



### **ANEJO Nº3**

## **CÁLCULOS ESTRUCTURALES**





## **ANEJO Nº 3**

### **CÁLCULOS ESTRUCTURALES**

#### **INDICE**

CÁLCULOS ESTRUCTURALES.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 TUBERÍAS DE PVC.....	2
3 TUBERÍAS DE GRES.....	3
4 TUBERÍAS DE HORMIGÓN .....	4



## **CÁLCULOS ESTRUCTURALES**

### **1 INTRODUCCIÓN**

En este anejo se indica el cálculo realizado para dimensionar las diferentes estructuras definidas dentro del Proyecto de prevención de inundaciones de las regatas de la ladera este de Jaizkibel en Hondarribia (Fase 2: colectores 6 y 8).

Estas estructuras son las siguientes:

- Tuberías de PVC
- Tuberías de gres
- Tuberías de hormigón

A continuación se explica el cálculo realizado para cada uno de los tipos estructurales anteriormente indicados.

## 2 TUBERÍAS DE PVC

Los colectores de 400 y 315 mm. de diámetro se han proyectado en PVC para no tener posibles problemas de corrosión por sulfhídrico y mejorar las condiciones de autolimpieza.

El cálculo se realiza siguiendo la metodología del programa de cálculo de ASETUB.

Las condiciones del terreno y del tubo empleadas en el cálculo son las siguientes:

- Terreno: densidad: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Módulo de Elasticidad: 5 N/mm<sup>2</sup> (compactación 90% Próctor)
- Relleno: densidad: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Ángulo de rozamiento: 30º  
Módulo de Elasticidad: 5 N/mm<sup>2</sup> (compactación 90% Próctor)  
Ángulo de apoyo del tubo: 120º
- Tuberías: Diámetro exterior: 315mm. Espesor: 9,2 mm.  
Diámetro exterior: 400mm. Espesor: 11,7 mm.  
Módulo de elasticidad a largo plazo: 20.000 Kg/cm<sup>2</sup>

En las zonas con viales se aplicará una carga de tráfico de 60 Tn y en las zonas peatonales o ajardinadas se aplicará una carga de 12 Tn.

De acuerdo con el programa de cálculo se han calculado la deflexión, coeficiente de seguridad a pandeo y coeficiente de seguridad tensional, que el primero debe ser inferior a 5% y los coeficientes de seguridad deben de ser superiores a 2.5.

En las hojas del anexo nº 1, se justifica que hace falta refuerzo de hormigón para zanjas menos profundas y con menores recubrimientos que los mostrados en el siguiente cuadro:

Diámetro	SN	Sobrecarga	Profundidad de zanja	Recubrimiento
315	8	60 T	1.70	1.40
400	8	60 T	1.85	1.45
400	8	12 T	1.15	0.75

### 3 TUBERÍAS DE GRES

Los colectores de 400 y 300 mm. de diámetro se han proyectado en gres para no tener posibles problemas de corrosión por ataques salinos y mejorar las condiciones de autolimpieza.

El cálculo se realiza siguiendo la metodología del programa de cálculo proporcionado por Keramo, fabricante de la tubería de gres según la norma alemana ATV-A127, de acuerdo con la metodología explicada en el Anexo nº2.

Las condiciones del terreno y del tubo empleadas en el cálculo son las siguientes:

- Terreno: densidad: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Módulo de Elasticidad: 6 N/mm<sup>2</sup> (compactación 90% Próctor)
- Relleno: densidad: 20 kN/m<sup>3</sup>  
Ángulo de rozamiento: 30º  
Módulo de Elasticidad: 6 N/mm<sup>2</sup> (compactación 90% Próctor)
- Apoyo: Cama de hormigón con un ángulo de apoyo del tubo: 120º
- Tuberías: Diámetro exterior: 300mm. Clase 160  
Diámetro exterior: 400mm. Clase 160

En las zonas con viales se aplicará una carga de tráfico de 60Tn.

De acuerdo con el programa de cálculo se han calculado el coeficiente de seguridad a tensión en el tubo de gres incluido el cálculo de fatiga, que debe ser superior a 2.2. El resultado de cálculo de ambos coeficientes se indica en la tabla siguiente. En las hojas del anexo nº 2, se justifica el cálculo realizado.

Diámetro	Clase	Sobrecarga	Profundidad de zanja	Coeficiente de seguridad
300	160	60 T	3.30	4.31
300	160	60 T	3.40	4.20
400	160	60 T	2.60	5.25
400	160	60 T	4.90	2.91

## 4 TUBERÍAS DE HORMIGÓN

Para el cálculo de la tubería de hormigón se ha seguido una metodología similar a la empleada con las tuberías de PVC.

El proceso de cálculo seguido es el indicado por el libro "Concrete Pipe. Design Manual" del American Concrete Pipe Association, que ha sido resumido y traducido al español por la Asociación de Fabricantes de Tuberías de Hormigón en la publicación titulada "Cálculo de los tubos de saneamiento de hormigón armado".

La teoría empleada para el cálculo del tubo es la teoría de Marston despreciando el empuje lateral de las tierras sobre el tubo y suponiendo una densidad del terreno de  $1,92 \text{ Tn/m}^3$  y un factor de apoyo de 2,8. Esto obliga, según la publicación "Gravity Sanitary Sewer. Design and Construction" de la American Society of Civil Engineers, que el tubo esté apoyado en una cama de hormigón que recoja 120º de tubería y que el relleno esté perfectamente compactado, suponiendo una compactación superior al 95% Proctor. En caso de que no se pudiera cumplir esta última condición, el factor de apoyo sería de 2,2.

Como normalmente en una zanja estrecha no es posible cumplir las compactaciones del 95% Proctor, se ha elegido el factor de apoyo de diseño de 2,2.

Para la realización de los cálculos se ha seguido el programa realizado por la Asociación de Fabricantes de Tuberías de Hormigón (ATHA), que se puede bajar desde internet en la página web de dicha asociación y se ha calculado también con el sistema definido en el "Concrete Pipe. Design Manual", que da resultados algo más desfavorables que los calculados por el programa de la ATHA. Para diseño de las tuberías se ha escogido el último cálculo por estar más del lado de la seguridad.

En el anexo nº 3 se indican para cada diámetro de tubería y suponiendo siempre que la tubería se coloca en zanja, entibada para alturas de zanja superiores a los dos metros, las cargas que actúan sobre la tubería en las hipótesis de máximo y mínimo recubrimiento.

Se ha supuesto en todos los casos una carga de tráfico de 60 Tn y un estado intermedio de compactación con vibro estático de 10 Tn. A partir de aquí y conociendo el factor de apoyo se ha determinado la carga de fisuración y la clase de la tubería de acuerdo con la norma ASTM y se ha llegado a la conclusión de que todos los colectores de hormigón armado del Proyecto deberán ser de clase IV.





## **ANEXO Nº1**



## ASETUB PVC v2.1

# INFORME DE ACCIONES EN TUBOS DE PVC ENTERRADOS (UNE 53.331 IN)

Informe número:

Fecha:

A la atención de D./Dña.:

Empresa / Entidad:

Dirección:

Ciudad: ,

Teléfono/Fax:

Correo electrónico:

Referencia de Obra:

### RESULTADO DEL CÁLCULO:

(Replantear la instalación)

Coefficiente de seguridad aplicado en la instalación: A ( $>2,5$ )

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

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

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal:  $D_n = 315$  mm

Espesor:  $e=9.2$  mm

Diámetro interior:  $d_i= 296.6$  mm

Radio medio:  $R_m= 152.9$  mm

Módulo de elasticidad:  $E_t(l_p)=1750$  N/mm<sup>2</sup> ,  $E_t(c_p)=3600$  N/mm<sup>2</sup>

Peso específico:  $P_{esp.}=14$  kN/m<sup>3</sup>

Esfuerzo tang. máximo:  $\sigma_t(l_p)= 50$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_t(c_p)=90$  N/mm<sup>2</sup>

Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior:  $P_i =$  bar

Presión agua exterior:  $P_e= 0$  bar

Instalación en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja:  $H_1=1.35$  m

Anchura de la zanja:  $B_1=1$  m

Ángulo de inclinación de la zanja:  $\beta=0^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo:  $\alpha=120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno:  $\gamma_1=20$  kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno:  $E_1=16$  N/mm<sup>2</sup>  $E_2= 16$  N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno:  $E_3=5$  N/mm<sup>2</sup>  $E_4= 5$  N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: PESADO ( $>39t$ )

Número de ejes de los vehículos: 3

Distancia entre ruedas:  $a=2$  m

Distancia entre ejes:  $b=1.5$  m

Sobrecarga concentrada:  $P_c=100$  kN

Sobrecarga repartida:  $P_d=$  kN

Zona no pavimentada

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

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=23.96129 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=39.66176 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=63.62305 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo

a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=15.77031 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=1.51547 \%$ --ADMISIBLE: cumple $dv \leq 5\%$

### 2.4. Momento flector total (M)

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.26303 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.26028 \text{ kN m/m}$

En Base:  $M(\text{Base})=0.28678 \text{ kN m/m}$

### 2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave:  $N(\text{Clave})=-2.7144 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $N(\text{Riñones})=-9.70864 \text{ kN m/m}$

En Base:  $N(\text{Base})=-3.07422 \text{ kN m/m}$

### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $18.72482 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones:  $-19.13583 \text{ kN/mm}^2$

En Base:  $20.40267 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $2.67025$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Riñones:  $2.6129$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Base:  $2.45066$  --NO ADMISIBLE: no cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $13.58807$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido a la presión ext. de agua:  $273.68738$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido al terreno y al agua:  $12.94536$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## ASETUB PVC v2.1

# INFORME DE ACCIONES EN TUBOS DE PVC ENTERRADOS (UNE 53.331 IN)

Informe número:

Fecha:

A la atención de D./Dña.:

Empresa / Entidad:

Dirección:

Ciudad: ,

Teléfono/Fax:

Correo electrónico:

Referencia de Obra:

### RESULTADO DEL CÁLCULO: INSTALACIÓN VÁLIDA

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

Coefficiente de seguridad aplicado en la instalación: A ( $>2,5$ )

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

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

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal:  $D_n = 315$  mm

Espesor:  $e=9.2$  mm

Diámetro interior:  $d_i= 296.6$  mm

Radio medio:  $R_m= 152.9$  mm

Módulo de elasticidad:  $E_t(l_p)=1750$  N/mm<sup>2</sup> ,  $E_t(c_p)=3600$  N/mm<sup>2</sup>

Peso específico:  $P_{esp.}=14$  kN/m<sup>3</sup>

Esfuerzo tang. máximo:  $\sigma_t(l_p)= 50$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_t(c_p)=90$  N/mm<sup>2</sup>

Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior:  $P_i =$  bar

Presión agua exterior:  $P_e= 0$  bar

Instalación en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja:  $H_1=1.4$  m

Anchura de la zanja:  $B_1=1$  m

Ángulo de inclinación de la zanja:  $\beta=0^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo:  $\alpha=120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno:  $\gamma_1=20$  kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno:  $E_1=16$  N/mm<sup>2</sup>  $E_2= 16$  N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno:  $E_3=5$  N/mm<sup>2</sup>  $E_4= 5$  N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: PESADO ( $>39t$ )

Número de ejes de los vehículos: 3

Distancia entre ruedas:  $a=2$  m

Distancia entre ejes:  $b=1.5$  m

Sobrecarga concentrada:  $P_c=100$  kN

Sobrecarga repartida:  $P_d=$  kN

Zona no pavimentada

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

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

Debida a las tierras:  $q_v=24.82925 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=38.31384 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=63.14309 \text{ kN/m}^2$

### **2.2. Presión lateral de las tierras**

Reacción máxima lateral del suelo

a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=16.32551 \text{ kN/m}^2$

### **2.3. Deformación Relativa: $dv=1.48925 \%$ --ADMISIBLE: cumple $dv \leq 5\%$**

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.25527 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.25212 \text{ kN m/m}$

En Base:  $M(\text{Base})=0.27886 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $N(\text{Clave})=-2.83023 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $N(\text{Riñones})=-9.63525 \text{ kN m/m}$

En Base:  $N(\text{Base})=-3.18609 \text{ kN m/m}$

### **2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.**

En Clave:  $18.15127 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones:  $-18.56149 \text{ kN/mm}^2$

En Base:  $19.81819 \text{ kN/mm}^2$

### **2.7. Verificación del esfuerzo tangencial (Coef. seguridad a rotura)**

En Clave:  $2.75463$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Riñones:  $2.69375$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Base:  $2.52293$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $13.69136$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido a la presión ext. de agua:  $273.68738$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido al terreno y al agua:  $13.03907$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## ASETUB PVC v2.1

# INFORME DE ACCIONES EN TUBOS DE PVC ENTERRADOS (UNE 53.331 IN)

Informe número:

Fecha:

A la atención de D./Dña.:

Empresa / Entidad:

Dirección:

Ciudad: ,

Teléfono/Fax:

Correo electrónico:

Referencia de Obra:

### RESULTADO DEL CÁLCULO:

(Replantear la instalación)

Coefficiente de seguridad aplicado en la instalación: A ( $>2,5$ )

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

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

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal:  $D_n = 400$  mm

Espesor:  $e=11.7$  mm

Diámetro interior:  $d_i= 376.6$  mm

Radio medio:  $R_m= 194.15$  mm

Módulo de elasticidad:  $E_t(l_p)=1750$  N/mm<sup>2</sup> ,  $E_t(c_p)=3600$  N/mm<sup>2</sup>

Peso específico:  $P_{esp.}=14$  kN/m<sup>3</sup>

Esfuerzo tang. máximo:  $\sigma_t(l_p)= 50$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_t(c_p)=90$  N/mm<sup>2</sup>

Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior:  $P_i =$  bar

Presión agua exterior:  $P_e= 0$  bar

Instalación en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja:  $H_1=1.40$  m

Anchura de la zanja:  $B_1=1$  m

Ángulo de inclinación de la zanja:  $\beta=0^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo:  $\alpha=120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno:  $\gamma_1=20$  kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno:  $E_1=16$  N/mm<sup>2</sup>  $E_2= 16$  N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno:  $E_3=5$  N/mm<sup>2</sup>  $E_4= 5$  N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: PESADO ( $>39t$ )

Número de ejes de los vehículos: 3

Distancia entre ruedas:  $a=2$  m

Distancia entre ejes:  $b=1.5$  m

Sobrecarga concentrada:  $P_c=100$  kN

Sobrecarga repartida:  $P_d=$  kN

Zona no pavimentada

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

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=25.66918 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=38.15415 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=63.82333 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo

a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=17.07668 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=1.69064 \%$ --ADMISIBLE: cumple $dv \leq 5\%$

### 2.4. Momento flector total (M)

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.41625 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.41106 \text{ kN m/m}$

En Base:  $M(\text{Base})=0.45592 \text{ kN m/m}$

### 2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave:  $N(\text{Clave})=-3.63006 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $N(\text{Riñones})=-12.36022 \text{ kN m/m}$

En Base:  $N(\text{Base})=-4.03238 \text{ kN m/m}$

### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $18.30098 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones:  $-18.71148 \text{ kN/mm}^2$

En Base:  $20.03993 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave: 2.73209 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Riñones: 2.67216 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Base: 2.49502 --NO ADMISIBLE: no cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno: 12.45112 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido a la presión ext. de agua: 208.81207 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido al terreno y al agua: 11.75046 --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$



## **ASETUB PVC v2.1**

# **INFORME DE ACCIONES EN TUBOS DE PVC ENTERRADOS (UNE 53.331 IN)**

**Informe número:**

**Fecha:**

**A la atención de D./Dña.:**

**Empresa / Entidad:**

**Dirección:**

**Ciudad: ,**

**Teléfono/Fax:**

**Correo electrónico:**

**Referencia de Obra:**

### **RESULTADO DEL CÁLCULO: INSTALACIÓN VÁLIDA**

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

Coefficiente de seguridad aplicado en la instalación: A (>2,5)

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

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

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 400 mm

Espesor: e=11.7 mm

Diámetro interior: di= 376.6 mm

Radio medio: Rm= 194.15 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm<sup>2</sup> , Et(cp)=3600 N/mm<sup>2</sup>

Peso específico: P.esp.=14 kN/m<sup>3</sup>

Esfuerzo tang. maximo: Sigma-t(lp)= 50 N/mm<sup>2</sup> , Sigma-t(cp)=90 N/mm<sup>2</sup>

Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior: Pi = bar

Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Instalacion en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja: H1=1.45 m

Anchura de la zanja: B1=1 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=°

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=120°

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

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

Módulos de compresión del relleno: E1=16 N/mm<sup>2</sup> E2= 16 N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno: E3=5 N/mm<sup>2</sup> E4= 5 N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: PESADO (>39t)

Número de ejes de los vehiculos: 3

Distancia entre ruedas: a=2 m

Distancia entre ejes: b=1.5 m

Sobrecarga concentrada: Pc=100 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Zona no pavimentada

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

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

Debida a las tierras:  $q_v=26.56968 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=36.94791 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=63.51759 \text{ kN/m}^2$

### **2.2. Presión lateral de las tierras**

Reacción máxima lateral del suelo

a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=17.66118 \text{ kN/m}^2$

### **2.3. Deformación Relativa: $dv=1.66684 \%$ --ADMISIBLE: cumple $dv \leq 5\%$**

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.40524 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.3994 \text{ kN m/m}$

En Base:  $M(\text{Base})=0.44474 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $N(\text{Clave})=-3.77995 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $N(\text{Riñones})=-12.30086 \text{ kN m/m}$

En Base:  $N(\text{Base})=-4.17907 \text{ kN m/m}$

### **2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.**

En Clave:  $17.79567 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones:  $-18.20577 \text{ kN/mm}^2$

En Base:  $19.52767 \text{ kN/mm}^2$

### **2.7. Verificación del esfuerzo tangencial (Coef. seguridad a rotura)**

En Clave:  $2.80967$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Riñones:  $2.74638$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Base:  $2.56047$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $12.51105$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido a la presión ext. de agua:  $208.81207$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido al terreno y al agua:  $11.80382$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## ASETUB PVC v2.1

# INFORME DE ACCIONES EN TUBOS DE PVC ENTERRADOS (UNE 53.331 IN)

Informe número:

Fecha:

A la atención de D./Dña.:

Empresa / Entidad:

Dirección:

Ciudad: ,

Teléfono/Fax:

Correo electrónico:

Referencia de Obra:

### RESULTADO DEL CÁLCULO:

(Replantear la instalación)

Coefficiente de seguridad aplicado en la instalación: A ( $>2,5$ )

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

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

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal:  $D_n = 400$  mm

Espesor:  $e = 11.7$  mm

Diámetro interior:  $d_i = 376.6$  mm

Radio medio:  $R_m = 194.15$  mm

Módulo de elasticidad:  $E_t(l_p) = 1750$  N/mm<sup>2</sup> ,  $E_t(c_p) = 3600$  N/mm<sup>2</sup>

Peso específico:  $P_{esp} = 14$  kN/m<sup>3</sup>

Esfuerzo tang. máximo:  $\sigma_t(l_p) = 50$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_t(c_p) = 90$  N/mm<sup>2</sup>

Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior:  $P_i =$  bar

Presión agua exterior:  $P_e = 0$  bar

Instalación en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja:  $H_1 = 0.70$  m

Anchura de la zanja:  $B_1 = 1$  m

Ángulo de inclinación de la zanja:  $\beta = 0^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo:  $\alpha = 120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno:  $\gamma_1 = 20$  kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno:  $E_1 = 16$  N/mm<sup>2</sup>  $E_2 = 16$  N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno:  $E_3 = 5$  N/mm<sup>2</sup>  $E_4 = 5$  N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: LIGERO ( $<12t$ )

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas:  $a = 2$  m

Distancia entre ejes:  $b = 3$  m

Sobrecarga concentrada:  $P_c = 40$  kN

Sobrecarga repartida:  $P_d =$  kN

Zona no pavimentada

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

### 2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras:  $q_v=13.02386 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=40.1027 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=53.12656 \text{ kN/m}^2$

### 2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo

a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=8.83399 \text{ kN/m}^2$

### 2.3. Deformación Relativa: $dv=1.53669 \%$ --ADMISIBLE: cumple $dv \leq 5\%$

### 2.4. Momento flector total (M)

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.42343 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.42501 \text{ kN m/m}$

En Base:  $M(\text{Base})=0.45745 \text{ kN m/m}$

### 2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave:  $N(\text{Clave})=-1.60537 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $N(\text{Riñones})=-10.28344 \text{ kN m/m}$

En Base:  $N(\text{Base})=-1.89555 \text{ kN m/m}$

### 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave:  $18.7949 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones:  $-19.13325 \text{ kN/mm}^2$

En Base:  $20.29104 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave:  $2.6603$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Riñones:  $2.61325$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Base:  $2.46414$  --NO ADMISIBLE: no cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $14.95809$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido a la presión ext. de agua:  $208.81207$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido al terreno y al agua:  $13.9582$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

## **ASETUB PVC v2.1**

# **INFORME DE ACCIONES EN TUBOS DE PVC ENTERRADOS (UNE 53.331 IN)**

**Informe número:**

**Fecha:**

**A la atención de D./Dña.:**

**Empresa / Entidad:**

**Dirección:**

**Ciudad: ,**

**Teléfono/Fax:**

**Correo electrónico:**

**Referencia de Obra:**

### **RESULTADO DEL CÁLCULO: INSTALACIÓN VÁLIDA**

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

Coefficiente de seguridad aplicado en la instalación: A ( $>2,5$ )

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

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

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal:  $D_n = 400$  mm

Espesor:  $e=11.7$  mm

Diámetro interior:  $d_i= 376.6$  mm

Radio medio:  $R_m= 194.15$  mm

Módulo de elasticidad:  $E_t(l_p)=1750$  N/mm<sup>2</sup> ,  $E_t(c_p)=3600$  N/mm<sup>2</sup>

Peso específico:  $P_{esp}=14$  kN/m<sup>3</sup>

Esfuerzo tang. máximo:  $\sigma_t(l_p)= 50$  N/mm<sup>2</sup> ,  $\sigma_t(c_p)=90$  N/mm<sup>2</sup>

Nota: Las propiedades del material se han obtenido del informe UNE 53.331 IN

Presión agua interior:  $P_i =$  bar

Presión agua exterior:  $P_e= 0$  bar

Instalación en: ZANJA

Cálculo de las acciones a: LARGO PLAZO

Altura de la zanja:  $H_1=0.75$  m

Anchura de la zanja:  $B_1=1$  m

Ángulo de inclinación de la zanja:  $\beta=0^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo:  $\alpha=120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: Medianamente cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno:  $\gamma_1=20$  kN/m<sup>3</sup>

Módulos de compresión del relleno:  $E_1=16$  N/mm<sup>2</sup>  $E_2= 16$  N/mm<sup>2</sup>

Módulos de compresión del terreno:  $E_3=5$  N/mm<sup>2</sup>  $E_4= 5$  N/mm<sup>2</sup>

Sobrecargas concentradas debidas a tráfico: LIGERO ( $<12t$ )

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas:  $a=2$  m

Distancia entre ejes:  $b=3$  m

Sobrecarga concentrada:  $P_c=40$  kN

Sobrecarga repartida:  $P_d=$  kN

Zona no pavimentada

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

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

Debida a las tierras:  $q_v=13.93098 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=36.44928 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$

Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=50.38026 \text{ kN/m}^2$

### **2.2. Presión lateral de las tierras**

Reacción máxima lateral del suelo

a la altura del centro del tubo:  $q_{ht}=9.42883 \text{ kN/m}^2$

### **2.3. Deformación Relativa: $dv=1.43359 \%$ --ADMISIBLE: cumple $dv \leq 5\%$**

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

En Clave:  $M(\text{Clave})=0.38835 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $M(\text{Riñones})=-0.38891 \text{ kN m/m}$

En Base:  $M(\text{Base})=0.42092 \text{ kN m/m}$

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

En Clave:  $N(\text{Clave})=-1.76887 \text{ kN m/m}$

En Riñones:  $N(\text{Riñones})=-9.75025 \text{ kN m/m}$

En Base:  $N(\text{Base})=-2.03026 \text{ kN m/m}$

### **2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.**

En Clave:  $17.21246 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones:  $-17.5372 \text{ kN/mm}^2$

En Base:  $18.64626 \text{ kN/mm}^2$

### **2.7. Verificación del esfuerzo tangencial (Coef. seguridad a rotura)**

En Clave:  $2.90487$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Riñones:  $2.85108$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

En Base:  $2.6815$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

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

Debido al terreno:  $15.77347$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido a la presión ext. de agua:  $208.81207$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$

Debido al terreno y al agua:  $14.66564$  --ADMISIBLE: cumple  $>2.5$



## **ANEXO Nº2**





# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

---

**Calculation number:** OU201912\_0032\_0002

**Date:**05.12.2019

**Project:** Saneamiento de Jaizkibel  
**Street:** Paseo de Ramón Iribarren  
**Postal code, place:** 20280 Hondarribia  
**Land:** ES

**Calculated by:**

**Company:** Salaberria Ingenieritza  
**Contact person:** Miguel Salaverria  
**Street:** Avda de Tolosa 31 1º  
**Postal code, place:** ES 20018 Donostia

**Calculated for:**

**Company:** Miguel  
**Contact person:** Salaberria Ingenieritza  
**Street:** Avda de Tolosa 31 1º  
**Postal code, place:** ES 20018 Donostia

**Calculation base:**

A prerequisite for the validity of the static calculation, is that no deviations in the load assumptions and soil types are stated on site and the bedding is properly constructed in accordance with EN1610.

Applicable standards and regulations:

- ATV-DVWK A 127** Static calculation of drains and sewers, third edition, issue August 2000
- EN 295-1** Vitrified clay pipe systems for dains and sewers- Part 1: requirements for pipes, fittings and joints, issue May 2013
- ZP WN 295** Glazed vitrified clay pipes, fittings and their accessories for drains and sewers, issue May 2013
- EN 1610** Construction and testing of drains and sewers, issue December 2015
- EN 1295** Structural design of buried pipelines under various conditions of loading, Part 1: general requirements, issue September 1997
- DWA A 139** Construction and testing of drains and sewers, issue December 2009

**Special conditions:**

-

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

Diameter (DN)		300		
Calculation results:		Proof	Required	Result
Proof of the greatest stress transverse to pipe axis				
Height	Bedding			
3.30	KSA 90	4.31	≥ 2.20	met
3.40	KSA 90	4.20	≥ 2.20	met
Verification of the fatigue strength				
Dynamic stress/pipe stress at cover height of				
Height	Bedding			
3.30	KSA 90	0.66	≤ 12.80	met
3.40	KSA 90	0.64	≤ 12.80	met
Vitrified clay material characteristics				
Specific weight	Y	22	kN/m³	
Bending strength	σ <sub>RBZ</sub>	19.76	N/mm²	
Fatigue strength	2xσ <sub>A</sub>	12.80	N/mm²	
Modulus of elasticity	E <sub>R</sub>	50000	N/mm²	
Pipe dimensions				
Diameter (DN)		300		
Strength class (TKL)		160		
Crushing strength FN		48.00	kN/m	
Internal diameter	d <sub>i</sub>	300.00	mm	
External diameter	d <sub>a</sub>	355.00	mm	
Average radius	r <sub>m</sub>	163.75	mm	
Correction factor – inside pipe wall	α <sub>ki</sub>	1.06	[-]	
Correction factor – outside pipe wall	α <sub>ka</sub>	0.94	[-]	

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Input values

Trench shape	single trench		
Step height		-	m
Pipe above		-	
Embankment angle	$\beta$	90.00	°
Shoring type	Shoring with trench box		
	Removal of the sheeting in layers, compaction against existing soil in layers		
Water protection zone		No	
Specific weight of the soil	$\gamma_B$	20.00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load	Road traffic		
	HGV60		
Surface load		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Uniformly distributed area load		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Height of cover (pipe crown to surface level) min.	h	3.30	m
Height of cover (pipe crown to surface level) max.	h	3.40	m
Groundwater level (measured from pipe invert)			
Min.	$h_W$	3.50	m
Max.	$h_W$	3.50	m
Trench width (incl. shoring)		1.07	m
relative projection	a	1.00	
<b>Soil and installation conditions</b>			
Existing (in-situ) soil		G1	
Proctor density	$D_{Pr}$	90.00	%
Modulus of elasticity	$E_3$	6.00	N/mm <sup>2</sup>
Soil in embedment		G1	
Proctor density	$D_{Pr}$	90.00	%
Modulus of elasticity	$E_2$	6.00	N/mm <sup>2</sup>
Soil in backfill		G1	
Proctor density	$D_{Pr}$	90.00	%
Modulus of elasticity	$E_1$	6.00	N/mm <sup>2</sup>
Soil below the trench		Like existing soil ( $E_4 = 10 \times E_1$ )	
Modulus of elasticity (Like existing soil ( $E_4 = 10 \times E_1$ ))	$E_4$	60.00	N/mm <sup>2</sup>
Installation conditions		A2 / B2	
Silo theory		Yes	
Bedding type (EN 1610)		Typ1	

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Calculation results

Height of cover min.	$h$	3.30	m
<b>Soil load and uniformly distributed load on the surface</b>			
Soil load and distributed load with groundwater	$p_e$	27.88	kN/m <sup>2</sup>
Wall friction angle	$\delta$	11.67	°
Reduction coefficient for silo theory	$K$	0.74	[-]
Earth pressure ratio	$K_2$	0.50	[-]
Reduction coefficient	$\alpha_B$	0.78	[-]
Reduced modulus of elasticity	$E_2$	3.51	N/mm <sup>2</sup>
Effective relative projection	$a'$	1.71	[-]
Max. concentration factor	$\max \lambda$	2.41	[-]
Coefficient for deformation	$K'$	-0.86	[-]
Coefficient bedding reaction pressure	$K^*$	0.01	[-]
System stiffness	$V_{RB}$	8.50	[-]
Vertical bedding stiffness	$S_{Bv}$	3.51	N/mm <sup>2</sup>
Horizontal bedding stiffness	$S_{Bh}$	2.32	N/mm <sup>2</sup>
Correction coefficient horizontal bedding stiffness	$\zeta$	1.10	[-]
Coefficient for the soil deformation	$\Delta f$	1.30	[-]
Concentration factor above pipe	$\lambda_R$	2.41	[-]
Concentration factor in trench	$\lambda_{RG}$	1.95	[-]
Concentration factor next to the pipe	$\lambda_B$	0.53	[-]
Traffic load	Road traffic		[-]
	HGV60		
Soil stress due to traffic load	$p_v$	18.76	kN/m <sup>2</sup>
Vertical soil stress	$q_v$	73.02	kN/m <sup>2</sup>
Horizontal soil stress	$q_h$	8.37	kN/m <sup>2</sup>

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Sectional forces

Parameters		Crown	Side	Invert	
<i>Bending moments</i>					
Vertical load	Mqv	0.536	-0.546	0.615	kNm/m
Side pressure	Mqh	-0.056	0.056	-0.056	kNm/m
Dead load	Mg	0.007	-0.008	0.010	kNm/m
Water filling	Mw	0.009	-0.011	0.014	kNm/m
<b>Sum moments</b>		<b>0.496</b>	<b>-0.509</b>	<b>0.583</b>	<b>kNm/m</b>

## Normal forces

Vertical load	Nqv	0.634	-11.957	-0.634	kN/m
Side pressure	Nqh	-1.370	0.000	-1.370	kN/m
Dead load	Ng	0.033	-0.156	-0.033	kN/m
Water filling	Nw	0.179	0.058	0.357	kN/m
<b>Sum normal forces</b>		<b>-0.525</b>	<b>-12.055</b>	<b>-1.680</b>	<b>kN/m</b>

Pipe wall surface		A <sub>R</sub>	0.03	m <sup>2</sup>
Pipe wall moment of resistance		W <sub>R</sub>	0.000126	m <sup>3</sup>

## Stress verification for the specified type of bedding

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	3.90	-4.94	4.58	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-3.95	3.16	-4.64	N/mm <sup>2</sup>
Safety, inside	γ	5.07	-4.00	4.31	
Safety, outside	γ	-5.01	6.25	-4.26	

## Verification of the fatigue strength

This verification is necessary for pipes installed close to railways or air traffic areas and for normal traffic load (streets) if the height of cover < 1,50 m.

Dynamic soil stress	Dyn p <sub>v</sub>	9.38	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	--------------------	------	-------------------

## Verification of the dynamic stress for the chosen bedding type

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	0.58	-0.64	0.66	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-0.51	0.47	-0.59	N/mm <sup>2</sup>

## Stress verification for the chosen bedding type

Height of cover m from – to	Bedding/ Angle-	Traffic load kN/m <sup>2</sup>	Soil load kN/m <sup>2</sup>	exist δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor vorh γ	dyn δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor dyn δ exist γ
3.30	<b>KSA 90</b>	18.76	54.26	4.58	<b>4.31</b>	0.66	19.43

The required safety is obtained: erf γ= 2,2

The required safety from dynamic load is obtained: γ= 1.00

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

---

## Calculation results

Height of cover max.	$h$	3.40	m
<b>Soil load and uniformly distributed load on the surface</b>			
Soil load and distributed load with groundwater	$p_e$	29.11	kN/m <sup>2</sup>
Wall friction angle	$\delta$	11.67	°
Reduction coefficient for silo theory	$K$	0.73	[-]
Earth pressure ratio	$K_2$	0.50	[-]
Reduction coefficient	$\alpha_B$	0.78	[-]
Reduced modulus of elasticity	$E_2$	3.51	N/mm <sup>2</sup>
Effective relative projection	$a'$	1.71	[-]
Max. concentration factor	$\max \lambda$	2.42	[-]
Coefficient for deformation	$K'$	-0.86	[-]
Coefficient bedding reaction pressure	$K^*$	0.01	[-]
System stiffness	$V_{RB}$	8.50	[-]
Vertical bedding stiffness	$S_{Bv}$	3.51	N/mm <sup>2</sup>
Horizontal bedding stiffness	$S_{Bh}$	2.32	N/mm <sup>2</sup>
Correction coefficient horizontal bedding stiffness	$\zeta$	1.10	[-]
Coefficient for the soil deformation	$\Delta f$	1.30	[-]
Concentration factor above pipe	$\lambda_R$	2.42	[-]
Concentration factor in trench	$\lambda_{RG}$	1.96	[-]
Concentration factor next to the pipe	$\lambda_B$	0.53	[-]
Traffic load	Road traffic		[-]
	HGV60		
Soil stress due to traffic load	$p_v$	18.12	kN/m <sup>2</sup>
Vertical soil stress	$q_v$	75.04	kN/m <sup>2</sup>
Horizontal soil stress	$q_h$	8.63	kN/m <sup>2</sup>

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Sectional forces

Parameters		Crown	Side	Invert	
<i>Bending moments</i>					
Vertical load	Mqv	0.551	-0.561	0.632	kNm/m
Side pressure	Mqh	-0.058	0.058	-0.058	kNm/m
Dead load	Mg	0.007	-0.008	0.010	kNm/m
Water filling	Mw	0.009	-0.011	0.014	kNm/m
<b>Summe Momente</b>		<b>0.509</b>	<b>-0.522</b>	<b>0.598</b>	<b>kNm/m</b>

## Normal forces

Vertical load	Nqv	0.651	-12.287	-0.651	kN/m
Side pressure	Nqh	-1.413	0.000	-1.413	kN/m
Dead load	Ng	0.033	-0.156	-0.033	kN/m
Water filling	Nw	0.179	0.058	0.357	kN/m
<b>Summe Normalkräfte</b>		<b>-0.550</b>	<b>-12.385</b>	<b>-1.739</b>	<b>kN/m</b>

Pipe wall surface		A <sub>R</sub>	0.03	m <sup>2</sup>
Pipe wall moment of resistance		W <sub>R</sub>	0.000126	m <sup>3</sup>

## Spannungsnachweis zur angegebenen Auflagerart

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	4.00	-5.07	4.71	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-4.05	3.25	-4.76	N/mm <sup>2</sup>
Safety, inside	γ	4.93	-3.90	4.20	
Safety, outside	γ	-4.88	6.08	-4.15	

## Verification of the fatigue strength

This verification is necessary for pipes installed close to railways or air traffic areas and for normal traffic load (streets) if the height of cover < 1,50 m.

Dynamic soil stress	Dyn p <sub>v</sub>	9.06	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	--------------------	------	-------------------

## Verification of the dynamic stress for the chosen bedding type

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	0.56	-0.62	0.64	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-0.50	0.45	-0.57	N/mm <sup>2</sup>

## Stress verification for the chosen bedding type

Heigth of cover m from – to	Beding/ Angle-	Ttraffic load kN/m <sup>2</sup>	Soil load kN/m <sup>2</sup>	exist δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor vorh γ	dyn δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor dyn δ vorh γ
3.40	<b>KSA 90</b>	18.12	56.92	4.71	<b>4.20</b>	0.64	20.12

The required safety is obtained: erf γ= 2,2

The required safety from dynamic load is obtained: γ= 1.00

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

---

## Results of the stress verification for the chosen bedding type

Height of cover	Bedding/	traffic load	Soil load	vorh $\delta$	safety	dyn $\delta$	safety dyn $\sigma$
m from - to	angle -	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	vorh $\gamma$	N/mm <sup>2</sup>	vorh $\gamma$
3.30	<b>KSA 90</b>	18.76	54.26	4.58	<b>4.31</b>	0.66	19.43
3.40	<b>KSA 90</b>	18.12	56.92	4.71	<b>4.20</b>	0.64	20.12

The required safety is obtained: erf  $\gamma = 2,2$

The required safety from dynamic load is obtained:  $\gamma = 1.00$

This applies for:

vorh $\delta$	max. pipe stress
dyn $\delta$	max. dynamic pipes stress
KSA	Sand-gravel bedding
BA:	Concrete bedding

This document was digitally generated and is valid without signature.

The creator is responsible for the correctness of the input values!

*The static calculation consist of 8 pages and 2 annexes*



# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

---

**Calculation number:** OU201912\_0031\_0001

**Date:**04.12.2019

**Project:** Saneamiento de Jaizkibel  
**Street:** Paseo de Ramón Iribarren  
**Postal code, place:** 20280 Hondarribia  
**Land:** ES

**Calculated by:**

**Company:** Salaberria Ingenieritza  
**Contact person:** Miguel Salaverria  
**Street:** Avda de Tolosa 31 1º  
**Postal code, place:** ES 20018 Donostia

**Calculated for:**

**Company:** Miguel  
**Contact person:** Salaberria Ingenieritza  
**Street:** Avda de Tolosa 31 1º  
**Postal code, place:** ES 20018 Donostia

**Calculation base:**

A prerequisite for the validity of the static calculation, is that no deviations in the load assumptions and soil types are stated on site and the bedding is properly constructed in accordance with EN1610.

Applicable standards and regulations:

- ATV-DVWK A 127** Static calculation of drains and sewers, third edition, issue August 2000
- EN 295-1** Vittrified clay pipe systems for dains and sewers- Part 1: requirements for pipes, fittings and joints, issue May 2013
- ZP WN 295** Glazed vittrified clay pipes, fittings and their accessories for drains and sewers, issue May 2013
- EN 1610** Construction and testing of drains and sewers, issue December 2015
- EN 1295** Structural design of buried pipelines under various conditions of loading, Part 1: general requirements, issue September 1997
- DWA A 139** Construction and testing of drains and sewers, issue December 2009

**Special conditions:**

-

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

Diameter (DN)		400		
Calculation results:		Proof	Required	Result
Proof of the greatest stress transverse to pipe axis				
Height	Bedding			
2.60	KSA 90	5.25	≥ 2.20	met
4.90	KSA 90	2.91	≥ 2.20	met
Verification of the fatigue strength				
Dynamic stress/pipe stress at cover height of				
Height	Bedding			
2.60	KSA 90	0.60	≤ 12.80	met
4.90	KSA 90	0.28	≤ 12.80	met
Vitrified clay material characteristics				
Specific weight	γ	22	kN/m³	
Bending strength	σ <sub>RBZ</sub>	14.02	N/mm²	
Fatigue strength	2xσ <sub>A</sub>	12.80	N/mm²	
Modulus of elasticity	E <sub>R</sub>	50000	N/mm²	
Pipe dimensions				
Diameter (DN)		400		
Strength class (TKL)		160		
Crushing strength FN		64.00	kN/m	
Internal diameter	d <sub>i</sub>	398.00	mm	
External diameter	d <sub>a</sub>	486.00	mm	
Average radius	r <sub>m</sub>	221.00	mm	
Correction factor – inside pipe wall	α <sub>ki</sub>	1.07	[-]	
Correction factor – outside pipe wall	α <sub>ka</sub>	0.93	[-]	

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Input values

Trench shape	single trench		
Step height	-		m
Pipe above	-		
Embankment angle	$\beta$	90.00	°
Shoring type	Shoring with trench box Removal of the sheeting in layers, compaction against existing soil in layers		
Water protection zone		No	
Specific weight of the soil	$\gamma_B$	20.00	kN/m <sup>3</sup>
Traffic load	Road traffic HGV60		
Surface load		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Uniformly distributed area load		0.00	kN/m <sup>2</sup>
Height of cover (pipe crown to surface level) min.	h	2.60	m
Height of cover (pipe crown to surface level) max.	h	4.90	m
Groundwater level (measured from pipe invert)			
Min.	$h_W$	3.50	m
Max.	$h_W$	3.50	m
Trench width (incl. shoring)		1.36	m
relative projection	a	1.00	

## Soil and installation conditions

Existing (in-situ) soil		G1	
Proctor density	$D_{Pr}$	90.00	%
Modulus of elasticity	$E_3$	6.00	N/mm <sup>2</sup>
Soil in embedment		G1	
Proctor density	$D_{Pr}$	90.00	%
Modulus of elasticity	$E_2$	6.00	N/mm <sup>2</sup>
Soil in backfill		G1	
Proctor density	$D_{Pr}$	90.00	%
Modulus of elasticity	$E_1$	6.00	N/mm <sup>2</sup>
Soil below the trench		Like existing soil ( $E_4 = 10 \times E_1$ )	
Modulus of elasticity (Like existing soil ( $E_4 = 10 \times E_1$ ))	$E_4$	60.00	N/mm <sup>2</sup>
Installation conditions		A2 / B2	
Silo theory		Yes	
Bedding type (EN 1610)		Typ1	

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Calculation results

Height of cover min.	$h$	2.60	m
<b>Soil load and uniformly distributed load on the surface</b>			
Soil load and distributed load with groundwater	$p_e$	20.55	kN/m <sup>2</sup>
Wall friction angle	$\delta$	11.67	°
Reduction coefficient for silo theory	$K$	0.83	[-]
Earth pressure ratio	$K_2$	0.50	[-]
Reduction coefficient	$\alpha_B$	0.73	[-]
Reduced modulus of elasticity	$E_2$	3.30	N/mm <sup>2</sup>
Effective relative projection	$a'$	1.82	[-]
Max. concentration factor	$\max \lambda$	2.21	[-]
Coefficient for deformation	$K'$	-0.86	[-]
Coefficient bedding reaction pressure	$K^*$	0.01	[-]
System stiffness	$V_{RB}$	14.55	[-]
Vertical bedding stiffness	$S_{Bv}$	3.30	N/mm <sup>2</sup>
Horizontal bedding stiffness	$S_{Bh}$	2.26	N/mm <sup>2</sup>
Correction coefficient horizontal bedding stiffness	$\zeta$	1.14	[-]
Coefficient for the soil deformation	$\Delta f$	1.21	[-]
Concentration factor above pipe	$\lambda_R$	2.21	[-]
Concentration factor in trench	$\lambda_{RG}$	1.72	[-]
Concentration factor next to the pipe	$\lambda_B$	0.60	[-]
Traffic load	Road traffic		[-]
	HGV60		
Soil stress due to traffic load	$p_v$	23.98	kN/m <sup>2</sup>
Vertical soil stress	$q_v$	59.40	kN/m <sup>2</sup>
Horizontal soil stress	$q_h$	7.48	kN/m <sup>2</sup>

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Sectional forces

Parameters		Crown	Side	Invert	
<i>Bending moments</i>					
Vertical load	M <sub>qv</sub>	0.795	-0.809	0.911	kNm/m
Side pressure	M <sub>qh</sub>	-0.091	0.091	-0.091	kNm/m
Dead load	M <sub>g</sub>	0.020	-0.023	0.030	kNm/m
Water filling	M <sub>w</sub>	0.023	-0.026	0.035	kNm/m
<b>Sum moments</b>		<b>0.746</b>	<b>-0.767</b>	<b>0.885</b>	<b>kNm/m</b>

## Normal forces

Vertical load	N <sub>qv</sub>	0.696	-13.126	-0.696	kN/m
Side pressure	N <sub>qh</sub>	-1.653	0.000	-1.653	kN/m
Dead load	N <sub>g</sub>	0.071	-0.336	-0.071	kN/m
Water filling	N <sub>w</sub>	0.326	0.105	0.651	kN/m
<b>Sum normal forces</b>		<b>-0.560</b>	<b>-13.357</b>	<b>-1.769</b>	<b>kN/m</b>

Pipe wall surface	A <sub>R</sub>	0.04	m <sup>2</sup>
Pipe wall moment of resistance	W <sub>R</sub>	0.000323	m <sup>3</sup>

## Stress verification for the specified type of bedding

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	2.24	-3.05	2.67	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-2.35	1.74	-2.78	N/mm <sup>2</sup>
Safety, inside	γ	6.26	-4.60	5.25	
Safety, outside	γ	-5.97	8.06	-5.05	

## Verification of the fatigue strength

This verification is necessary for pipes installed close to railways or air traffic areas and for normal traffic load (streets) if the height of cover < 1,50 m.

Dynamic soil stress	Dyn p <sub>v</sub>	11.99	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	--------------------	-------	-------------------

## Verification of the dynamic stress for the chosen bedding type

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	0.53	-0.60	0.60	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-0.46	0.41	-0.54	N/mm <sup>2</sup>

## Stress verification for the chosen bedding type

Height of cover m from – to	Bedding/ Angle-	Traffic load kN/m <sup>2</sup>	Soil load kN/m <sup>2</sup>	exist δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor vorh γ	dyn δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor dyn δ exist γ
2.60	<b>KSA 90</b>	23.98	35.42	2.67	<b>5.25</b>	0.60	21.18

The required safety is obtained: erf γ= 2,2

The required safety from dynamic load is obtained: γ= 1.00

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

---

## Calculation results

Height of cover max.	$h$	4.90	m
<b>Soil load and uniformly distributed load on the surface</b>			
Soil load and distributed load with groundwater	$p_e$	49.99	kN/m <sup>2</sup>
Wall friction angle	$\delta$	11.67	°
Reduction coefficient for silo theory	$K$	0.71	[-]
Earth pressure ratio	$K_2$	0.50	[-]
Reduction coefficient	$\alpha_B$	0.73	[-]
Reduced modulus of elasticity	$E_2$	3.30	N/mm <sup>2</sup>
Effective relative projection	$a'$	1.82	[-]
Max. concentration factor	$\max \lambda$	2.54	[-]
Coefficient for deformation	$K'$	-0.86	[-]
Coefficient bedding reaction pressure	$K^*$	0.01	[-]
System stiffness	$V_{RB}$	14.55	[-]
Vertical bedding stiffness	$S_{Bv}$	3.30	N/mm <sup>2</sup>
Horizontal bedding stiffness	$S_{Bh}$	2.26	N/mm <sup>2</sup>
Correction coefficient horizontal bedding stiffness	$\zeta$	1.14	[-]
Coefficient for the soil deformation	$\Delta f$	1.21	[-]
Concentration factor above pipe	$\lambda_R$	2.54	[-]
Concentration factor in trench	$\lambda_{RG}$	1.93	[-]
Concentration factor next to the pipe	$\lambda_B$	0.49	[-]
Traffic load	Road traffic		[-]
	HGV60		
Soil stress due to traffic load	$p_v$	11.02	kN/m <sup>2</sup>
Vertical soil stress	$q_v$	107.29	kN/m <sup>2</sup>
Horizontal soil stress	$q_h$	13.47	kN/m <sup>2</sup>

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

## Sectional forces

Parameters		Crown	Side	Invert	
<i>Bending moments</i>					
Vertical load	Mqv	1.436	-1.462	1.645	kNm/m
Side pressure	Mqh	-0.164	0.164	-0.164	kNm/m
Dead load	Mg	0.020	-0.023	0.030	kNm/m
Water filling	Mw	0.023	-0.026	0.035	kNm/m
<b>Summe Momente</b>		<b>1.314</b>	<b>-1.347</b>	<b>1.546</b>	<b>kNm/m</b>

## Normal forces

Vertical load	Nqv	1.257	-23.711	-1.257	kN/m
Side pressure	Nqh	-2.976	0.000	-2.976	kN/m
Dead load	Ng	0.071	-0.336	-0.071	kN/m
Water filling	Nw	0.326	0.105	0.651	kN/m
<b>Summe Normalkräfte</b>		<b>-1.322</b>	<b>-23.942</b>	<b>-3.653</b>	<b>kN/m</b>

Pipe wall surface		A <sub>R</sub>		0.04	m <sup>2</sup>
Pipe wall moment of resistance		W <sub>R</sub>		0.000323	m <sup>3</sup>

## Spannungsnachweis zur angegebenen Auflagerart

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	4.10	-5.21	4.81	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-4.01	3.18	-4.73	N/mm <sup>2</sup>
Safety, inside	γ	3.42	-2.69	2.91	
Safety, outside	γ	-3.50	4.42	-2.96	

## Verification of the fatigue strength

This verification is necessary for pipes installed close to railways or air traffic areas and for normal traffic load (streets) if the height of cover < 1,50 m.

Dynamic soil stress	Dyn p <sub>v</sub>	5.51	kN/m <sup>2</sup>
---------------------	--------------------	------	-------------------

## Verification of the dynamic stress for the chosen bedding type

		Crown	Side	Invert	
Pipe stress, inside	δ <sub>i</sub>	0.25	-0.28	0.28	N/mm <sup>2</sup>
Pipe stress, outside	δ <sub>a</sub>	-0.21	0.19	-0.25	N/mm <sup>2</sup>

## Stress verification for the chosen bedding type

Heigth of cover m from – to	Beding/ Angle-	Ttraffic load kN/m <sup>2</sup>	Soil load kN/m <sup>2</sup>	exist δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor vorh γ	dyn δ N/mm <sup>2</sup>	Safety factor dyn δ vorh γ
4.90	<b>KSA 90</b>	11.02	96.27	4.81	<b>2.91</b>	0.28	46.10

The required safety is obtained: erf γ= 2,2

The required safety from dynamic load is obtained: γ= 1.00

# STATIC CALCULATION FOR STEINZEUG-KERAMO VITRIFIED CLAY PIPES FOR OPEN TRENCH INSTALLATION

---

## Results of the stress verification for the chosen bedding type

Height of cover	Bedding/	traffic load	Soil load	vorh $\delta$	safety	dyn $\delta$	safety dyn $\sigma$
m from - to	angle -	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	vorh $\gamma$	N/mm <sup>2</sup>	vorh $\gamma$
2.60	<b>KSA 90</b>	23.98	35.42	2.67	<b>5.25</b>	0.60	21.18
4.90	<b>KSA 90</b>	11.02	96.27	4.81	<b>2.91</b>	0.28	46.10

The required safety is obtained: erf  $\gamma = 2,2$

The required safety from dynamic load is obtained:  $\gamma = 1.00$

This applies for:

vorh $\delta$	max. pipe stress
dyn $\delta$	max. dynamic pipes stress
KSA	Sand-gravel bedding
BA:	Concrete bedding

This document was digitally generated and is valid without signature.

The creator is responsible for the correctness of the input values!

*The static calculation consist of 8 pages and 2 annexes*





## **ANEXO Nº3**



CALCULO MECANICO DE TUBERIA DE HORMIGON

FACTOR DE APOYO: 2.200

DATOS DEL TERRENO

DENSIDAD FINAL= 1.920  
DENSIDAD EN CONSTRUCCION 1.800  
LANDAMU= 0.130

										CONSTRUCCION				TIERRAS					
RAMAL	PERFIL NÚMERO	ALTURA MTS	DIAMETRO MM	ESPESOR MM	RECUBRIMIENTO MTS	P TUBO	P. FLUIDO	P. TIMPANO	ANCHO ZAN	CARGA TOTAL	CARGA FISURACION	CARGA ROTURA	CARGA KG POR M2	CLASE TUBO	CARGA TOTAL	CARGA FISURACION	CARGA ROTURA	CARGA KG POR M2	CLASE TUBO
COLECTOR 6 1000	P6.4	2.61	1000.00	109.00	1.50	0.867	0.825	0.211	2.205	8.48	3.85	5.78	5779.83	CLASE I	7.73	3.51	5.27	5268.49	CLASE I
COLECTOR 6 1000	P6.7	4.50	1000.00	109.00	3.39	0.867	0.825	0.211	2.205	13.31	6.05	9.07	9072.45	CLASE III	13.74	6.24	9.37	9366.10	CLASE III
COLECTOR 6 500	U6.11	1.67	500.00	67.00	1.10	0.270	0.206	0.053	1.388	4.06	1.85	2.77	5537.12	CLASE I	3.18	1.45	2.17	4340.86	CLASE I
COLECTOR 6 500	U6.7	3.50	500.00	67.00	2.93	0.270	0.206	0.053	1.388	6.37	2.89	4.34	8684.23	CLASE III	6.54	2.97	4.46	8918.32	CLASE III
COLECTOR 8 600	P8.4.1	4.11	600.00	75.00	3.44	0.360	0.297	0.076	1.550	8.20	3.73	5.59	9322.95	CLASE III	8.50	3.87	5.80	9663.19	CLASE III
COLECTOR 8 600	P8.4	4.19	600.00	75.00	3.52	0.360	0.297	0.076	1.550	8.32	3.78	5.67	9456.62	CLASE III	8.64	3.93	5.89	9814.23	CLASE IV
COLECTOR 8 1200	P8.1	3.60	1200.00	125.00	2.28	1.190	1.188	0.304	2.530	12.62	5.74	8.61	7170.86	CLASE II	12.54	5.70	8.55	7122.61	CLASE II
COLECTOR 8 1200	P8.8	5.20	1200.00	125.00	3.88	1.190	1.188	0.304	2.530	17.53	7.97	11.95	9961.62	CLASE IV	18.21	8.28	12.41	10345.74	CLASE IV

RAMAL	PERFIL NÚMERO	TRAFICO 7 TN					TRAFICO 13TN					TRAFICO 60TN				
		CARGA TOTAL	CARGA FISURACION	CARGA ROTURA	CARGA KG POR M2	CLASE TUBO	CARGA TOTAL	CARGA FISURACION	CARGA ROTURA	CARGA KG POR M2	CLASE TUBO	CARGA TOTAL	CARGA FISURACION	CARGA ROTURA	CARGA KG POR M2	CLASE TUBO
COLECTOR 6 1000	P6.4	8.84	4.02	6.03	6028.04	CLASE II	9.65	4.39	6.58	6580.44	CLASE II	11.38	5.17	7.76	7761.89	CLASE III
COLECTOR 6 1000	P6.7	14.05	6.38	9.58	9576.76	CLASE III	14.28	6.49	9.74	9738.90	CLASE III	15.22	6.92	10.38	10378.65	CLASE IV
COLECTOR 6 500	U6.11	4.23	1.92	2.88	5763.39	CLASE I	4.74	2.16	3.23	6469.07	CLASE II	5.71	2.60	3.89	7786.37	CLASE III
COLECTOR 6 500	U6.7	6.74	3.07	4.60	9196.58	CLASE III	6.90	3.14	4.70	9408.67	CLASE III	7.46	3.39	5.09	10178.21	CLASE IV
COLECTOR 8 600	P8.4.1	8.69	3.95	5.92	9874.81	CLASE IV	8.83	4.02	6.02	10037.84	CLASE IV	9.40	4.27	6.41	10685.61	CLASE IV
COLECTOR 8 600	P8.4	8.82	4.01	6.01	10017.92	CLASE IV	8.95	4.07	6.11	10175.07	CLASE IV	9.51	4.32	6.48	10807.29	CLASE IV
COLECTOR 8 1200	P8.1	13.24	6.02	9.02	7520.80	CLASE III	13.76	6.26	9.38	7818.97	CLASE III	15.37	6.99	10.48	8732.06	CLASE III
COLECTOR 8 1200	P8.8	18.50	8.41	12.62	10513.01	CLASE IV	18.73	8.51	12.77	10642.88	CLASE IV	19.70	8.95	13.43	11192.34	CLASE IV