac{S_R}{|C_v^*| \cdot S_{Bv}} \quad (6.08a)$$

1.2.2.9. Coeficientes

Relación por presión de enterramiento (apoyo) $K_2$	0,400	0,400	---	[-]
Coeficiente por presión de reacción del apoyo $K^*$	1,128	1,191	---	[-]

$$K^* = \frac{C_{h,qv}}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (6.14)$$

Coeficiente por presión de reacción del apoyo $c_v^*$	-0,017	-0,013	---	[-]
---	--------	--------	-----	-----

$$C_v^* = c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^* \quad (6.13)$$

1.2.2.10. Factores de concentración  $\lambda_R$  y  $\lambda_B$

Factor de concentración máximo	max $\lambda$	1,010	1,010	---	[-]
--------------------------------	---------------	-------	-------	-----	-----

$$\max \lambda = 1 + \frac{\frac{h}{d_a}}{\frac{3,5}{a'} + \frac{2,2}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} + \left[ \frac{0,62}{a'} + \frac{1,6}{\frac{E_4}{E_1} \cdot (a' - 0,25)} \right] \cdot \frac{h}{d_a}} \quad (6.04)$$

Coeficiente por factor de concentración máximo	$K'$	0,924	0,921	---	[-]
--	------	-------	-------	-----	-----

$$K' = - \frac{c_{v,qh} + \frac{C_{h,qh}}{C_{h,qv}} \cdot c_{v,qh^*} \cdot K^*}{c_{v,qv} + c_{v,qh^*} \cdot K^*} \quad (6.06b)$$

Factor de concentración sobre el tubo, valor inicial	$\lambda_R$	0,859	0,845	---	[-]
--	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_R = \frac{\max \lambda \cdot V_s + a' \cdot \frac{4 \cdot K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}}{V_s + a' \cdot \frac{3 + K_2 \cdot K'}{3} \cdot \frac{\max \lambda - 1}{a' - 0,25}} \quad (6.06a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, bajo el efecto de la zanja	$\lambda_{RG}$	0,971	0,968	---	[-]
---	----------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_{RG} = \frac{\lambda_R - 1}{3} \cdot \frac{b}{d_a} + \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.21a)$$

Factor de concentración sobre el tubo, límite superior	$\lambda_{fo}$	3,805	3,805	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, límite inferior	$\lambda_{fu}$	0,866	0,866	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración sobre el tubo, valor final	$\lambda_{RG}$	0,971	0,968	---	[-]
--	----------------	-------	-------	-----	-----

Factor de concentración del suelo	$\lambda_B$	1,047	1,052	---	[-]
-----------------------------------	-------------	-------	-------	-----	-----

$$\lambda_B = \frac{4 - \lambda_R}{3} \quad (6.07)$$

1.2.2.11. Distribución de presiones en la circunferencia del tubo

Carga vertical total	$q_v$	64,40	64,33	---	kN/m <sup>2</sup>
----------------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_v = \lambda_{RG} \cdot p_E + p_v \quad (6.24)$$

Presión lateral	$q_h$	17,29	17,34	---	kN/m <sup>2</sup>
-----------------	-------	-------	-------	-----	-------------------

$$q_h = K_2 \cdot \left( \lambda_B \cdot p_E + \gamma_B \cdot \frac{d_a}{2} \right) \quad (7.01)$$

Presión de reacción del apoyo (carga del suelo)	$q^*_h$	54,39	57,32	---	kN/m <sup>2</sup>
---	---------	-------	-------	-----	-------------------

$$q^*_h = \frac{C_{h,qv} \cdot q_v + C_{h,qh} \cdot q_h}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02a)$$

Presión de reacción del apoyo (sección llena)	$q^*_{hw}$	0,00	0,00	---	kN/m <sup>2</sup>
---	------------	------	------	-----	-------------------

$$q^*_{hw} = \frac{C_{hw} \cdot q_w}{V_{RB} - C_{h,qh^*}} \quad (7.02b)$$

1.2.3. Sección fuerzas clave

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	10,108	10,097	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-2,599	-2,606	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M^*_{qh}$	-5,921	-6,240	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M^*_{qw}$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,106	0,106	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	1,693	1,356	kNm/m
$\Sigma M_{qv,qh,qh^*} = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh}$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma M_{qv,qh,qh^*}$	1,588	1,251	kNm/m
$\Sigma M_{sonst} = M^*_{qw} + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma M_{sonst}$	0,106	0,106	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M^*_{qh} + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	1,693	1,356	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	1,348	1,347	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-13,408	-13,444	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N^*_{qh}$	-24,340	-25,650	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N^*_{qw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	0,089	0,089	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-36,310	-37,658	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma N_{qv,qh,qh^*}$	-36,399	-37,747	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma N_{sonst}$	0,089	0,089	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-36,310	-37,658	kN/m

1.2.4. Sección fuerzas generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	-10,263	-10,252	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	2,599	2,606	kNm/m

Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M_{qh}^*$	6,804	7,171	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M_{qw}^*$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	-0,122	-0,122	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	-0,981	-0,596	kNm/m
$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^*$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}}$	-0,859	-0,474	kNm/m
$\Sigma_{M_{sonst}} = M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma_{M_{sonst}}$	-0,122	-0,122	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	-0,981	-0,596	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	-49,940	-49,884	kN/m
Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N_{qh}^*$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N_{qw}^*$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	-0,561	-0,561	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-50,501	-50,446	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma_{N_{qv,qh,qh^*}}$	-49,940	-49,884	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma_{N_{sonst}}$	-0,561	-0,561	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-50,501	-50,446	kN/m

1.2.5. Sección fuerzas base

		corto plazo	largo plazo	
Momento debido a cargas verticales totales	$M_{qv}$	10,650	10,638	kNm/m
Momento debido a la presión lateral	$M_{qh}$	-2,599	-2,606	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo horizontal	$M_{qh}^*$	-5,921	-6,240	kNm/m
Momento debido a la reacción de la presión del apoyo (sección llena)	$M_{qw}^*$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a las cargas muertas	$M_g$	0,144	0,144	kNm/m
Momento debido a la sección llena	$M_w$	0,000	0,000	kNm/m
Momento debido a la presión del agua	$M_{pw}$	0,000	0,000	kNm/m
$\Sigma M = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales	$\Sigma M$	2,274	1,936	kNm/m
$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}} = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^*$				
Momentos totales debidos a las cargas del suelo y tráfico	$\Sigma_{M_{qv,qh,qh^*}}$	2,130	1,792	kNm/m
$\Sigma_{M_{sonst}} = M_{qw}^* + M_g + M_w + M_{pw}$				
Momentos totales debidos a otras cargas	$\Sigma_{M_{sonst}}$	0,144	0,144	kNm/m
$\Sigma M' = M_{qv} + M_{qh} + M_{qh}^* + M_g$				
Momentos totales debidos a la sección llena y a la presión	$\Sigma M'$	2,274	1,936	kNm/m
Fuerza normal debida a las cargas verticales totales	$N_{qv}$	-1,348	-1,347	kN/m

Fuerza normal debida a la presión lateral	$N_{qh}$	-13,408	-13,444	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho	$N_{qh}^*$	-24,340	-25,650	kN/m
Fuerza normal debida a la reacción de la presión del lecho (relleno del agua)	$N_{qw}^*$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida al peso muerto	$N_g$	-0,089	-0,089	kN/m
Fuerza normal debida al relleno de agua	$N_w$	0,000	0,000	kN/m
Fuerza normal debida a la presión del agua	$N_{pw}$	0,000	0,000	kN/m
Fuerzas totales normales	$\Sigma N$	-39,185	-40,530	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\Sigma_{N_{qv,qh,qh^*}}$	-39,096	-40,441	kN/m
Fuerzas normales totales debidas a otras cargas	$\Sigma_{N_{sonst}}$	-0,089	-0,089	kN/m
Total sin sección llena y sin presión	$\Sigma N'$	-39,185	-40,530	kN/m

1.2.6. Caso de carga a corto plazo

1.2.6.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh^*} \cdot \bar{\sigma}_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh^*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh^*}$	3,308	-3,212	4,637 N/mm <sup>2</sup>
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	0,271	-0,322	0,366 N/mm <sup>2</sup>
Tensión total	$\sigma$	3,579	-3,534	5,002 N/mm <sup>2</sup>
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm <sup>2</sup>
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	$Y_{BZ}$	5,867	---	4,198 [-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	$Y_{BD}$	---	5,942	---
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:		erf $Y_{RBZ}$		2,50 [-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:		erf $Y_{RBD}$		2,50 [-]
Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base	
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	$\sigma_{qv,qh,qh^*}$	-4,627	1,083	-6,008 N/mm <sup>2</sup>
Tensiones debidas a otras cargas	$\sigma_{sonst}$	-0,256	0,287	-0,354 N/mm <sup>2</sup>
Tensión total	$\sigma$	-4,883	1,370	-6,362 N/mm <sup>2</sup>
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBZ,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm <sup>2</sup>
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	$\sigma_{RBD,res}$	21,00	21,00	21,00 N/mm <sup>2</sup>

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	15,333	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	4,301	---	3,301	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ		2,50		[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD		2,50		[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.6.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033		[-]
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033		[-]

Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	0,0833	qh*	0,0640	[-]
--	-----	----	---------	----	--------	-----	--------	-----

Cambio del diámetro vertical:				Δdv		76,47		mm
Cambio del diámetro horizontal:				Δdh		66,26		mm

Deformación vertical relativa:				δv		4,93		%
Deflexión admisible:				zul δv		6,00		%

La deflexión determinada es menor que la deflexión permitida.

1.2.6.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	qv	64,40	kN/m²
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	kv2	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	krit qv	254,6	kN/m²
$krit q_v = 2 \cdot \kappa_{v2} \cdot (8S_0 \cdot S_{Bh})^{0,5}$ (9.06a)			

La prueba de colapso por presión de agua no aplica, dado que no hay presencia de nivel freático ni vacío.

Coefficiente de seguridad de estabilidad:	γ	3,95	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	erf Ystab	2,00	[-]

Los coeficientes de seguridad al pandeo determinados son suficientes.

1.2.7. Caso de carga a largo plazo

1.2.7.1. prueba de tensión

$$\sigma_{R,res} = \frac{\sigma_{qv,qh,qh*} \cdot \sigma_R + \sigma_{sonst} \cdot \sigma_{R,L}}{\sigma_{qv,qh,qh*} + \sigma_{sonst}} \quad (9.01c)$$

Interior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σqv,qh,qh*	2,421	-2,229	3,747	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σsonst	0,271	-0,322	0,366	N/mm²

Tensión total	σ	2,692	-2,551	4,113	N/mm²
Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	17,78	17,68	17,83	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	17,78	17,68	17,83	N/mm²
Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	6,607	---	4,336	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	---	6,928	---	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Exterior:	clave	generatriz sobre el diámetro horizontal del tubo	base		
Tensiones debidas a las cargas del suelo y del tráfico	σqv,qh,qh*	-3,830	0,143	-5,209	N/mm²
Tensiones debidas a otras cargas	σsonst	-0,256	0,287	-0,354	N/mm²
Tensión total	σ	-4,086	0,429	-5,564	N/mm²

Tensión de tracción por flexión a ser considerada	σRBZ,res	17,94	15,40	17,94	N/mm²
Tensión de compresión por flexión a ser considerada	σRBD,res	17,94	15,40	17,94	N/mm²

Coefficiente de seguridad para tensión por flexión:	YBZ	---	35,860	---	[-]
Coefficiente de seguridad para compresión por flexión:	YBD	4,391	---	3,224	[-]

Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a tracción:	erf YRBZ	2,50	[-]
Coefficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad, tensión a compresión:	erf YRBD	2,50	[-]

Todos los coeficientes de seguridad calculados en la prueba de tensión son suficientes.

1.2.7.2. Prueba de deformación

Modo de cálculo:	lineal				
Relación:	$I/(A \cdot \text{rm}^2)$		0,00033		[-]
Relación ' $I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$ ':	$I/(A \cdot \text{rm}^2) \cdot \kappa_q$		0,00033		[-]

Coefficiente resultante de deformación	c'v	qv	-0,0893	qh	0,0833	qh*	0,0640	[-]
--	-----	----	---------	----	--------	-----	--------	-----

Cambio del diámetro vertical:				Δdv		85,55		mm
Cambio del diámetro horizontal:				Δdh		69,82		mm

Deformación vertical relativa:				δv		5,52		%
--------------------------------	--	--	--	----	--	------	--	---



#### 1.2.7.3. Prueba de estabilidad (lineal):

Carga vertical total:	$q_v$	64,33	kN/m <sup>2</sup>
Factor de reducción de carga de colapso por cargas de suelo/tráfico:	$\kappa_{v2}$	0,87	[-]
Carga vertical total crítica:	$krit\ q_v$	209,1	kN/m <sup>2</sup>

$$\text{krit } q_V = 2 \cdot \kappa_{V2} \cdot (8S_0 \cdot S_{\text{BH}})^{0,5} \quad (9.06a)$$

Coeficiente de seguridad de estabilidad:	$\gamma$	3,25	[-]
Coeficiente global de seguridad requerido, fallo por inestabilidad:	$\text{erf } \gamma_{\text{stab}}$	2,00	[-]

Todas las pruebas necesarias son correctas.