



ANEJO 7: DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO



ANEJO 7: DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA.....	3
2.1. TIPOLOGÍA DE LA CONDUCCIÓN EN FUNCIÓN DE SU RESISTENCIA MECÁNICA.....	3
2.2. ACCIONES DE CÁLCULO.....	4
2.3. MÉTODO DE CÁLCULO PARA LAS ACCIONES.....	5
3. COMPROBACIONES MECÁNICAS.....	6
3.1. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN.....	6



1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se recogen los cálculos efectuados para obtener las características mecánicas de nuestras conducciones y la comprobación de que soportarán las cargas que van a recibir, en función del relleno de tierras de que dispongan, así como las diversas acciones durante su vida útil.

Las comprobaciones mecánicas se han realizado con un software facilitado por la Asociación Española de Tubos y Accesorios Plásticos (ASETUB), este programa de cálculo mecánico es específico para tuberías de PVC compactas y ha sido realizado por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, por encargo de la propia ASETUB. Dicho software se basa en la norma UNE 53331 IN: Plásticos. Tuberías de policloruro de vinilo (PVC) no plastificado y de polietileno (PE) de densidades media y alta. Este programa hace comprobaciones de conductos que pueden tener o no presión interna (como es nuestro caso) y que están sometidos a cargas externas.

2. RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA

“Recomendaciones para el proyecto, instalación y mantenimiento de tuberías para el transporte de agua a presión” realizadas por el CEDEX para la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente.

2.1. TIPOLOGÍA DE LA CONDUCCIÓN EN FUNCIÓN DE SU RESISTENCIA MECÁNICA

Es frecuente la división de los tubos en rígidos y flexibles dependiendo de como sea su comportamiento mecánico ante solicitaciones a las que estén expuestos, aunque no es muy precisa la frontera de división entre unos y otros tipos de conducciones.

Hoy en día, la tendencia más aceptada es a entender la condición de rígido o flexible no como una propiedad del tubo analizado de forma individual, sino de su conjunto que lo conforman el tubo como tal, junto a las demás características del terreno circundante, las condiciones de la instalación...de manera que, la posibilidad de que una conducción en unas determinadas condiciones fuera una estructura flexible y en otras rígida, ya que la geometría no sería el único factor del que dependería, con el caso anterior, sino ahora también del tipo de relleno que se le aplique, la compactación que se ha alcanzado, etc.

Los tubos flexibles son aquellos que admiten ciertas deformaciones por la acción de cargas verticales, produciéndose un efecto de ovalización que, al aumentar el diámetro horizontal, hace que entren en juego los empujes pasivos del terreno, aumentando de forma considerable su resistencia.

Estos tubos quedarían fuera de servicio (las tensiones en la pared superarían las admisibles) si se alcanzasen deformaciones circunferenciales muy elevadas, superiores al 20% del diámetro o más. Por ello, se dimensionan para que la citada deformación causada por la acción de las cargas externas no supere un valor del orden del 3% ó el 6% del diámetro, no alcanzándose para entonces el agotamiento de su capacidad resistente.

En el extremo opuesto estarían los tubos rígidos, en los que la deformación por la acción de las cargas ovalizantes es tan pequeña que no se benefician del posible empuje pasivo del terreno, sino que absorbe todas las solicitaciones el propio tubo. En este caso, el tubo queda fuera de servicio cuando el estado tensional en la pared excede el valor admisible.

Los estudios al respecto de los últimos años concluyen que, efectivamente, la división entre tubos flexibles y rígidos sería excesivamente simple, ya que habría un estadio intermedio, que serían los tubos

semirígidos o semiflexibles, los cuales admiten cierta deformación ante las cargas externas, la cual es suficiente para poder hacer variar el empuje de las tierras (comportamiento flexible).

En ellos puede ocurrir tanto que la deformación alcanzada para el estado tensional último sea muy pequeña (menor, por ejemplo del 2 ó del 3%: comportamiento rígido) como que sea muy grande (más de, por ejemplo, el 10%, de modo que se dimensionen limitando la deformación radial admisible a un valor del orden del 3 ó el 5% del diámetro: comportamiento flexible). Por tanto, en el dimensionamiento de estos tubos hay que comprobar que en cada instalación ni las deformaciones ni las tensiones superan los valores admisibles (en los tubos flexibles puros bastaba con comprobar únicamente lo primero, y en los absolutamente rígidos lo segundo).

Los criterios anteriores son los recogidos en la norma UNE-EN 805:2000, la cual clasifica a los tubos de la siguiente manera:

- Tubos rígidos: “aquellos cuya capacidad de carga está limitada por la rotura, sin que previamente aparezcan deformaciones significativas en su sección transversal”.
- Tubos flexibles: “los que su capacidad de carga está limitada por la deformación admisible”.
- Tubos semirígidos: “aquellos cuya capacidad de carga puede estar limitada bien por la rotura o bien por la deformación transversal”.

A la luz de todo lo anterior, debe decirse, en primer lugar, que no ha lugar a establecer clasificaciones absolutas de los tubos por rígidos, flexibles o semirígidos, ya que dicha condición no depende solo del propio tubo como tal sino además de las condiciones de la instalación (en rigor, habría que distinguir entre un tubo rígido o flexible y un comportamiento rígido o flexible).

En cualquier caso, sí puede decirse que, en general, los tubos de acero y los de materiales plásticos PVC-U, PE, PRFV se comportan siempre o casi siempre de manera flexible, que los de hormigón lo hacen de forma rígida y que la fundición tendría un comportamiento semirígido, ya que éste variará de rígido a flexible según diámetros.

2.2. ACCIONES DE CÁLCULO

Las principales acciones que, en general, deben considerarse en el cálculo mecánico de la tubería son las siguientes (clasificación según norma NBE AE 88, del Ministerio de Fomento):

- a) Acciones gravitatorias: Son tanto las producidas por los elementos constructivos de la tubería como las que puedan actuar por razón de su uso.

- Peso propio: Es la carga debida al peso de la tubería.
- Cargas permanentes o muertas: Son las debidas a los pesos de los posibles elementos constructivos o instalaciones fijas que tenga que soportar la tubería.
- Sobrecargas de uso: Son aquellas cargas derivadas del uso de la tubería y cuya magnitud y/o posición puede ser variable a lo largo del tiempo. Son, básicamente, las siguientes:
 - Carga debida al peso del agua en el interior de la tubería.
 - Presión interna actuante, incluyendo el golpe de ariete.
- b) Acciones del terreno: Son las producidas tanto por el empuje activo como por el empuje pasivo del terreno. En su determinación deben tenerse en cuenta las condiciones de instalación de la tubería, así como que ésta sea rígida o flexible, el tipo de apoyo, el tipo de relleno, la naturaleza del terreno, etc.
- c) Acciones del tráfico: Son las producidas por la acción de los vehículos que puedan transitar sobre la tubería.

Estas acciones derivadas del tráfico son, por su propia naturaleza, unas sobrecargas puntuales que, además, tendrían la consideración de “acciones dinámicas”, las cuales actúan con un cierto impacto. Por ello, al determinar su valor hay que multiplicar a la propia sobrecarga por un “coeficiente de impacto” que tenga en cuenta esta circunstancia.

Otras acciones del tráfico serían, por ejemplo, las acciones causadas por máquinas compactadoras que produzcan vibraciones, en cuyo cálculo habría que tener en cuenta también la influencia de dichas vibraciones.

Las acciones más determinantes en el dimensionamiento de tuberías enterradas suelen ser la presión interna (a.3.2), así como las acciones del terreno (b) y las del tráfico (c).

Por ello, para referirse a ellas pueden emplearse los términos “acciones internas” (para la presión interior), y “acciones externas” (para las acciones tanto del terreno como del tráfico).

- d) Acciones climáticas: Son las derivadas de los fenómenos climatológicos.
- Acciones del viento: Son las producidas por las presiones y succiones que el viento origina sobre la superficie de la tubería.
 - Acciones térmicas: Son las producidas por las deformaciones debidas a los cambios de temperatura.
 - Acciones de la nieve: Son las originadas por el peso de la nieve que, en las condiciones climatológicas más desfavorables, podría acumularse sobre la tubería.
- e) Acciones debidas al nivel freático: Es el empuje hidrostático generado por el agua subterránea.



- f) Acciones reológicas: Son las producidas por las deformaciones que experimentan los materiales en el transcurso del tiempo por retracción, fluencia bajo las cargas u otras causas.
- g) Acciones sísmicas: Son las producidas por las aceleraciones de las sacudidas sísmicas.

2.3. MÉTODO DE CÁLCULO PARA LAS ACCIONES

Para la determinación de las acciones pueden utilizarse distintos métodos de cálculo, si bien para las acciones más determinantes (terreno y tráfico) en España los más habituales son los siguientes:

- Acciones del terreno:

Estas acciones, en las tuberías enterradas se han venido calculando tradicionalmente en España mediante las teorías de Marston, desarrolladas por la Universidad de Iowa, Estados Unidos, entre los años 1910 y 1920.

Las teorías de Marston son sobre todo de aplicación para los tubos rígidos (hormigón), en los cuales se aplica un coeficiente reductor a la carga obtenida.

Recientemente, en los años 1980, se ha desarrollado en Alemania el conocido como método ATV de aplicación para todos los tipos de materiales, pero especialmente para las tuberías flexibles o semirígidas. En España es el método que se emplea habitualmente para el cálculo de las acciones del terreno en los tubos de PVC-U y en los de PE, y, en ocasiones, también en los de PRFV.

Por último, existe otra posibilidad, desarrollada en Francia en los años 1990, que es el conocido como método del Fascículo 70, de aplicación también, en principio, para todas las tipologías de materiales, si bien en España se utiliza solo en ocasiones para los tubos de fundición.

- Acciones del tráfico:

En los tubos de acero y hormigón, de forma clásica, las acciones del tráfico se han venido calculando mediante las teorías de Boussinesq, las cuales se encuentran desarrolladas (con pequeñas variaciones entre unas fuentes y otras) en la norma DIN 1072:1985 o en la IET- 80.

En los tubos de PVC-U y en los de PE (y también en ocasiones en los de PRFV), de manera análoga a las acciones del terreno, en España suele emplearse el método ATV para la determinación de las acciones del tráfico.

Por último, en los tubos de fundición y de PRFV pueden emplearse los procedimientos específicos previstos en las normas UNE-EN 545:1995 y AWWA C950 (o en el Manual AWWA M45), respectivamente.

3. COMPROBACIONES MECÁNICAS

El programa utilizado, a través de distintos menús vamos configurando las características de nuestra conducción así como de las capas que componen su relleno y sus características.

Hemos elegido para el cálculo, como conducciones en zanja y con una clase de seguridad A, que es el caso normal el que la fuga causaría daños. Hemos considerado también que la probabilidad de fallo es de $P_f = 0.00001$ y estableciendo un coeficiente de seguridad con un valor mínimo de 2.5.

Posteriormente vamos introduciendo los datos de nuestra conducción, primeramente estableciendo su diámetro y disposición en la red. Especificaremos también la distancia desde la clave del colector hasta la parte superficial del relleno (H), el ancho de la zanja (B), el ángulo de los taludes (β), el diámetro nominal de la conducción (Dn) y el espesor de su pared (e).

Todos los tubos tienen una resistencia circunferencial de 8 kN/m^2 .

A continuación hacemos una tabla resumen con los datos de los colectores empleados para la realización de las comprobaciones mecánicas.

DN (mm)	H (m)	B (m)	E (mm)
315	1.00	0.85	30
315	1.55	0.85	30
400	1.00	1.10	36
500	1.00	1.20	48
500	1.40	1.20	48
630	1.00	1.35	59
1.000	1.00	1.85	102
1.000	2.00	1.85	102
1.200	1.00	2.05	117
1.200	2.11	2.05	117

Hemos empleado estas alturas ya que son las mínimas y las máximas para cada uno de los diámetros que disponemos, sabiendo que si aguanta las cargas para estos dos espesores de relleno, también aguantará en las zonas intermedias.

3.1. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

- **Diámetro 315 mm:**

I. Con un relleno de 1.00 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

1. *Características del tubo y la instalación.*

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 315 mm

Espesor: $e=30 \text{ mm}$

Diámetro interior: $d_i=255 \text{ mm}$

Radio medio: $R_m=142.5 \text{ mm}$

Módulo de elasticidad: $E_t(l_p)=1750 \text{ N/mm}^2$, $E_t(c_p)=3600 \text{ N/mm}^2$

Peso específico: $P_{\text{esp.}}=14 \text{ kN/m}^3$

Esfuerzo tang. máximo: $\sigma_t(l_p)=50 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_t(c_p)=90 \text{ N/mm}^2$

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

Presión agua interior: $P_i=0 \text{ bar}$

Presión agua exterior: $P_e=0 \text{ bar}$



Altura de la zanja: $H1=1$ m

Anchura de la zanja: $B1=0.85$ m

Ángulo de inclinación de la zanja: $\beta=90^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: $2\alpha=120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1=20$ kN/m³

Módulos de compresión del relleno: $E1=16$ N/mm² $E2=40$ N/mm²

Módulos de compresión del terreno: $E3=40$ N/mm² $E4=40$ N/mm²

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

Altura 1a capa de pavimentación: $h1=0.05$ m

Altura 2a capa de pavimetación: $h2=0.2$ m

Módulos de compresión de las capas: $Ef1=1600$ N/mm² $Ef2=2500$ N/mm²

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=13,61731$ kN/m²

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=7,71706$ kN/m²

Debida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}=0$ kN/m²

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=21,33438$ kN/m²

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=5,93892$ kN/m²

2.3. Deformación Relativa: $dv=0,04989$ % --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M(\text{Clave})=0,07231$ kN m/m

En Riñones: $M(\text{Riñones})=-0,07216$ kN m/m

En Base: $M(\text{Base})=0,08159$ kN m/m

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: $N(\text{Clave})=-1,0831$ kN m/m

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

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

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,48119$ kN/mm²

En Riñones: $-0,55032$ kN/mm²

En Base: $0,54598$ kN/mm²



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

En Clave: 103,90834 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: 90,85636 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: 91,57834 --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 535,72713 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua :3455,85416 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: 463,82491 --ADMISIBLE: cumple >2.5

II. Con un relleno de 1.55 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

1. *Características del tubo y la instalación.*

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

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 315 mm Espesor: e=30 mm

Diámetro interior: di= 255 mm

Radio medio: Rm= 142.5 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm² , Et(cp)=3600 N/mm²

Peso específico: P.esp.=14 kN/m³

Esfuerzo tang. máximo: Sigma-t(lp)= 50 N/mm² , Sigma-t(cp)=90 N/mm²

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

Presión agua interior: Pi = 0 bar

Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=1.55 m

Anchura de la zanja: B1=0.85 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=90º

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=120º

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m³

Módulos de compresión del relleno: E1=16 N/mm² E2= 40 N/mm²

Módulos de compresión del terreno: E3=40 N/mm² E4= 40 N/mm²

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

Altura 1a capa de pavimentación: $h_1=0.05$ m

Altura 2a capa de pavimetación: $h_2=0.2$ m

Módulos de compresión de las capas: $E_{f1}=1600$ N/mm² $E_{f2}= 2500$ N/mm²

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=17,49471$ kN/m²

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=5,88637$ kN/m²

Debida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}=0$ kN/m²

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=23,38108$ kN/m²

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=7,62936$ kN/m²

2.3. Deformación Relativa: $dv=0,05144$ % --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: M (Clave)= $0,06906$ kN m/m

En Riñones: M (Riñones)=- $0,06815$ kN m/m

En Base: M (Base)= $0,07892$ kN m/m

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: N (Clave)=- $1,45132$ kN m/m

En Riñones: N (Riñones)= kN m/m

En Base: N (Base)=kN m/m

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,44625$ kN/mm²

En Riñones: $-0,53517$ kN/mm²

En Base: $0,51466$ kN/mm²

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

En Clave: $112,04522$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: $93,42783$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: $97,15114$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: $488,83131$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua : $3455,85416$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: $428,25461$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

• Diámetro 400 mm:

I. Con un relleno de 1.00 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: $A (> 2.5)$

1. Características del tubo y la instalación.

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



Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 400 mm

Espesor: e=36 mm

Diámetro interior: di= 328 mm

Radio medio: Rm= 182 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm² , Et(cp)=3600 N/mm²

Peso específico: P.esp.=14 kN/m³

Esfuerzo tang. máximo: Sigma-t(lp)= 50 N/mm² , Sigma-t(cp)=90 N/mm²

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

Presión agua interior: Pi = 0 bar

Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=1 m

Anchura de la zanja: B1=1.1 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=90º

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=120º

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m³

Módulos de compresión del relleno: E1=16 N/mm² E2= 40 N/mm²

Módulos de compresión del terreno: E3=40 N/mm² E4= 40 N/mm²

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: Pc=40 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Altura 1a capa de pavimentación: h1=0.05 m

Altura 2a capa de pavimetación: h2=0.2 m

Módulos de compresión de las capas: Ef1=1600 N/mm² Ef2= 2500 N/mm²

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: qv=14,63734 kN/m²

Debida a sobrecargas concentradas: Pvc=7,702 kN/m²

Debida a sobrecargas repartidas: Pvr=0 kN/m²

Presión vertical total sobre el tubo: qvt=22,33934 kN/m²

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=6,85735 \text{ kN/m}^2$

Debido al terreno y al agua: 408,49311 --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.3. Deformación Relativa: $dv=0,05627 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M(\text{Clave})=0,12053 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M(\text{Riñones})=-0,12015 \text{ kN m/m}$

En Base: $M(\text{Base})=0,13743 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: $N(\text{Clave})=-1,48099 \text{ kN m/m}$

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

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

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,55413 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones: $-0,63453 \text{ kN/mm}^2$

En Base: $0,63706 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave: 90,23176 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: 78,79796 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: 78,48595 --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 465,95112 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua :3312,64242 --ADMISIBLE: cumple >2.5

- **Diámetro 500 mm:**

I. Con un relleno de 1.00 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

1. *Características del tubo y la instalación.*

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: $D_n = 500 \text{ mm}$

Espesor: $e=48 \text{ mm}$

Diámetro interior: $d_i= 404 \text{ mm}$

Radio medio: $R_m= 226 \text{ mm}$

Módulo de elasticidad: $E_t(l_p)=1750 \text{ N/mm}^2$, $E_t(c_p)=3600 \text{ N/mm}^2$

Peso específico: $P.\text{esp.}=14 \text{ kN/m}^3$

Esfuerzo tang. máximo: $\sigma_t(l_p)= 50 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_t(c_p)=90 \text{ N/mm}^2$

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

Presión agua interior: $P_i = 0 \text{ bar}$



Presión agua exterior: $P_e = 0$ bar

Altura de la zanja: $H_1 = 1$ m

Anchura de la zanja: $B_1 = 1.2$ m

Ángulo de inclinación de la zanja: $\beta = 90^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: $\alpha = 120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1 = 20$ kN/m³

Módulos de compresión del relleno: $E_1 = 16$ N/mm² $E_2 = 40$ N/mm²

Módulos de compresión del terreno: $E_3 = 40$ N/mm² $E_4 = 40$ N/mm²

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

Altura 1a capa de pavimentación: $h_1 = 0.05$ m

Altura 2a capa de pavimetación: $h_2 = 0.2$ m

Módulos de compresión de las capas: $E_{f1} = 1600$ N/mm² $E_{f2} = 2500$ N/mm²

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v = 15,16168$ kN/m²

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc} = 7,67993$ kN/m²

Debida a sobrecargas repartidas: $P_{vr} = 0$ kN/m²

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt} = 22,84161$ kN/m²

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht} = 6,5406$ kN/m²

2.3. Deformación Relativa: $dv = 0,05204$ % --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M(\text{Clave}) = 0,20169$ kN m/m

En Riñones: $M(\text{Riñones}) = -0,20282$ kN m/m

En Base: $M(\text{Base}) = 0,23087$ kN m/m

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: $N(\text{Clave}) = -1,69706$ kN m/m

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

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

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,52646$ kN/mm²



En Riñones: -0,60102 kN/mm²

En Base: 0,60844 kN/mm²

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

En Clave: 94,97349 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: 83,19247 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: 82,178 --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 507,0333 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua :2235,5026 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: 413,29423 --ADMISIBLE: cumple >2.5

II. Con un relleno de 1.40 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

1. *Características del tubo y la instalación.*

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 500 mm

Espesor: e=48 mm

Diámetro interior: di= 404 mm

Radio medio: Rm= 226 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm² , Et(cp)=3600 N/mm²

Peso específico: P.esp.=14 kN/m³

Esfuerzo tang. máximo: Sigma-t(lp)= 50 N/mm² , Sigma-t(cp)=90 N/mm²

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

Presión agua interior: Pi = 0 bar

Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=1.4 m

Anchura de la zanja: B1=1.2 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=90º

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=120º

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m³

Módulos de compresión del relleno: E1=16 N/mm² E2= 40 N/mm²

Módulos de compresión del terreno: E3=40 N/mm² E4= 40 N/mm²

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

Altura 1a capa de pavimentación: $h_1=0.05$ m

Altura 2a capa de pavimetación: $h_2=0.2$ m

Módulos de compresión de las capas: $E_{f1}=1600$ N/mm² $E_{f2}= 2500$ N/mm²

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=19,14677$ kN/m²

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=6,26877$ kN/m²

Debida a sobrecargas repartidas: $P_{vr}=0$ kN/m²

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=25,41554$ kN/m²

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=8,26054$ kN/m²

2.3. Deformación Relativa: $d_v=0,05508$ % --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: M (Clave)= $0,19978$ kN m/m

En Riñones: M (Riñones)= $-0,19907$ kN m/m

En Base: M (Base)= $0,23081$ kN m/m

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: N (Clave)= $-2,29665$ kN m/m

En Riñones: N (Riñones)= kN m/m

En Base: N (Base)=kN m/m

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,50931$ kN/mm²

En Riñones: $-0,60406$ kN/mm²

En Base: $0,59576$ kN/mm²

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

En Clave: $98,17148$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: $82,77357$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: $83,92592$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: $455,68417$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua : $2235,5026$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: $378,52562$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

- **Diámetro 630 mm:**

I. Con un relleno de 1.00 m:



RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: $A (> 2.5)$

1. Características del tubo y la instalación.

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: $D_n = 630 \text{ mm}$

Espesor: $e=59 \text{ mm}$

Diámetro interior: $d_i= 512 \text{ mm}$

Radio medio: $R_m= 285.5 \text{ mm}$

Módulo de elasticidad: $E_t(l_p)=1750 \text{ N/mm}^2$, $E_t(c_p)=3600 \text{ N/mm}^2$

Peso específico: $P.\text{esp.}=14 \text{ kN/m}^3$

Esfuerzo tang. máximo: $\sigma_t(l_p)= 50 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_t(c_p)=90 \text{ N/mm}^2$

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

Presión agua interior: $P_i = 0 \text{ bar}$

Presión agua exterior: $P_e= 0 \text{ bar}$

Altura de la zanja: $H_1=1 \text{ m}$

Anchura de la zanja: $B_1=1.35 \text{ m}$

Ángulo de inclinacion de la zanja: $\beta=90^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: $2\alpha=120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1=20 \text{ kN/m}^3$

Módulos de compresión del relleno: $E_1=16 \text{ N/mm}^2$ $E_2= 40 \text{ N/mm}^2$

Módulos de compresión del terreno: $E_3=40 \text{ N/mm}^2$ $E_4= 40 \text{ N/mm}^2$

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

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas: $a=2 \text{ m}$

Distancia entre ejes: $b=3 \text{ m}$

Sobrecarga concentrada: $P_c=40 \text{ kN}$

Sobrecarga repartida: $P_d= \text{ kN}$

Altura 1a capa de pavimentación: $h_1=0.05 \text{ m}$

Altura 2a capa de pavimetación: $h_2=0.2 \text{ m}$

Módulos de compresión de las capas: $E_{f1}=1600 \text{ N/mm}^2$ $E_{f2}= 2500 \text{ N/mm}^2$

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=15,57392 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=7,64443 \text{ kN/m}^2$

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

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=23,21835 \text{ kN/m}^2$

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=6,95418 \text{ kN/m}^2$

2.3. Deformación Relativa: $dv=0,05477 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M \text{ (Clave)}=0,33381 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M \text{ (Riñones)}=-0,33702 \text{ kN m/m}$

En Base: $M \text{ (Base)}=0,38595 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerza axial total (N)

En Clave: $N \text{ (Clave)}=-2,04791 \text{ kN m/m}$

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

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

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,57799 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones: $-0,65656 \text{ kN/mm}^2$

En Base: $0,67635 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave: $86,50697$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: $76,155$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: $73,92595$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: $478,7419$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua : $1634,34575$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: $370,27796$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

- **Diámetro 1000 mm:**

I. Con un relleno de 1.00 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: $A (> 2.5)$

1. *Características del tubo y la instalación.*

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: $D_n = 1000 \text{ mm}$

Espesor: $e=102 \text{ mm}$

Diámetro interior: $d_i= 796 \text{ mm}$

Radio medio: $R_m= 449 \text{ mm}$



Módulo de elasticidad: $E_t(l_p)=1750 \text{ N/mm}^2$, $E_t(c_p)=3600 \text{ N/mm}^2$

Peso específico: $P.\text{esp.}=14 \text{ kN/m}^3$

Esfuerzo tang. máximo: $\sigma_t(l_p)= 50 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_t(c_p)=90 \text{ N/mm}^2$

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

Presión agua interior: $P_i = 0 \text{ bar}$

Presión agua exterior: $P_e= 0 \text{ bar}$

Altura de la zanja: $H_1=1 \text{ m}$

Anchura de la zanja: $B_1=1.85 \text{ m}$

Ángulo de inclinacion de la zanja: $\beta=90^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: $\alpha=120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1=20 \text{ kN/m}^3$

Módulos de compresión del relleno: $E_1=16 \text{ N/mm}^2$ $E_2= 40 \text{ N/mm}^2$

Módulos de compresión del terreno: $E_3=40 \text{ N/mm}^2$ $E_4= 40 \text{ N/mm}^2$

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

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas: $a=2 \text{ m}$

Distancia entre ejes: $b=3 \text{ m}$

Sobrecarga concentrada: $P_c=40 \text{ kN}$

Sobrecarga repartida: $P_d= \text{ kN}$

Altura 1a capa de pavimentación: $h_1=0.05 \text{ m}$

Altura 2a capa de pavimetación: $h_2=0.2 \text{ m}$

Módulos de compresión de las capas: $E_{f1}=1600 \text{ N/mm}^2$ $E_{f2}= 2500 \text{ N/mm}^2$

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=16,71535 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=7,50446 \text{ kN/m}^2$

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

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=24,21981 \text{ kN/m}^2$

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=6,5575 \text{ kN/m}^2$

2.3. Deformación Relativa: $dv=0,04906 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M(\text{Clave})=0,98264 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M(\text{Riñones})=-1,01062 \text{ kN m/m}$

En Base: $M(\text{Base})=1,15438 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerza axil total (N)



En Clave: N (Clave)=-2,35755 kN m/m

En Riñones: N (Riñones)= kN m/m

En Base: N (Base)=kN m/m

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 0,58056 kN/mm²

En Riñones: -0,65093 kN/mm²

En Base: 0,69303 kN/mm²

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

En Clave: 86,12307 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: 76,81306 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: 72,14705 --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 528,96151 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua :1367,75491 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: 381,44326 --ADMISIBLE: cumple >2.5

II. Con un relleno de 2.00 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

1. Características del tubo y la instalación.

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 1000 mm

Espesor: e=102 mm

Diámetro interior: di= 796 mm

Radio medio: Rm= 449 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm² , Et(cp)=3600 N/mm²

Peso específico: P.esp.=14 kN/m³

Esfuerzo tang. máximo: Sigma-t(lp)= 50 N/mm² , Sigma-t(cp)=90 N/mm²

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

Presión agua interior: Pi = 0 bar

Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=2 m

Anchura de la zanja: B1=1.85 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=90º

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=120º

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1=20 \text{ kN/m}^3$

Módulos de compresión del relleno: $E_1=16 \text{ N/mm}^2$ $E_2= 40 \text{ N/mm}^2$

Módulos de compresión del terreno: $E_3=40 \text{ N/mm}^2$ $E_4= 40 \text{ N/mm}^2$

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

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas: $a=2 \text{ m}$

Distancia entre ejes: $b=3 \text{ m}$

Sobrecarga concentrada: $P_c=40 \text{ kN}$

Sobrecarga repartida: $P_d= \text{kN}$

Altura 1a capa de pavimentación: $h_1=0.05 \text{ m}$

Altura 2a capa de pavimetación: $h_2=0.2 \text{ m}$

Módulos de compresión de las capas: $E_{f1}=1600 \text{ N/mm}^2$ $E_{f2}= 2500 \text{ N/mm}^2$

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v=28,20996 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc}=4,89059 \text{ kN/m}^2$

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

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt}=33,10055 \text{ kN/m}^2$

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht}=11,09302 \text{ kN/m}^2$

2.3. Deformación Relativa: $dv=0,06123 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M (\text{Clave})=1,05667 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M (\text{Riñones})=-1,06712 \text{ kN m/m}$ En Base:

$M (\text{Base})=1,25347 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: $N (\text{Clave})=-5,66923 \text{ kN m/m}$

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

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

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,59614 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones: $-0,72014 \text{ kN/mm}^2$

En Base: $0,72204 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave: $83,87361$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: $69,43069$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: $69,2484$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: $387,04334$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua : $1367,75491$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: $301,67595$ --ADMISIBLE: cumple >2.5

- **Diámetro 1.200 mm:**

I. Con un relleno de 1.00 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: A (> 2.5)

1. *Características del tubo y la instalación.*

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

Instalacion en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: Dn = 1200 mm

Espesor: e=117 mm

Diámetro interior: di= 966 mm

Radio medio: Rm= 541.5 mm

Módulo de elasticidad: Et(lp)=1750 N/mm² , Et(cp)=3600 N/mm²

Peso específico: P.esp.=14 kN/m³

Esfuerzo tang. máximo: Sigma-t(lp)= 50 N/mm² , Sigma-t(cp)=90 N/mm²

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

Presión agua interior: Pi = 0 bar

Presión agua exterior: Pe= 0 bar

Altura de la zanja: H1=1 m

Anchura de la zanja: B1=2.05 m

Ángulo de inclinacion de la zanja: Beta=90º

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: 2alfa=120º

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: Y1=20 kN/m³

Módulos de compresión del relleno: E1=16 N/mm² E2= 40 N/mm²

Módulos de compresión del terreno: E3=40 N/mm² E4= 40 N/mm²

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: Pc=40 kN

Sobrecarga repartida: Pd= kN

Altura 1a capa de pavimentación: h1=0.05 m

Altura 2a capa de pavimetación: h2=0.2 m

Módulos de compresión de las capas: Ef1=1600 N/mm² Ef2= 2500 N/mm²

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v = 16,9572 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc} = 7,40773 \text{ kN/m}^2$

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

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt} = 24,36493 \text{ kN/m}^2$

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht} = 7,14301 \text{ kN/m}^2$

2.3. Deformación Relativa: $dv = 0,05315 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M (\text{Clave}) = 1,47408 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M (\text{Riñones}) = -1,52208 \text{ kN m/m}$

En Base: $M (\text{Base}) = 1,75201 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerza axil total (N)

En Clave: $N (\text{Clave}) = -2,44305 \text{ kN m/m}$

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

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

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: $0,66284 \text{ kN/mm}^2$

En Riñones: $-0,73838 \text{ kN/mm}^2$

En Base: $0,80235 \text{ kN/mm}^2$

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

En Clave: $75,433$ --ADMISIBLE: cumple > 2.5

En Riñones: $67,71586$ --ADMISIBLE: cumple > 2.5

En Base: $62,3171$ --ADMISIBLE: cumple > 2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: $487,7306$ --ADMISIBLE: cumple > 2.5

Debido a la presión ext. de agua : $980,68097$ --ADMISIBLE: cumple > 2.5

Debido al terreno y al agua: $325,73165$ --ADMISIBLE: cumple > 2.5

II. Con un relleno de 2.11 m:

RESULTADO DEL CÁLCULO MECÁNICO: INSTALACIÓN VÁLIDA

(Si se aplican en la instalación los parámetros especificados en el cálculo) Coeficiente de seguridad empleado en el cálculo: $A (> 2.5)$

1. *Características del tubo y la instalación.*

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

Instalación en: ZANJA

Material del tubo: PVC-U

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

Diámetro nominal: $D_n = 1200 \text{ mm}$

Espesor: $e = 117 \text{ mm}$



Diámetro interior: $d_i = 966 \text{ mm}$

Radio medio: $R_m = 541.5 \text{ mm}$

Módulo de elasticidad: $E_t(l_p) = 1750 \text{ N/mm}^2$, $E_t(c_p) = 3600 \text{ N/mm}^2$

Peso específico: $P_{\text{esp.}} = 14 \text{ kN/m}^3$

Esfuerzo tang. máximo: $\sigma_t(l_p) = 50 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_t(c_p) = 90 \text{ N/mm}^2$

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

Presión agua interior: $P_i = 0 \text{ bar}$

Presión agua exterior: $P_e = 0 \text{ bar}$

Altura de la zanja: $H_1 = 2.11 \text{ m}$

Anchura de la zanja: $B_1 = 2.05 \text{ m}$

Ángulo de inclinación de la zanja: $\beta = 90^\circ$

Apoyo sobre material granular compactado (Tipo A)

Ángulo de apoyo: $\alpha = 120^\circ$

Tipo de relleno: No cohesivo

Tipo de suelo: No cohesivo

Relleno de la zanja compactado por capas en toda la altura

Peso específico de la tierra de relleno: $\gamma_1 = 20 \text{ kN/m}^3$

Módulos de compresión del relleno: $E_1 = 16 \text{ N/mm}^2$ $E_2 = 40 \text{ N/mm}^2$

Módulos de compresión del terreno: $E_3 = 40 \text{ N/mm}^2$ $E_4 = 40 \text{ N/mm}^2$

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

Número de ejes de los vehículos: 2

Distancia entre ruedas: $a = 2 \text{ m}$

Distancia entre ejes: $b = 3 \text{ m}$

Sobrecarga concentrada: $P_c = 40 \text{ kN}$

Sobrecarga repartida: $P_d = \text{ kN}$ Zona no pavimentada

2. Determinación de las acciones sobre el tubo

2.1. Presión vertical de las tierras.

Debida a las tierras: $q_v = 30,1126 \text{ kN/m}^2$

Debida a sobrecargas concentradas: $P_{vc} = 7,68729 \text{ kN/m}^2$

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

Presión vertical total sobre el tubo: $q_{vt} = 37,79988 \text{ kN/m}^2$

2.2. Presión lateral de las tierras

Reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo: $q_{ht} = 12,69347 \text{ kN/m}^2$

2.3. Deformación Relativa: $d_v = 0,07791 \%$ --ADMISIBLE: cumple $\leq 5\%$

2.4. Momento flector total (M)

En Clave: $M(\text{Clave}) = 1,82371 \text{ kN m/m}$

En Riñones: $M(\text{Riñones}) = -1,84352 \text{ kN m/m}$

En Base: $M(\text{Base}) = 2,15679 \text{ kN m/m}$

2.5. Fuerza axial total (N)

En Clave: $N(\text{Clave}) = -7,21017 \text{ kN m/m}$



En Riñones: N (Riñones)= kN m/m

En Base: N (Base)=kN m/m

2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

En Clave: 0,78973 kN/mm²

En Riñones: -0,9313 kN/mm²

En Base: 0,9518 kN/mm²

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

En Clave: 63,31266 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Riñones: 53,68839 --ADMISIBLE: cumple >2.5

En Base: 52,53224 --ADMISIBLE: cumple >2.5

2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 314,37984 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido a la presión ext. de agua :980,68097 --ADMISIBLE: cumple >2.5

Debido al terreno y al agua: 238,0632 --ADMISIBLE: cumple >2.5