

ANEJO Nº 6.- COLECTOR Y EMISARIO

ANEJO Nº 6.- COLECTOR Y EMISARIO

Índice

1.	INTRODUCCIÓN Y CONTENIDO	1
2.	CAUDALES DE DISEÑO	1
3.	METODOLOGÍA	1
3.1	CÁLCULOS HIDRÁULICOS	1
3.2	CÁLCULOS MECÁNICOS	3
3.2.1	CÁLCULOS MECÁNICOS DE TUBERÍAS DE PVC	4
3.2.2	CÁLCULOS MECÁNICOS DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO	6
4.	SOLUCION PROYECTADA	7
4.1	CONDUCCIONES EN GRAVEDAD	7
4.2	CONDUCCIONES IMPULSADAS	9

ANEXOS:

ANEXO Nº 1.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

ANEXO Nº 2.- MEMORIA DEL PROGRAMA DE CÁLCULO MECÁNICO (ATHA)

ANEXO Nº 3.- CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA DE PVC

ANEXO Nº 4.- CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO

1. INTRODUCCIÓN Y CONTENIDO

En el presente anejo se justifica el trazado y se dimensiona hidráulica y mecánicamente el colector proyectado en Pedroso que conducirá sus aguas residuales hasta la arqueta aliviadero de entrada a la fosa séptica, así como del emisario de vertido.

El proyecto de colector se ha diseñado con tubería Ø400 mm de PVC liso tipo SN-8 color teja en la zona más intrincada del trazado hasta el P.K. 0+060, fundición dúctil en tramos aéreos adosados a muros de hormigón y de hormigón armado Clase IV en el resto del trazado, siguiendo el criterio de diámetro mínimo recogido en el Plan Director de Saneamiento. El alivio y el By-Pass de fosa séptica, así como el emisario se prevé con la misma tubería Ø400 mm pero en PVC.

El dimensionamiento hidráulico se realiza para el tramo de pendiente mínima, y para el de pendiente máxima. Por tanto, se estructura el presente anejo en los siguientes apartados:

- Caudales de diseño de las conducciones
- Metodología utilizada
- Criterios de diseño hidráulico
- Trazado y características principales

Se incluyen además dos anexos, con los cálculos hidráulicos y mecánicos correspondientes.

2. CAUDALES DE DISEÑO

Se establecen las siguientes bases de partida para el diseño del colector

- Caudal medio: 4,17 m³/h
- Caudal punta (3xQm) : 12,50 m³/h
- Caudal máximo (2xQp) : 25,00 m³/h

Se comprueba en el Anexo 1, que dichos caudales son inferiores a los de máximo transporte del colector diseñado.

3. METODOLOGÍA

3.1 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Para el cálculo de las pérdidas por rozamiento en las conducciones se utiliza la fórmula de Colebrook basada en las experiencias de Nikuradze.

Colebrook propuso que existía una relación entre la rugosidad artificial y la rugosidad natural de los conductos tal como se encuentra en la práctica. Para ello, se basó en los resultados de Prandtl y Von Karman que realizaron un exhaustivo análisis matemático del comportamiento de

fluidos en conducciones forzadas, determinando el límite inferior del valor del coeficiente representativo de las pérdidas de carga, así como las correlaciones establecidas por Nikuradze entre dicho coeficiente y la rugosidad uniforme artificialmente obtenida en sus experiencias.

$$J = \frac{\lambda \times v^2}{D \times 2g}$$

, con:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \times \log \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

siendo

- J es la pérdida de carga por rozamiento, en m de columna de agua por metro de tubería.
- λ es el coeficiente de pérdida de carga.
- D es el diámetro de tubería, o diámetro hidráulico para conducciones no cilíndricas, en m.
- V es la velocidad de flujo, en m/s.
- g es la aceleración de la gravedad en m/s².
- K es el coeficiente de rugosidad equivalente de la pared, en m.
- Re es el número de Reynolds.

Los coeficientes de rugosidad equivalentes (K) que se utilizan normalmente en conducciones de aguas residuales son los siguientes:

Material	K (mm)
Gres	0,10-0,25
PVC y PEAD	0,10-0,25
PRV	0,20-0,50
Fibrocemento	0,25-0,40
Fundición recubierta	0,40-0,80
Hormigón liso de alta calidad	0,40-0,80
Hormigón liso de calidad media	0,80-1,50
Hormigón rugoso	1,20-4,00
Hormigón in situ	2,50-6,00

Para conducciones a sección parcialmente llena, se aplican a ésta fórmula los coeficientes correctores de Thormann - Franke:

$$\frac{v}{v_p} = \left(\frac{2\beta - \sin 2\beta}{2(\beta + \gamma \sin \beta)} \right)^{0,625} \quad \frac{Q}{Q_p} = \frac{(2\beta - \sin 2\beta)^{1,625}}{9,69(\beta + \gamma \sin \beta)^{0,625}}$$

Los criterios de diseño generales utilizados son los siguientes:

- o El colector se ejecutará con carácter general con tubería de hormigón armado con diámetro no inferior a Ø 400 mm.
- o La distancia mínima de la superficie de terreno definitivo a la generatriz superior de la tubería será de al menos 0,70 m para permitir un recubrimiento suficiente, excepto en aquellas expropiadas o con limitación de cultivos, así como en los tramos de conducción "aérea" o en cajón, supeditada al cruce de barrancos o adosada a muros existentes.
- o Las velocidades para caudal medio serán superiores a 0,50 m/s. Las velocidades a caudal máximo no sobrepasarán los 2,00 m/s, salvo en casos justificados.
- o Los pozos de registro prefabricados de hormigón armado y totalmente estancos, se colocan en los siguientes puntos: cambios de alineación, cambios de pendientes fuertes, cambios de sección y confluencia de tuberías.
- o En los cambios de dirección, los pozos deberán contar con la transición adecuada para reducir las pérdidas de carga y evitar sedimentaciones. Los pates son de alma de acero recubierta de polipropileno, con resaltes y entalladuras que evitan el deslizamiento, y colocados a una distancia máxima de 35 cm.
- o El marco y la tapa tendrá la forma y los espesores adecuados para soportar cargas del tránsito de acuerdo a la norma UNE-EN 124.
- o El ancho mínimo de zanja es de D+0,80 m para los tubos de diámetro superior a Ø400 y D+0,60 m para los diámetros inferiores como es el caso. Los taludes son los obtenidos de acuerdo con las características del terreno.
- o Los tubos de hormigón se apoyarán sobre una cuna de hormigón a 120° que los arriñone lateralmente y los tubos de PVC se instalarán sobre cama de arena o material granular, y se taparán con el mismo material una vez instalados hasta 15 cm por encima de la generatriz superior de la tubería.

3.2 CÁLCULOS MECÁNICOS

Los materiales previstos para la tubería en este proyecto en las partes de estudio (Colector, Emisario de vertido, Alivio y By-Pass) son de PVC y Hormigón Armado.

Por esta razón, se presentan cálculos para las secciones más desfavorables tanto por altura de tierras elevada como por escaso recubrimiento.

El proceso de cálculo realizado contempla las siguientes fases:

- Definición de las características de los tubos y sección a calcular.
- Clase de seguridad requerida.
- Selección del tipo de instalación, nivel freático y apoyo.
- Características de los suelos.
- Selección del tipo de sobrecargas.
- Cálculo de las cargas de tierras y tráfico.
- Distribución de las cargas.
- Cálculo de los esfuerzos, tensiones, deformación y estabilidad.
- Verificación de tensiones, deformaciones y estabilidad.

3.2.1 CÁLCULOS MECÁNICOS DE TUBERÍAS DE PVC

El cálculo se ha realizado con la aplicación informática (Cálculo Mecánico de Tuberías, versión 3.0e) desarrollada por la Cátedra Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

En un anexo a este anejo, se adjunta los resultados de cálculo, contemplando en todo momento los criterios de cálculo de la norma alemana ATV-A127. La comprobación final se realiza siempre teniendo en cuenta que la ovalización del tubo proyectado sea menor que un porcentaje estimado como límite máximo. Este porcentaje se fija en el 6 % a largo plazo para el colector objeto de estudio. Así mismo, se contemplan unos factores de seguridad de 2,0 frente a la rotura e inestabilidad por separado.

A efectos de diseño de tuberías, los suelos naturales han sido clasificados, según el código de ATV, en cuatro grandes grupos. Los grupos de suelos son función tanto de los tipos de suelo (clasificación) cuanto de su densidad, que conjuntamente determinan el módulo del suelo. Los módulos del suelo se agrupan como sigue:

- o GRUPO 1: Suelos muy estables
Gravas, mezclas de arena-grava con al menos un 40 % de los granos mayores de 2,0 mm y un máximo de un 5 % menores que 0,06 mm.
- o GRUPO 2: Suelos estables
Mezclas de grava y limo – máximo 15 % de limo
Mezclas de grava y arcilla – máximo 15 % de arcilla
Mezclas de arena y limo – máximo 15 % de limo
Mezclas de arena y arcilla – máximo 15 % de arcilla
Menos del 40 % de los granos superiores a 2,0 mm
- o GRUPO 3: Suelos mixtos

Como en el caso del Grupo 2, pero la cantidad de limo o arcilla permitida se eleva al 40 %.

o GRUPO 4: Suelos cohesivos

Suelos cohesivos (arcilla, marga) con un contenido de materiales finos superior al 40 % que muestran grados de plasticidad muy variables.

El tipo de "apoyo lateral" o relleno de la zona primaria que se utilice debe considerarse también en la etapa del proyecto puesto que afectará a la selección de la rigidez del tubo. A menudo, el relleno de la zona de tubería habrá de ser importado, a no ser que el suelo natural excavado sea adecuado.

Dado que el número de posibles combinaciones de suelos naturales y de tipos de relleno es muy alto, las clases de suelo natural y las descripciones del material de relleno utilizadas en el manual se encuentran acotadas.

El proceso del estudio del cálculo mecánico de los tubos enterrados determina en primer lugar las deformaciones y tensiones que se producirán en las paredes de los tubos, desde el inicio de la instalación, por los esfuerzos más desfavorables que actuarán sobre ellos.

Los valores calculados se comparan con los de rotura que determinan, los fabricantes y normas, y de esta comparación se deducen los coeficientes de seguridad en las instalaciones.

Todos los tubos se deben de calcular y así lo prescriben todas las normas. Por lo tanto, los conceptos desarrollados son aplicables a cada material de acuerdo con sus características intrínsecas. En el caso que nos atañe se debe considerar lo siguiente:

DEFLEXIÓN

Se debe limitar su valor a corto y largo plazo. En tubos de gravedad es conveniente no pasar del 4 % a corto y del 6 % a largo plazo. En tubos a presión sería en cambio del 3 y del 5 % respectivamente. No obstante si queremos que el tubo trabaje al límite de su Presión Nominal en la zanja, y mantenga los coeficientes de seguridad a presión, debemos estar cerca de deflexiones del 3 % a largo plazo.

COLAPSO

Llamado también pandeo lateral, es el fallo del tubo por la acción de todos los esfuerzos, que son asimilables en sentido radial, a crear una presión externa sobre él. En los tubos de gravedad se puede producir por fluencia a largo plazo. En los tubos a presión, puede ser instantáneo debido a un vacío por ejemplo. Las normas aconsejan unos valores de seguridad entre 2 y 2,5.

PRESIÓN

Se aplica la fórmula general de tubos, en la que la Tensión de rotura por presión interior es proporcional a la Presión de rotura y al diámetro e inversamente proporcional al espesor del tubo.

Se adjuntan en el anexo 2, los cálculos efectuados con detalle de la ovalización máxima del 6 % prevista por la Norma, tanto para la hipótesis de recubrimiento mínimo como para la de recubrimiento máximo, incluyendo si fuera preciso un tránsito de vehículos como sobrecarga.

Las tuberías quedarán embebidas en material granular fino. El espesor mínimo de esta cubrición será de 15 cm y otros 15 cm en la base de apoyo.

A continuación se detallan las cargas contempladas en el punto más desfavorable de los primeros 60 m de colector, tanto por recubrimiento mínimo como por recubrimiento máximo, teniendo también en cuenta el mínimo tráfico en esta zona señalado como el paso de furgonetas entre los P.K. 0+027 al 0+039 y la clasificación mínima resistente del tubo SN-8.

3.2.1.1 COBERTURA MÍNIMA EN ZONAS SIN CARGAS DE TRÁFICO (PARCELAS)

A continuación se detalla el cálculo con una cobertura de 0,40 m correspondiente a una cobertura mínima en la zona inicial no transitable (15 primeros metros) que debido a un macizado completo con hormigón quedará protegido frente a acciones superiores de cualquier índole.

3.2.1.2 COBERTURA MÁXIMA CON CARGA DE TIERRAS

Obtenemos 3,02 m de profundidad máxima, entre los P.K. 0+040 al 0+060.

3.2.2 CÁLCULOS MECÁNICOS DE TUBERÍAS DE HORMIGÓN ARMADO

Respecto al material de la tubería de Hormigón Armado el procedimiento de cálculo, extraído del Anexo A de la norma UNE 127 010, se resumen en estos apartados:

- Determinación de acciones actuantes sobre el tubo: carga producida por relleno, carga producida por el tráfico, carga puntual, carga uniformemente distribuida en superficie, carga producida por compactadores (estáticos o dinámicos).
- Obtención del Factor de Apoyo mínimo recomendado, según las condiciones de instalación.
- Determinación de la clase resistente exigible al tubo según las acciones actuantes y las condiciones de instalación.

Este procedimiento es aplicable en la instalación de tubos de diámetro en mm: 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2500, 3000, por lo que al encontramos con un tubo de 400 mm de diámetro es totalmente válido.

Para la realización de los cálculos correspondientes se ha contado con el programa facilitado por la Asociación Española de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado (ATHA).

Para el diseño mecánico del colector se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- o El ancho mínimo de zanja es de (D+0,60) m y los taludes son los obtenidos de acuerdo con las características del terreno.
- o El material de la tubería será de hormigón armado a grandes profundidades, por las siguientes ventajas de servicio:
 - Su resistencia está basada en la propia rigidez del tubo y no en el empuje pasivo del terreno.

- Su sección permanece inalterable y no sufre deformaciones.
- Ofrece la mayor seguridad y fiabilidad a largo plazo.

Las tuberías quedarán embebidas en una cama de hormigón en masa de espesor mínimo 15 cm y en arco mínimo de apoyo de 120° en el caso de los tubos de hormigón.

A continuación se detallan las cargas contempladas en el punto más desfavorable del colector, en función del recubrimiento, tráfico y la clasificación mínima resistente del tubo, bien según la normativa española UNE o la americana ASTM. Se observa que la clase resistente mínima ha de ser tipo I o 90 según nomenclatura UNE, por lo que se universaliza esta clase 90 resistente a todo el trazado.

3.2.2.1 COBERTURA MÍNIMA EN ZONAS SIN CARGAS DE TRÁFICO (PARCELAS)

En los Anexos de cálculo mecánico de este Anejo, se detalla el cálculo con una cobertura de 1,40 m correspondiente a la cobertura mínima en la zona no sin camino superior.

3.2.2.2 COBERTURA MÁXIMA CON CARGA DE TIERRAS

Obtenemos 3,19 m de profundidad máxima, a la altura del P.K. 0+140.

4. SOLUCION PROYECTADA

4.1 CONDUCCIONES EN GRAVEDAD

En la actualidad, las aguas residuales de Pedroso son vertidas al Río Pedroso, a través de dos tuberías de pequeño diámetro que cruza las terrazas junto a las casas en margen derecha. El vertido principal se recoge aguas arriba de las inmediaciones del antiguo tratamiento primario comentado en este proyecto que se encuentra en la zona Suroeste del perímetro del casco urbano.

A partir del punto de intercepción se proyecta un colector de 300 m de longitud, que traslade los vertidos hasta la nueva depuradora proyectada. El colector se prevé con 12 pozos de registro, en 400 mm, en tres materiales; HA, F.D. y PVC liso macizo. Las pendientes varían entre el 1,00 ‰ y el 5,00 ‰.

El trazado es muy rectilíneo con la excepción de un giro de casi 90° en planta que se produce a la altura del pozo de registro P-9, antes de afrontar el descenso con 4 pozos de registro entre P-9 y P-12. De esta manera, todas las pendientes quedan por debajo del 5 ‰ y los pozos de resalto no suponen mayores desniveles en caída vertical de 1,50 m.

Asimismo, se ha proyectado un emisario de agua tratada con tubería de PVC SN-8 de Ø400 mm y salida directa al Río Pedroso mediante una pequeña obra de salida con aletas y solera de hormigón. En concreto se vierte a cauce a través de la parcela catastrada como 329, que conforma un fuerte talud respecto al cauce receptor antes comentado.

En el anexo Cálculos hidráulicos de este documento, se detallan los cálculos justificativos realizados para el diseño de todas estas conducciones.



Vista del trazado del colector por la terraza superior de la parcela 329, sensiblemente paralela a la carretera de acceso al pueblo

El colector tiene una dimensión reducida, básicamente por su longitud, si bien es cierto que se alcanzan coberturas de hasta 3,20 m sobre la generatriz superior de la tubería. Los niveles más superficiales de los terrenos por los que discurrirá el colector se corresponden con materiales cuaternarios formados por coluviales, alternando arcillas y bolos, y descomposiciones de sustratos cementados inferiores. Se prevé un talud temporal de 1H:2V.

Es necesario prever excavaciones en roca para la parte inferior de la zanja. Se estima el porcentaje de cantidad de roca a excavar en base a lo descrito en el Anejo de Geología y Geotecnia.

Por último, cabe mencionarse que se proyecta un tramo de 20 m de longitud con dos pozos de registro en los cambios de alineación que sirve de By-Pass de la fosa, así como un tramo de 25 m de conexión entre la fosa séptica y la arqueta de salida de los humedales, que servirá como by-pass de los mismos y alivio en caso necesario.

Igualmente, se prevé un pequeño tramo de unos 9 m de longitud a la salida de la arqueta situada tras los humedales, con destino el nuevo punto de vertido en el talud del río Pedroso.



En la imagen anterior se observa la zona inferior del trazado en la zona próxima a la fosa séptica

4.2 CONDUCCIONES IMPULSADAS

Se prevé un bombeo en la zona Sureste del municipio para recoger una pequeña cantidad de vertidos, inferior en principio al 25 % del total estimado para el municipio y enviarla a la red existente que trasladará posteriormente estas aguas residuales hasta el nuevo punto de intercepción de la Zona Suroeste.

Se ha calculado una tubería Ø75 mm en PEAD a lo largo de 42 m, que discurrirá bajo el firme de una calle municipal. Por tanto, aunque se diseña el trazado por el lateral de la misma, se prevé un recubrimiento completo con material granular hasta alcanzar el nivel de firme superior, que será repuesto a base de hormigón armado con piedra lavada superior de tamaño análogo al existente.

La conducción permitirá salvar la diferencia geométrica de aproximadamente 7 m entre la zona de ubicación del bombeo y el punto de entrega a la red municipal existente.

ANEXO Nº 1.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

NUEVA IMPULSION EN PEAD

Ø75 mm (1+1) 4 l/s

Instalación

Tipo	Bombas sumergibles Centrífugas
Destino	Saneamiento
Regulación	Por nivel
Medida de nivel	Boyas

Dimensionado funcional

Caudal a bombear (Min. De 4 l/s hasta agotar 1,0 m³ de volumen)	14,40	m³/h
Nº de Bombas instaladas	2	Ud.
Nº de Bombas en servicio	1	Ud.
Caudal unitario necesario	14,40	m³/h
Caudal unitario adoptado	14,40	m³/h
Altura manométrica s/ cálculo en apartado siguiente:	8,00	m.c.a.
Potencia absorbida Teórica	0,4	Kw ($\mu=70\%$)
Diámetro impulsiones individuales (Exterior Ø 75 mm)	67	mm
Velocidad	1,13	m/sg
Diámetro impulsión general (Exterior Ø 75 mm)	67	mm
Velocidad	1,13	m/sg

Cálculo de la altura manométrica

a.1/ Pérdidas por rozamiento en Pozo de Bombeo

Caudal	0,004	m³/sg
Diámetro	0,067	m
Nº Reynolds	58.026	
Viscosidad cinemática	0,0000131	m²/sg
Coefficiente Ks (Manguera flexible)	0,00005	m
Valor de f	0,023	
Velocidad en tubería	1,135	m/sg
Pérdida	0,022	m/m
Longitud de la impulsión	5	m
Pérdidas por rozamiento	0,112	m

a.2/ Pérdidas por rozamiento en Conducción

Caudal	0,004	m³/sg
Diámetro	0,067	m
Nº Reynolds	58.026	
Viscosidad cinemática	0,0000131	m²/sg
Coefficiente Ks (PVC-O Degradado)	0,00002	m
Valor de f	0,021	
Velocidad en tubería	1,135	m/sg
Pérdida	0,021	m/m
Longitud de la impulsión	42	m
Pérdidas por rozamiento	0,879	m

b/ Pérdidas singulares

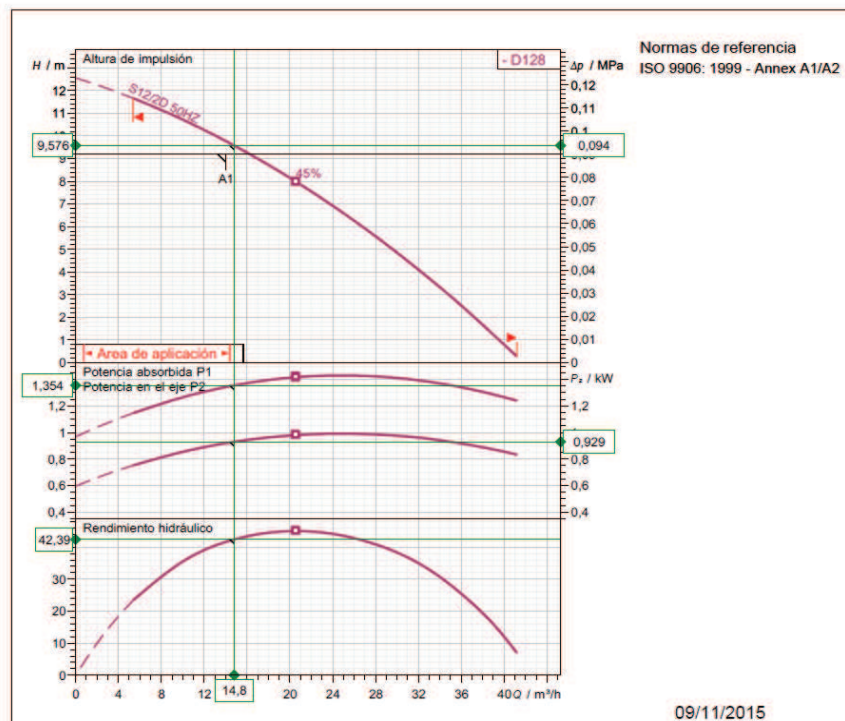
Codos 90° (k=0,29)	3,00	0,87
Codos 60° (k=0,22)	0,00	0,00
Codos 45° (k=0,17)	0,00	0,00
Codos 22,5° (K=0,10)	0,00	0,00
Codos 11,25° (K=0,05)	0,00	0,00
Válvulas de compuerta abiertas (K=0,12)	1,00	0,12
Válvulas de mariposa abiertas (K=0,25)	0,00	0,00
Válvulas antirretorno abiertas (K=2,0)	1,00	2,00
Derivación en T simétrica (k=1,07)	0,00	0,00
Puesta en carga y descarga (K=1,0+0,5)		0,00
Ktotal		2,99
Caudal	0,004	m³/sg
Diámetro	0,067	m
Velocidad	1,135	m/sg
Pérdida	0,196	m
Porcentaje respecto a pérdidas por rozamiento		22,32%

c/ Pérdidas geométricas

Cota de Nivel Líquido inferior con mínima sumergencia	757,20	m.s.n.m
Cota de vertido a Nuevo Pozo de registro	765,20	m.s.n.m
Diferencia	8,00	mts
Altura manométrica total	9,19	m.c.a.

Curva de la bomba elegida en proyecto

AS 0631 D 50 HZ



Denominación	COLECTOR GENERAL - PENDIENTE MÍNIMA (1,00 %)	
Tramo	TRAMO UNICO	
Formulación	Prandtl - Colebrook con los coeficientes correctores de Thormann - Franke	
Características generales		
- Material	HORMIGON	
- Diámetro interior	400	mm
Caudales de diseño		
- Máximo en colectores	12,50	m³/h
Características		
- Fluido	Agua residual	
- Rugosidad	0,5	mm
- Coeficiente de Poisson	0,00000131	m²/sg
- Pendiente del tramo	1,00	%
Resultados		
- Caudal máximo en colector	870,51	m³/h
- Caudal con resguardo de 25%	751,70	m³/h
- Caudal a sección llena	870,52	m³/h

RESULTADOS	Velocidades (m/sg)	Calados (mm)	% de llenado
Sección llena	1,92	400,00	100,00%
A Caudal máximo previsto	0,81	37,66	9,42%

RELACION h/D	CALADO h mm	CAUDAL m³/h	VELOCIDAD m/sg
0.01	4,00	0,15	0.20
0.05	20,00	4,55	0.54
0.10	40,00	19,24	0.82
0.20	80,00	78,58	1.22
0.25	100,00	121,93	1.38
0.30	120,00	173,20	1.52
0.35	140,00	231,35	1.64
0.40	160,00	295,25	1.75
0.45	180,00	363,66	1.84
0.50	200,00	435,26	1.92
0.55	220,00	505,36	1.98
0.60	240,00	574,39	2.03
0.65	260,00	639,93	2.06
0.70	280,00	699,68	2.07
0.75	300,00	751,70	2.07
0.80	320,00	794,64	2.05
0.85	340,00	827,82	2.02
0.90	360,00	851,17	1.98
0.95	380,00	865,18	1.95
1.00	400,00	870,51	1.92

Denominación	COLECTOR GENERAL - PENDIENTE MÁXIMA (5,00 %)	
Tramo	TRAMO UNICO	
Formulación	Prandtl - Colebrook con los coeficientes correctores de Thormann - Franke	
Características generales		
- Material	HORMIGON	
- Diámetro interior	400	mm
Caudales de diseño		
- Máximo en colectores	12,50	m³/h
Características		
- Fluido	Agua residual	
- Rugosidad	0,5	mm
- Coeficiente de Poisson	0,00000131	m²/sg
- Pendiente del tramo	5,00	%
Resultados		
- Caudal máximo en colector	1.957,68	m³/h
- Caudal con resguardo de 25%	1.690,48	m³/h
- Caudal a sección llena	1.957,68	m³/h

RESULTADOS	Velocidades (m/sg)	Calados (mm)	% de llenado
Sección llena	4,33	400,00	100,00%
A Caudal máximo previsto	1,79	35,05	8,76%

RELACION h/D	CALADO h mm	CAUDAL m³/h	VELOCIDAD m/sg
0,01	4,00	0,34	0,45
0,05	20,00	10,23	1,21
0,10	40,00	43,27	1,84
0,20	80,00	176,72	2,74
0,25	100,00	274,20	3,10
0,30	120,00	389,50	3,41
0,35	140,00	520,28	3,69
0,40	160,00	663,97	3,93
0,45	180,00	817,82	4,14
0,50	200,00	978,84	4,33
0,55	220,00	1.136,49	4,46
0,60	240,00	1.291,73	4,56
0,65	260,00	1.439,13	4,62
0,70	280,00	1.573,49	4,65
0,75	300,00	1.690,48	4,64
0,80	320,00	1.787,05	4,61
0,85	340,00	1.861,66	4,54
0,90	360,00	1.914,18	4,46
0,95	380,00	1.945,68	4,38
1,00	400,00	1.957,68	4,33

ANEXO N° 2.- MEMORIA DEL PROGRAMA DE CÁLCULO UTILIZADO ATHA V 2.02

Cálculo Mecánico de Tuberías de Hormigón Armado

Memoria de Cálculos

Versión 2.02a EXPERIMENTAL

El procedimiento para realizar los cálculos, extraído del Anexo A de la norma UNE 127 010, es el siguiente:

Determinación de acciones actuantes sobre el tubo: carga producida por relleno, carga producida por el tráfico (carretera, ferroviario o aeroportuario), carga puntual, carga uniformemente distribuida en superficie, carga producida por compactadores.

Obtención del Factor de Apoyo mínimo recomendado, según las condiciones de instalación.

Determinación de la clase resistente exigible al tubo según las acciones actuantes y las condiciones de instalación.

Este procedimiento es aplicable en la instalación de tubos de diámetro en mm: 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000, 2500, 3000.

Tipos de instalación:

Se consideran cuatro tipos posibles de instalación:

Zanja
Terraplén
Zanja terraplenada
Zanja inducida en terraplén

Relleno.

La Norma clasifica las tierras del relleno en uno de los siguientes cinco tipos:

Clase de relleno.	$\lambda\mu'$	γ_r (KN/m ³)
1 Arcilla plástica	0,110	21,0
2 Arcilla ordinaria	0,130	19,2
3 Arena arcillosa	0,150	19,2
4 Arenas y gravas	0,165	17,6
5 Mat. gran. sin cohesión (zahorras)	0,192	19,0

donde:

γ_r = Peso específico del terreno, en kN/m³

λ = tg² (45° - ϕ /2) es el Coeficiente de Rankine

ϕ = Angulo de Rozamiento interno del relleno;

μ = tg ϕ es el Coeficiente de Rozamiento del relleno.

μ' = tg ϕ' es el Coeficiente de Rozamiento del relleno contra los paramentos de la zanja, en que ϕ' es el correspondiente Angulo de Rozamiento.

Se permite definir al usuario las características del terreno a partir de los valores de γ_r y ϕ .

Determinación de la carga producida por el relleno:

El efecto favorable del rozamiento negativo tanto en zanja como en zanja terraplenada, disminuye a medida que aumenta la anchura de la zanja, lo que obliga a calcular también el peso del relleno como si la tubería estuviera colocada en terraplén con η = 1 y considerar como real el menor de ambos, ya que la carga para el caso de tubería colocada en terraplén es la mayor que se puede producir para una altura de relleno determinada. Este doble cálculo resulta obligado para cualquier tipo de zanja incluso la terraplenada.

Las anteriores consideraciones contempladas en la Instrucción de Tubos de Hormigón Armado y Pretensado del Instituto Eduardo Torroja no se explicitan en el Apéndice de Cálculo de la Norma UNE 127.010, si bien el Programa de Cálculo lo tiene en cuenta y realiza automáticamente la comparación dando como resultado el valor inferior.

En todos los casos, se limita la altura h_r de relleno por encima de la clave del tubo a 0,5 metros procediéndose, cuando es necesario, a avisar al usuario.

Instalación en zanja

Carga producida por el relleno:

$$q_r = C_z \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot b \text{ en kN/m con } h_r \text{ y } b \text{ en metros}$$

donde:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' (h_r / b)}}{2\lambda\mu' (h_r / b)}$$

El valor de C_z depende de la razón h_r/b del coeficiente $\lambda\mu'$ característicos de cada instalación.

En aplicación de la norma UNE EN 1610, se recomienda que el resguardo lateral de la zanja sea, como mínimo, igual a los valores siguientes en función del diámetro nominal instalado:

DN	$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
≤ 350	0.25	0.2
> 350 a ≤ 700	0.35	
> 700 a ≤ 1200	0.43	
> 1200	0.5	

Siendo β el ángulo de la pared de la zanja medido desde la horizontal.

El usuario es avisado de esta recomendación cuando resulta oportuno y se le ofrece la posibilidad de corregirlo automáticamente.

Instalación en terraplén

Carga producida por el relleno:

$$q_r = C_t \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot D_e \text{ en kN/m con } h_r \text{ y } D_e \text{ en metros.}$$

El valor de C_t depende de la razón h_r/D_e , del coeficiente $\lambda\mu$ y de la altura del plano de igual asentamiento h_0 y se obtiene por:

Para $h_r \leq h_0$

$$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu (h_r / De)} - 1}{2\lambda\mu(h_r / De)}$$

Para $h_r > h_0$

$$C_z = \frac{e^{2\lambda\mu (h_0 / De)} - 1}{2\lambda\mu(h_r / De)} + \frac{h_r - h_0}{h_r} \cdot e^{2\lambda\mu (h_0 / De)}$$

El valor de h_0 , altura del plano de igual asentamiento, se obtiene, en metros, resolviendo la ecuación:

$$e^{2\lambda\mu \frac{h_0}{De}} - 2\lambda\mu \frac{h_0}{De} = 2\lambda\mu\delta\eta + 1$$

donde:

- δ es la razón de asentamiento y depende de la naturaleza de la base sobre la que se instala el tubo. Se toma uno de los siguientes valores si el usuario no determina un valor específico:

Base rígida (roca o suelo muy compacto)	$\delta = 1$
Base de suelo natural ordinario	$\delta = 0,5$
Base muy asentable (terraplén no bien compactado)	$\delta = 0,3$

- η es la razón de proyección en terraplén:

$$\eta = \frac{h'r}{De}$$

Se toma $\eta = 1$ cuando se calcula la carga máxima de la instalación en zanja o zanja terraplenada.

Instalación en zanja terraplenada

La carga producida por el relleno se obtiene de:

$$q_r = C_{zt} \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot b \text{ en kN/m con } h_r \text{ y } b \text{ en metros.}$$

El valor de C_{zt} se obtiene por :

Para $h_r \leq h_0$

$$C_{zt} = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' (h_r / b)}}{2\lambda\mu'(h_r / b)}$$

Para $h_r > h_0$

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' (h_0 / b)}}{2\lambda\mu'(h_r / b)} + \frac{h_r - h_0}{h_r} \cdot e^{-2\lambda\mu' (h_0 / b)}$$

El valor de h_0 , altura del plano de igual asentamiento, se obtiene, en metros, resolviendo la ecuación:

$$e^{-2\lambda\mu' \frac{h_0}{b}} + 2\lambda\mu' \frac{h_0}{b} = 2\lambda\mu' |\delta' \eta'| + 1$$

donde:

- δ' es la razón de asentamiento que se suele tomar en la practica un valor dependiente de la razón de proyección. Se obtiene por interpolación a partir de la tabla siguiente si el usuario no define directamente el valor:

η'	δ'
0.5	-0.1
1.0	-0.3
1.5	-0.5
2.0	-1.0

- η' es la razón de proyección en zanja terraplenada:

$$\eta' = \frac{h''r}{b}$$

Se recomendarán las mismas limitaciones del resguardo lateral que se recomiendan en la instalación en zanja.

Instalación en zanja inducida en terraplén.

Para la correcta ejecución de este tipo de instalación es obligatorio que $h_r \geq De$. Se producirá en los casos necesarios un aviso de esta limitación al usuario.

La carga producida por el relleno se obtiene de:

$$q_r = C_{zit} \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot b_2 \text{ en kN/m con } h_r \text{ y } b_2 \text{ en metros}$$

El valor de C_{zit} se obtiene por :

Para $h_r \leq h_0$

$$C_{zt} = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu (hr / b_2)}}{2\lambda\mu (hr / b_2)}$$

Para $hr > h_0$

$$C_z = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu (h_0 / b_2)}}{2\lambda\mu (hr / b_2)} + \frac{hr - h_0}{hr} \cdot e^{-2\lambda\mu (h_0 / b_2)}$$

El valor de h_0 , altura del plano de igual asentamiento, se obtiene, en metros, resolviendo la ecuación:

$$e^{-2\lambda\mu \frac{h_0}{b_2}} + 2\lambda\mu \frac{h_0}{b_2} = 2\lambda\mu |\delta' \eta'| + 1$$

donde:

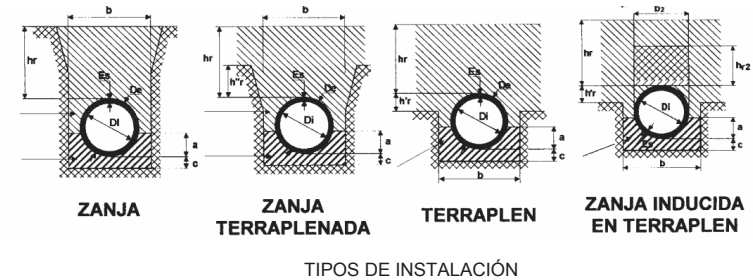
δ' es la razón de asentamiento que se suele tomar en la práctica un valor dependiente de la razón de proyección. Se obtiene por interpolación a partir de la tabla siguiente si el usuario no define directamente el valor:

η'	δ'
0.5	-0.5
1.0	-0.7
1.5	-1.0
2.0	-2.0

η' es la razón de proyección en zanja inducida en terraplén:

$$\eta' = \frac{hr_2}{b_2}$$

b_2 será superior al diámetro exterior de la tubería sólo cuando el usuario lo indique al desear calcular una instalación en zanja inducida con colocación de tubería después del terraplenado. En este caso $b_2 = b$. Por defecto se considerará $b_2 = D_e$.



Determinación de la carga producida por el tráfico automovilístico:

La norma considera tres tipos de vehículos, entre los que el usuario selecciona uno:

Eje simple de 70 kN (7t).
Eje simple de 130 kN (13t).
Carro de tres ejes de 600 kN (60t).

Los valores de las cargas en kN/m producidas sobre el tubo se obtienen de las siguientes fórmulas, siendo hr la profundidad en metros del plano de clave, D_e el diámetro exterior en metros de la conducción y $L_e = 0,20 + 1,4hr + 1,05 D_e$ la longitud eficaz de tubería sobre la que se aplica la carga, en metros.

- **Eje simple de 70 kN.** Se aplican las siguientes fórmulas según los valores de hr y D_e , con $t = 1,4hr + 0,30$ y con $s = 1,4(hr - 1,21)$:

En el caso de que $hr \geq 1,21$ m:

$$q_m = \frac{35}{t \cdot L_e} (D_e + s) \quad \text{si } D_e \geq s$$

$$q_m = \frac{70}{t \cdot L_e} D_e \quad \text{si } D_e < s$$

En el caso de que $hr \leq 1,21$ m y $D_e \leq 2,0$ m:

$$q_m = \frac{35}{L_e} C_i \quad \text{si } D_e \geq t$$

$$q_m = \frac{35}{t \cdot L_e} (C_i \cdot D_e) \quad \text{si } D_e < t$$

En el caso de que $hr \leq 1,21$ m y $D_e > 2,0$ m, con $v = D_e + 1,4hr - 1,70$:

$$q_m = \frac{35}{t \cdot L_e} C_i \cdot v$$

- **Eje simple de 130 kN.** Se aplican las siguientes fórmulas según los valores de hr y De, con t = 1,4hr+0,60 y con s = 1,4(hr-1,00):

En el caso de que hr >= 1,0 m:

$$q_m = \frac{65}{t \cdot L_e} (D_e + s) \quad \text{si } D_e \geq s$$

$$q_m = \frac{130}{t \cdot L_e} (D_e) \quad \text{si } D_e < s$$

En el caso de que hr <= 1,0 m y De <= 2,0 m:

$$q_m = \frac{65}{L_e} C_i \quad \text{si } D_e \geq t$$

$$q_m = \frac{65}{t \cdot L_e} (C_i \cdot D_e) \quad \text{si } D_e < t$$

En el caso de que hr <= 1,0 m y De > 2,0 m:

$$q_m = \frac{65}{t \cdot L_e} (D_e + s) \cdot C_i$$

- **Triple eje de 600 kN.** Se añade a la qm calculada una sobrecarga de uso de (4,0 De) kN/m. Se aplican las siguientes fórmulas según los valores de hr y De, con t = 1,4hr+0,60 y con s = 1,4(hr-1,00):

En el caso de que hr >= 1,0 m:

$$q_m = \frac{300}{t \cdot (L_e + 3,0)} (D_e + s) \quad \text{si } D_e \geq s$$

$$q_m = \frac{600}{t \cdot (L_e + 3,0)} (D_e) \quad \text{si } D_e < s$$

En el caso de que hr <= 1,0 m y De <= 2,0 m:

$$q_m = \frac{300}{(L_e + 3,0)} \quad \text{si } D_e \geq t$$

$$q_m = \frac{100}{t \cdot L_e} \cdot D_e \quad \text{o} \quad q_m = \frac{300}{(L_e + 3,0)} \cdot D_e$$

si De < t tomando el mayor valor obtenido.

En el caso de que hr <= 1,0 m y De > 2,0 m:

$$q_m = \frac{300}{t \cdot (L_e + 3,0)} (D_e + s)$$

Para profundidades superiores a los 4 m no se consideran cargas de tráfico.

Para profundidades inferiores a 0,9 m y en los casos de eje simple de 70kN y de 130 kN se aplica un coeficiente de impacto Ci según los valores indicados en la tabla siguiente:

<u>hr en m.</u>	<u>Ci</u>
hr < 0,60	1,20
0,60 < hr < 0,90	1,10
0,90 < hr	1,00

Se recomienda, cuando es necesario, que el recubrimiento mínimo de tierras por encima de la clave del tubo sea no menor de 1 m.

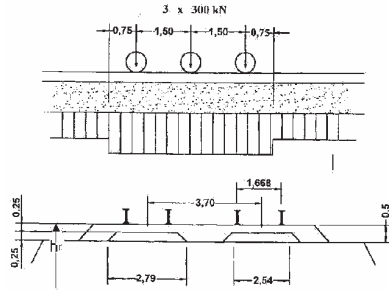
Determinación de la carga producida por el tráfico ferroviario:

En los dos modelos siguientes de cargas ferroviarias la altura del relleno por encima de la clave del tubo debe ser como mínimo de un metro. Se produce en los casos necesarios un aviso de esta limitación al usuario.

Se recomienda, cuando es necesario, que el recubrimiento mínimo de tierras por encima de la clave del tubo sea no menor de 1,5 m.

VIA RENFE:

El tren de cargas considerado es el tipo A de la instrucción relativa a las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril.



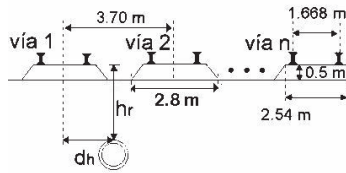
La sobrecarga debida a la locomotora es de:

$$qf_{\text{renfe}} = \frac{900}{4,5 \times 2,8} = 71,4 \text{ kN/m}^2$$

Se considera un coeficiente de impacto C_i , función de la velocidad y que se calcula con la siguiente expresión siendo siempre $C_i \geq 1$:

$$C_i = 1 + \frac{0,33 \cdot V}{100} - 0,1 \cdot (h_r)$$

con V expresado en km/h, con un valor máximo de 200 km/h.



Dada la instalación mostrada, se considera un reparto a 35°, teniéndose en cuenta la superposición de presiones debidas a la presencia de varias vías, si procede; para ello se tiene en cuenta la distancia d_h desde la primera vía hasta la clave del tubo y la profundidad h_r .

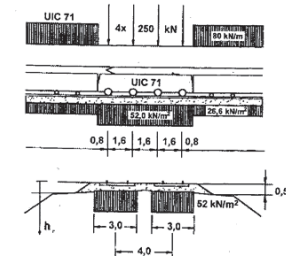
La carga ferroviaria a aplicar, teniéndose en cuenta si es necesario la superposición de presiones en función de la profundidad de la clave del tubo h_r , es la siguiente:

$$qf_{\text{renfe}} = \frac{D_e \times C_i \times 71,4 \times 4,5 \times 2,8}{(4,5 + 2 \times 0,7 \times (h_r - 0,5)) \times (2,8 + 2 \times 0,7 \times (h_r - 0,5))} \text{ kN/m}$$

Se ofrece la posibilidad de calcular la carga para una tubería instalada en el sentido longitudinal de la vía férrea o transversalmente a la traza de esta, en cuyo caso sólo se tiene en cuenta para el cálculo la carga expresada anteriormente en función de h_r , multiplicada por el número máximo de vías cuyas sobrecargas se solapan a la profundidad de instalación de la tubería.

VIA UIC 71:

El tren de cargas considerado es el de la UIC 71.



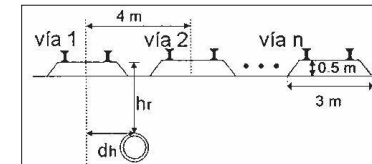
La sobrecarga debida a la locomotora es de:

$$qf_{\text{UIC}} = \frac{1000}{6,4 \times 3} = 52 \text{ kN/m}^2$$

La sobrecarga debida a los vagones es de: 26,6 kN/m².

Se considera un coeficiente de impacto C_i que se calcula con la expresión indicada a continuación, siendo siempre $C_i \geq 1$:

$$C_i = 1,4 - (0,1 \cdot (h_r - 0,5))$$



Dada la instalación mostrada, se considera un reparto a 35°, teniéndose en cuenta la superposición de presiones debidas a locomotora y vagones y a la presencia de varias vías, si procede; para esto último se tiene en cuenta la distancia d_h desde la primera vía hasta la clave del tubo y la profundidad h_r , de forma análoga a lo expuesto para la vía RENFE.

La carga ferroviaria a aplicar, teniéndose en cuenta si es necesario la superposición de presiones debidas a locomotora y vagones en función de la profundidad de la clave del tubo h_r , es la siguiente:

$$qf_{\text{UIC}} = \left(\frac{(52 - 26,6) \times 6,4 \times 3}{(6,4 + 1,4 \times (h_r - 0,5)) \times (3 + 1,4 \times (h_r - 0,5))} + \frac{26,6 \times 3}{(3 + 1,4 \times (h_r - 0,5))} \right) \times C_i \times D_e \text{ en kN/m}$$

Se ofrece la posibilidad de calcular la carga para una tubería instalada en el sentido longitudinal de la vía férrea o transversalmente a la traza de esta, en cuyo caso sólo se tendrá en cuenta para el

cálculo la carga expresada anteriormente en función de hr, multiplicada por el número máximo de vías cuyas sobrecargas se solapan a la profundidad de instalación de la tubería.

Determinación de la carga producida por el tráfico aéreo:

Se calcula como sigue:

qaereo = De · qQ en kN/m, obteniéndose qQ de la tabla siguiente, expresado en kN/m²:

hr(m)	900 kN (DC9)	1800 kN (DC8)	qQ en kN/m2 3500 kN (Jumbo)	5500 kN	7500 kN
>=1.0	98	117.6	132.3	137.2	147
2.0	39.2	68.6	88.2	107.8	117.6
3.0	19.6	39.2	58.8	78.4	88.2
4.0	14.7	24.5	39.2	58.8	78.4
5.0	9.8	19.6	29.4	39.2	53.9
6.0	9.8	14.7	24.5	34.3	39.2
7.0	4.9	9.8	19.6	24.5	34.3
8.0	4.9	9.8	14.7	24.5	29.4
9.0	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5
10.0	4.9	9.8	14.7	14.7	19.6
15.0	4.9	4.9	4.9	9.8	14.7

A profundidades no inferiores a 1 m, la presión determinada incluye el coeficiente de impacto si la carga de 150 kN/m², producida por las aeronaves, se aplica en la superficie y no se considera el efecto de reparto de las cargas producido por el pavimento. Para valores intermedios de la tabla se interpola.

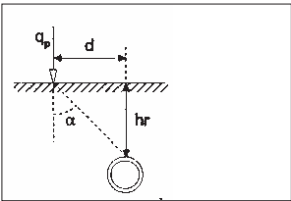
Para la correcta aplicación de estos valores es por lo tanto obligatorio que hr/1 m. Se produce en los casos necesarios un aviso de esta limitación al usuario.

Se recomienda, cuando es necesario, que el recubrimiento mínimo de tierras por encima de la clave del tubo sea no menor de 1,5 m.

Otras cargas:

- Cargas puntuales

La acción que se produce debido a una carga puntual qp en kN, cuyo eje de aplicación se sitúa a una distancia mínima d del eje del tubo, se evalúa según la teoría de Boussinesq:



$$q = \frac{3Deqp \cos^5 \alpha}{2h^2 r}$$
 donde :
$$\cos \alpha = \frac{h_r}{\left(h^2 r + d^2\right)^{\frac{1}{2}}}$$

Se obtiene q en kN/m con De y hr en metros.

- Cargas uniformemente distribuidas en superficie

Cuando sobre el relleno de una zanja, de ancho b en metros, se localiza una sobrecarga uniforme qs en kN/m2 , la repercusión sobre el tubo se calcula de la siguiente forma:

$$q = bq_s e^{-2\lambda \mu \frac{h_r}{b}}$$
 en kN/m

Si la carga se aplica sobre una instalación en terraplén o zanja terraplenada, se asimila a un sobreexpesor H de relleno de valor equivalente a:

$$H = \frac{q_s}{\gamma_r}$$

donde yr es el peso específico del terreno en kN/m3 y qs es la carga uniforme de superficie en kN/m2.

- Cargas debidas a compactadores

Las cargas debidas a compactadores se evalúan como sigue:

qc = Cq · De

donde:

- qc: carga sobre el tubo (N/m)
- De: diámetro exterior del tubo (m)
- Cc: carga sobre la clave del tubo (N/m²)
- Pc: carga del compactador por m de ancho de rodillo (N/m)

Cc se obtiene de la expresión:

- Para carga estática: Cc =(2 · Pc) / (· hr)
- Para carga dinámica: 0.3 m<= hr <= 2 m Cc =(12 · Pc) / (· hr)
2 m <= hr <= 3 m Cc =(10 · Pc) / (· hr)
hr > 3 m Cc =(8 · Pc) / (· hr)

Factores de apoyo:

En todos los casos, salvo en el caso de seleccionar el apoyo directo en el que c=0, los valores de c dependen del terreno y se obtienen de la siguiente tabla, según sea el valor de Di :

	Di < 0,7	0,7< Di <1,5	Di > 1,5
Suelo	0.10	0.10	0.15
Roca	0.15	0.23	0.30

En el caso que el usuario seleccione el apoyo directo automáticamente se seleccionará c=0 para el cálculo del ancho de zanja y viceversa. El usuario es avisado con anterioridad de este hecho.

Factores de apoyo en zanja y zanja terraplenada

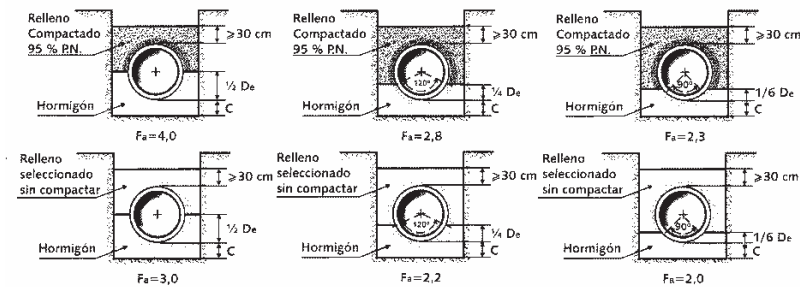
APOYO EN HORMIGÓN EN MASA f_{ck} 15 N/mm²

Relleno Compactado, apoyo de 180°:	4.0
Relleno Seleccionado sin compactar, apoyo de 180°:	3.0
Relleno Compactado, apoyo de 120°:	2.8
Relleno Seleccionado sin compactar, apoyo de 120°:	2.2
Relleno Compactado, apoyo de 90°:	2.3
Relleno Seleccionado sin compactar, apoyo de 90°:	2.0

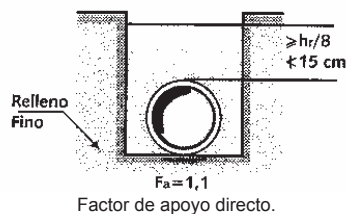
APOYO GRANULAR

Relleno y apoyo de material granular compactado:	2.1
Relleno Compactado, apoyo de 180°:	1.9
Relleno Compactado, apoyo de 90°:	1.7
Relleno seleccionado sin compactar, apoyo de 180°:	1.5

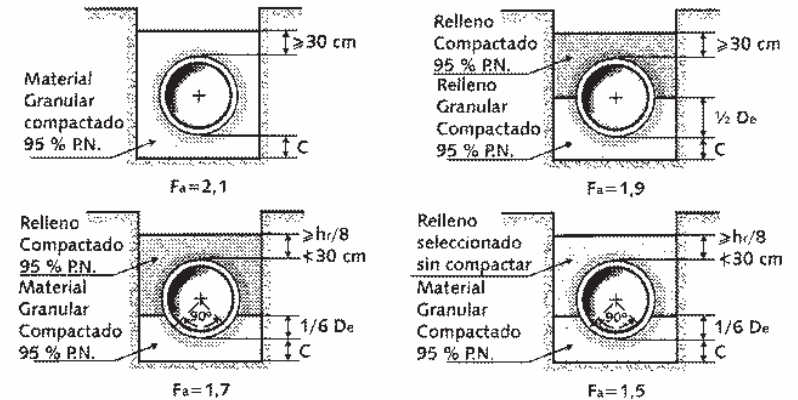
APOYO DIRECTO (NO RECOMENDADO): 1.1



Factor de apoyo con hormigón en masa



Factor de apoyo directo.



Factor de apoyo con material granular

Factores de apoyo en terraplén y en zanja inducida

En las instalaciones de terraplén y zanja inducida, puede tomarse en consideración el empuje activo del relleno sobre una parte de la tubería, lo que conduce a valores del factor de apoyo mayores, a igualdad de las restantes condiciones, que en los casos de instalación en zanja.

El valor del factor de apoyo sigue dependiendo del tipo de apoyo, pero ahora queda condicionado, además por la superficie sobre la que actúa el empuje de las tierras del terraplén. No existe por tanto un único valor para cada tipo de apoyo, como ocurre en el caso de instalación en zanja.

La resultante de las presiones laterales que actúan a cada lado de la conducción, es para un tubo circular:

$$\frac{\lambda \gamma_r (2h_r + \eta D_e)}{2} \eta D_e$$

siendo $\lambda = 0.33$ por omisión si el usuario no define un valor concreto.

Dividida por la carga vertical q_r da la razón de la carga horizontal a la vertical.

$$\theta = \frac{\lambda \eta}{C_t} \left(1 + \frac{\eta D_e}{2h_r} \right)$$

El factor de apoyo se obtiene mediante la fórmula:

$$F_a = \frac{\alpha}{n - v\theta}$$

“ α ” es un valor que depende de la directriz del tubo y en el caso de tubos circulares es 1,431.

“ n ” es un parámetro que tiene en cuenta el tipo de apoyo y cuyo valor en el caso de un tubo circular se obtiene del siguiente cuadro:

Clase de apoyo	A	B	C	D
$n =$	0,505	0,707	0,840	1,310

"v" es un parámetro que depende del área sobre la que se aplica la carga horizontal, por tanto de la razón de proyección η , para tubo circular, sus valores se recogen en la siguiente tabla:

Clase de apoyo $\eta =$	A $v =$	B,C y D $v =$
0.0	0.150	0.000
0.3	0.743	0.217
0.5	0.856	0.423
0.7	0.811	0.594
0.9	0.678	0.655
1.0	0.638	0.638

Para valores intermedios de la tabla se interpola.

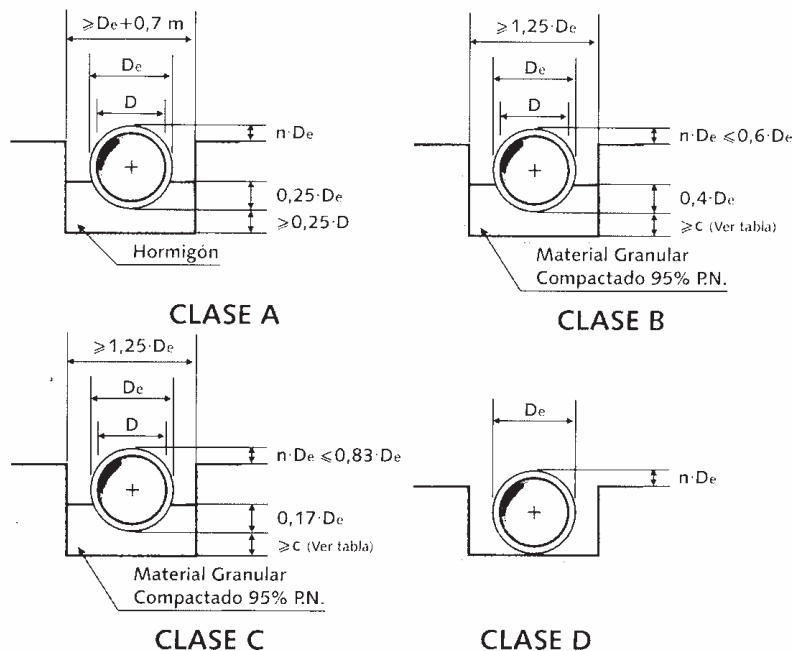
El factor de apoyo puede ser de 4 tipos tal y como se describe a continuación:

Tipo A: Base de hormigón.

Tipo B: Base de material granular compactado. ($n \leq 0.6$)

Tipo C: Base de material granular compactado. ($n \leq 0.83$)

Tipo D: Apoyo directo.



Cálculo de la Clase resistente según UNE 127 010:

La carga de cálculo se obtiene de la siguiente expresión :

$$\text{CARGA DE CÁLCULO (kN/m)} = \frac{1,5 \times q_{\text{total}}}{F_{\text{ap}} \times D_i}$$

donde q_{total} es la suma de la carga del relleno, la carga del tráfico, el efecto de la carga puntual y el efecto de la carga uniformemente distribuida, expresadas en kN/m.

La clase exigible al tubo se obtiene, partiendo de la carga de cálculo mínima y según el tipo de tubo, de la siguiente tabla:

Carga de cálculo ≤ 60	CLASE 60
$60 < \text{Carga de cálculo} \leq 90$	CLASE 90
$90 < \text{Carga de cálculo} \leq 135$	CLASE 135
$135 < \text{Carga de cálculo} \leq 180$	CLASE 180

Restricciones de la tabla:

Diámetro interior D_i (mm)	Clase 60	Clase 90	Clase 135	Clase 180
300 a 800	*	SI	SI	SI
1000 a 1800	SI	SI	SI	SI
1800 a 2000	SI	SI	SI	**
2500 a 3000	SI	SI	**	**

* Diámetros no contemplados en la norma UNE 127 010 para clase 60.

** Diseños especiales no contemplados en la Norma cuyo dimensionamiento a propuesta del fabricante deberá ser autorizado por la dirección de Obra.

Cálculo de la Clase resistente según ASTM C76M:

Partiendo de la carga de fisuración obtenida de la siguiente expresión :

$$\text{CARGA DE FISURACIÓN (kN/m}^2\text{)} = \frac{q_{\text{total}}}{F_{\text{ap}} \times D_i}$$

donde q_{total} es la suma de las cargas calculadas actuantes sobre el tubo, expresada en kN/m; F_{ap} expresa el Factor de Apoyo y D_i el diámetro interior del tubo, se calcula la clase resistente mediante la tabla siguiente, escogiendo la mayor posible:

Clase	I	II	III	IV	V
Carga de fisuración en kN/m ²	≤ 40	≤ 50	≤ 65	≤ 100	≤ 140

Una vez calculada la clase se obtiene la Carga de Cálculo de la siguiente manera:

Clase I, II, III y IV:

$$\text{CARGA DE CÁLCULO} = 1,5 \cdot \text{CARGA DE FISURACIÓN}$$

Clase V:

$$\text{CARGA DE CÁLCULO} = 1,25 \cdot \text{CARGA DE FISURACIÓN}$$

NOTAS ADICIONALES:

ANEXO Nº 3.- CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA DE PVC

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: Pedroso PVC Recubrimiento Máximo
Autor: NOLTER INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 1

PARÁMETROS DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS DEL TUBO:

Tipo de conducto:	Abastecimiento.
Material:	PVC COMPACTO.
Clase de material:	PN 6.
Norma:	ATV A 127.
Diámetro normalizado:	400
Diámetro exterior:	400,0 mm.
Diámetro interior:	380,4 mm.
Espesor:	9,8 mm.
Módulo elasticidad Et:	3.600,0 N/mm ² .
Módulo elasticidad LP Et:	1.750,0 N/mm ² .
Peso específico GAMMA:	14,6 kN/m ³ .
Rotura flexotracción:	90,0 N/mm ² .
Rotura flexotracción l/p:	50,0 N/mm ² .
Rigidez circunferencial específica:	0,0 kN/m ² .

CLASE DE SEGURIDAD:

Coefficiente de seguridad clase A:

Frente a fallo por rotura:	2,5.
Frente a la inestabilidad:	2,5.
Deformación admisible a largo plazo:	6%.

CONDICIONES DE LA ZANJA:

Tipo de instalación:	Tipo 1: Instalación en zanja o terraplén.
Tipo de instalación (subtipo):	Zanja estrecha.
Altura del relleno (H):	3,02 m.
Anchura de la zanja (B):	1,4 m.
Ángulo del talud (BETA):	63,0 grados.

NIVEL FREÁTICO:

No existe nivel freático.

CARACTERÍSTICAS DEL APOYO:

Tipo de apoyo:	Tipo III: Tubo con apoyo granular hasta la clave del tubo.
Ángulo de apoyo:	180,0 grados.
Altura J del apoyo:	0,0 m.
Relación de proyección:	1,0

Cálculo mecánico de tuberías.

Titulo: Pedroso PVC Recubrimiento Máximo
Autor: NOLTER INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS:

<u>Zona1:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	95,0%.
E1:	5,0 N/mm2.
GAMMA 1:	20,0 kN/m3.
Ángulo rozamiento interno Ro:	25,0
Ángulo rozamiento relleno Ro':	25,0
<u>Zona2:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	95,0%.
E2:	16,0 N/mm2.
GAMMA 2:	20,0 kN/m3.
Coefficiente empuje K1:	0,5
Coefficiente empuje K2:	0,4
<u>Zona3:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	100%.
E3:	14,0 N/mm2.
<u>Zona4:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	100%.
E4:	14,0 N/mm2.

SOBRECARGAS VERTICALES (TRÁFICO):

Tipo de sobrecarga:	Concentrada.
Tipo de vehículo:	LT 12 (LIGERO).
Número de ejes:	2
Distancia entre ejes:	2 m.
Distancia entre ruedas:	3 m.
Tipo de firme:	Normal.
Coefficiente (Fi):	1,5
Altura equivalente de tierras:	0,0 m.

Cálculo mecánico de tuberías.

Titulo: Pedroso PVC Recubrimiento Máximo
Autor: NOLTER INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 3

CARGAS QUE SE EMPLEARÁN EN LOS CÁLCULOS:

<u>Cargas debidas a la tierra:</u>	
Coefficiente carga de tierras (Cz):	0,74
Coefficiente carga de tierras (Cz90):	0,63
Coefficiente (Cn):	0,0
Coefficiente (Cn90):	0,0
Carga vertical tierras (Pe):	44,78 kN/m2.
<u>Cargas debidas al tráfico:</u>	
Valor FA	40
Valor FE	80
Valor rA:	1,15
Valor rE:	2,26
Carga máx. de Boussinesq (Pf):	3,47 kN/m2.
Factor de corrección (af):	1,0
Carga vertical tráfico (P):	3,46 kN/m2.
Factor de impacto (FI):	1,5
Carga vertical mayorada (Pv):	5,19 kN/m2.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:

<u>Corrección E2:</u>			
Relación B/D:	3,5000		
Coefficiente ALFA_bi:	1,0000		
Coefficiente ALFA_b:	1,0000		
Coefficiente f (HF=00,00):	1,0000		
Compactación Dpr:	95,0 %		
	<u>Tensión</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Módulo corregido E2' (N/mm2):	16,0000	10,6667	10,6667
<u>Relación de rigidez:</u>			
Rigidez del tubo Sr (N/mm2):	0,0395	0,0395	0,0192
Factor de corrección TAU:	0,9678	1,0588	1,0588
Rigidez horizontal SBH (N/mm2):	9,2905	6,7762	6,7762
Rigidez sistema Tubo-Suelo VRB:	0,0043	0,0058	0,0028
Relación Pr. lateral-Pr. Vertical K2:	0,4000	0,4000	0,4000
Rigidez vert. relleno SBV:	16,0000	10,6667	10,6667
Coef. reacción relleno lat. K*:	1,1891	1,1630	1,2137
Coef. def. diam. vert. Cv*:	-0,0072	-0,0089	-0,0056
Relación de rigidez Vs:	0,3430	0,4173	0,3201
Valor Ch1 (2*alfa=180):		0,0833	
Valor Ch2 (2*alfa=180):		-0,0658	
Valor Cv1 (2*alfa=180):		-0,0833	
Valor Cv2 (2*alfa=180):		0,0640	
<u>Factores de concentración:</u>			
	<u>Tensión</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Descarga relativa efectiva a':	0,3125	0,4688	0,4688
Máximo factor de concentración	1,0701	1,1852	1,1852
Factor concentración LANDA_R:	0,7485	0,8145	0,7677
Factor concentración LANDA_B:	1,0838	1,0618	1,0774
<u>Influencia de la anchura de la zanja:</u>			
Factor concentración LANDA_RG:	0,7904	0,8454	0,8064
<u>Factor límite del factor de concentración:</u>			
Límite superior LANDA_f0:	3,5470	3,5470	3,5470
Límite inferior LANDA_fu:	0,2756	0,2756	0,2756

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: Pedroso PVC Recubrimiento Máximo
Autor: NOLTER INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 4

CARGAS DE CÁLCULO:

	<u>Tensión</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Carga vertical sobre tubo Qvt:	40,5891	37,8594	41,3060
Componente carga relleno Qh:	21,0139	20,6195	20,8992
Componente carga deformación Qh*:	23,2777	20,0492	24,7677

CÁLCULO DE ESFUERZOS:

Tipo III -> 2*alfa=180			
<u>Momentos (kN*m/m)</u>	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,377	-0,377	0,377
Por carga horizontal:	-0,195	0,195	-0,195
Por reacción horizontal:	-0,156	0,180	-0,156
Por peso propio:	0,002	-0,002	0,002
Por peso del agua:	0,012	-0,014	0,016
Suma de momentos:	0,039	-0,018	0,043
<u>Axiales (kN/m)</u>	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,000	1,681	11,080
Por carga horizontal:	-4,048	0,000	0,000
Por reacción horizontal:	-2,588	0,000	0,000
Por peso propio:	0,005	0,000	0,000
Por peso del agua:	0,216	0,000	0,000
Suma de axiales:	-6,415	1,681	11,080

CÁLCULO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES:**Cálculo de los factores de corrección por curvatura:**

Factor ALFA_ki:	1,0170
Factor ALFA_ka:	0,9830

Cálculo de tensiones:

(Tensión de flexotracción en las condiciones de la instalación):

Tensión en la clave:	1,8479 N/mm2.
Tensión en los riñones:	1,2790 N/mm2.
Tensión en la base:	3,8835 N/mm2.

Cálculo de deformaciones:

	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Variación del diámetro:	-1,4921	-2,3031	mm.
Acortamiento relativo del diámetro vertical:	0,3873	0,5977	%.

CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD:

	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
<u>Carga de tierras:</u>			
Carga crítica de abolladura:	1,0346	0,7213	N/mm2.
<u>Presión del agua exterior:</u>			
Coefficiente ALFA_d:	13,7900	17,1474	
Presión del agua extrema:	0,0000	0,0000	N/mm2.
Valor crítico de Pa:	0,5446	0,0000	N/mm2.

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: Pedroso PVC Recubrimiento Máximo
Autor: NOLTER INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 5

VERIFICACIÓN:**Verificación de tensión:**

	<u>Coef. calculado</u>	<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	
NU Clave:	48,7050	2,5000
NU Riñones:	70,3664	2,5000
NU Base:	23,1749	2,5000

Verificación de la estabilidad:

	<u>Coef. calculado</u>	<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo Plazo</u>
NU Carga tierras:	27,3272	17,4632
NU Presión Agua externa:	0,0000	0,0000
NU simultáneas:	27,3272	17,4632

Verificación de deformación:

	<u>Valor calculado</u>	<u>Valor admisible</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo plazo</u>
Acortamiento relativo:	0,3873	0,5977
		6,0000

CONCLUSIÓN:**TUBO VÁLIDO.**

Cálculo mecánico de tuberías.	
Titulo: Pedroso PVC Recubrimiento mínimo	
Autor: NOLTER ING. Y MEDIO AMBIENTE SLP	
Hoja: 1	

PARÁMETROS DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS DEL TUBO:

Tipo de conducto:	Abastecimiento.
Material:	PVC COMPACTO.
Clase de material:	PN 6.
Norma:	ATV A 127.
Diámetro normalizado:	400
Diámetro exterior:	400,0 mm.
Diámetro interior:	380,4 mm.
Espesor:	9,8 mm.
Módulo elasticidad Et:	3.600,0 N/mm2.
Módulo elasticidad LP Et:	1.750,0 N/mm2.
Peso específico GAMMA:	14,6 kN/m3.
Rotura flexotracción:	90,0 N/mm2.
Rotura flexotracción l/p:	50,0 N/mm2.
Rigidez circunferencial específica:	0,0 kN/m2.

CLASE DE SEGURIDAD:

<u>Coefficiente de seguridad clase A:</u>	
Frente a fallo por rotura:	2,5.
Frente a la inestabilidad:	2,5.
Deformación admisible a largo plazo:	6%.

CONDICIONES DE LA ZANJA:

Tipo de instalación:	Tipo 1: Instalación en zanja o terraplén.
Tipo de instalación (subtipo):	Zanja estrecha.
Altura del relleno (H):	0,5 m.
Anchura de la zanja (B):	1,4 m.
Ángulo del talud (BETA):	63,0 grados.

NIVEL FREÁTICO:

No existe nivel freático.

CARACTERÍSTICAS DEL APOYO:

Tipo de apoyo:	Tipo III: Tubo con apoyo granular hasta la clave del tubo.
Ángulo de apoyo:	180,0 grados.
Altura J del apoyo:	0,0 m.
Relación de proyección:	1,0

Cálculo mecánico de tuberías.	
Titulo: Pedroso PVC Recubrimiento mínimo	
Autor: NOLTER ING. Y MEDIO AMBIENTE SLP	
Hoja: 2	

CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS:

<u>Zona1:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	95,0%.
E1:	5,0 N/mm2.
GAMMA 1:	20,0 kN/m3.
Ángulo rozamiento interno Ro:	25,0
Ángulo rozamiento relleno Ro':	25,0
<u>Zona2:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 1.
% Compactación:	95,0%.
E2:	16,0 N/mm2.
GAMMA 2:	20,0 kN/m3.
Coefficiente empuje K1:	0,5
Coefficiente empuje K2:	0,4
<u>Zona3:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	100%.
E3:	14,0 N/mm2.
<u>Zona4:</u>	
Tipo de suelo:	Grupo 3.
% Compactación:	100%.
E4:	14,0 N/mm2.

SOBRECARGAS VERTICALES (TRÁFICO):

Tipo de sobrecarga:	Concentrada.
Tipo de vehículo:	LT 12 (LIGERO).
Número de ejes:	2
Distancia entre ejes:	2 m.
Distancia entre ruedas:	3 m.
Tipo de firme:	Normal.
Coefficiente (Fi):	1,5
Altura equivalente de tierras:	0,0 m.

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: Pedroso PVC Recubrimiento mínimo
Autor: NOLTER ING. Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 3

CARGAS QUE SE EMPLEARÁN EN LOS CÁLCULOS:

Cargas debidas a la tierra:	
Coefficiente carga de tierras (Cz):	0,94
Coefficiente carga de tierras (Cz90):	0,92
Coefficiente (Cn):	0,0
Coefficiente (Cn90):	0,0
Carga vertical tierras (Pe):	9,45 kN/m2.
Cargas debidas al tráfico:	
Valor FA	40
Valor FE	80
Valor rA:	1,15
Valor rE:	2,26
Carga máx. de Boussinesq (Pf):	68,69 kN/m2.
Factor de corrección (af):	0,66
Carga vertical tráfico (P):	45,31 kN/m2.
Factor de impacto (FI):	1,5
Carga vertical mayorada (Pv):	67,96 kN/m2.

DISTRIBUCIÓN DE CARGAS:

Corrección E2:			
Relación B/D:	3,5000		
Coefficiente ALFA_bi:	1,0000		
Coefficiente ALFA_b:	1,0000		
Coefficiente f (HF=00,00):	1,0000		
Compactación Dpr:	95,0 %.		
	<u>Tensión</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Módulo corregido E2' (N/mm2):	16,0000	10,6667	10,6667
Relación de rigidez:			
Rigidez del tubo Sr (N/mm2):	0,0395	0,0395	0,0192
Factor de corrección TAU:	0,9678	1,0588	1,0588
Rigidez horizontal SBH (N/mm2):	9,2905	6,7762	6,7762
Rigidez sistema Tubo-Suelo VRB:	0,0043	0,0058	0,0028
Relación Pr. lateral-Pr. Vertical K2:	0,4000	0,4000	0,4000
Rigidez vert. relleno SBV:	16,0000	10,6667	10,6667
Coef. reacción relleno lat. K*:	1,1891	1,1630	1,2137
Coef. def. diam. vert. Cv*:	-0,0072	-0,0089	-0,0056
Relación de rigidez Vs:	0,3430	0,4173	0,3201
Valor Ch1 (2*alfa=180):		0,0833	
Valor Ch2 (2*alfa=180):		-0,0658	
Valor Cv1 (2*alfa=180):		-0,0833	
Valor Cv2 (2*alfa=180):		0,0640	
Factores de concentración:			
	<u>Tensión</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Descarga relativa efectiva a':	0,3125	0,4688	0,4688
Máximo factor de concentración	1,0332	1,0782	1,0782
Factor concentración LANDA_R:	0,8340	0,8881	0,8519
Factor concentración LANDA_B:	1,0553	1,0373	1,0494
Influencia de la anchura de la zanja:			
Factor concentración LANDA_RG:	0,8617	0,9068	0,8766
Factor límite del factor de concentración:			
Límite superior LANDA_f0:	3,9250	3,9250	3,9250
Límite inferior LANDA_fu:	0,7578	0,7578	0,7578

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: Pedroso PVC Recubrimiento mínimo
Autor: NOLTER ING. Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 4

CARGAS DE CÁLCULO:

	<u>Tensión</u>	<u>Def. c/p.</u>	<u>Def. l/p.</u>
Carga vertical sobre tubo Qvt:	76,1012	8,5674	76,2418
Componente carga relleno Qh:	5,5884	5,5202	5,5659
Componente carga deformación Qh*:	83,8496	3,5438	85,7796

CÁLCULO DE ESFUERZOS:

Tipo III -> 2*alfa=180			
Momentos (kN*m/m)	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,706	-0,706	0,706
Por carga horizontal:	-0,052	0,052	-0,052
Por reacción horizontal:	-0,563	0,647	-0,563
Por peso propio:	0,002	-0,002	0,002
Por peso del agua:	0,012	-0,014	0,016
Suma de momentos:	0,105	-0,023	0,109
Axiales (kN/m)	<u>Clave</u>	<u>Riñones</u>	<u>Base</u>
Por carga vertical:	0,000	3,152	20,774
Por carga horizontal:	-1,077	0,000	0,000
Por reacción horizontal:	-9,321	0,000	0,000
Por peso propio:	0,005	0,000	0,000
Por peso del agua:	0,216	0,000	0,000
Suma de axiales:	-10,176	3,152	20,774

CÁLCULO DE TENSIONES Y DEFORMACIONES:

Cálculo de los factores de corrección por curvatura:			
Factor ALFA_ki:	1,0170		
Factor ALFA_ka:	0,9830		
Cálculo de tensiones:			
(Tensión de flexotracción en las condiciones de la instalación):			
Tensión en la clave:	5,6397N/mm2.		
Tensión en los riñones:	1,7378 N/mm2.		
Tensión en la base:	9,0484 N/mm2.		
Cálculo de deformaciones:			
	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Variación del diámetro:	-0,2637	-7,9765	mm.
Acortamiento relativo del diámetro vertical:	0,0685	2,0702	%.

CÁLCULO DE LA ESTABILIDAD:

	<u>Corto plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Carga de tierras:			
Carga crítica de abolladura:	1,0346	0,7213	N/mm2.
Presión del agua exterior:			
Coefficiente ALFA_d:	13,7900	17,1474	
Presión del agua extrema:	0,0000	0,0000	N/mm2.
Valor crítico de Pa:	0,5446	0,0000	N/mm2.

Cálculo mecánico de tuberías.

Título: Pedroso PVC Recubrimiento mínimo
Autor: NOLTER ING. Y MEDIO AMBIENTE SLP
Hoja: 5

VERIFICACIÓN:

Verificación de tensión:

	<u>Coef. calculado</u>	<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	
NU Clave:	15,9582	2,5000
NU Riñones:	51,7892	2,5000
NU Base	9,9465	2,5000

Verificación de la estabilidad:

	<u>Coef. calculado</u>		<u>Coef. requerido</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo Plazo</u>	
NU Carga tierras:	120,7584	9,4611	2,5000
NU Presión Agua externa:	0,0000	0,0000	2,5000
NU simultáneas:	120,7584	9,4611	2,5000

Verificación de deformación:

	<u>Valor calculado</u>		<u>Valor admisible</u>
	<u>Corto Plazo</u>	<u>Largo plazo</u>	
Acortamiento relativo:	0,0685	2,0702	6,0000

CONCLUSIÓN:

TUBO VÁLIDO.



PROYECTO DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN
DE PEDROSO (LA RIOJA)

ANEXO N° 4.- CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO

Zanja. De=0.518m Es=0.059m Di=0.4m hr=1.4m b=0.9m.

			Arcilla plástica	Arcilla ordinaria	Arena arcillosa	Arenas y gravas	Zahorras
Apoyo	Relleno						
Hormigón	Compactado	180°	23.22 C 90	22.27 C 90	22.33 C 90	20.47 C 90	21.11 C 90
		120°	33.17 C 90	31.82 C 90	31.90 C 90	29.24 C 90	30.15 C 90
		90°	40.38 C 90	38.73 C 90	38.84 C 90	35.60 C 90	36.71 C 90
	Selec. Sin Compactar	180°	30.96 C 90	29.70 C 90	29.78 C 90	27.29 C 90	28.14 C 90
		120°	42.21 C 90	40.49 C 90	40.61 C 90	37.22 C 90	38.38 C 90
		90°	46.43 C 90	44.54 C 90	44.67 C 90	40.94 C 90	42.21 C 90
Granular			44.22 C 90	42.42 C 90	42.54 C 90	38.99 C 90	40.20 C 90
	Compactado	180°	48.88 C 90	46.89 C 90	47.02 C 90	43.10 C 90	44.44 C 90
		90°	54.63 C 90	52.40 C 90	52.55 C 90	48.17 C 90	49.66 C 90
	Selec. Sin Compactar	90°	61.91 C 90	59.39 C 90	59.56 C 90	54.59 C 90	56.29 C 90
			84.42 C 90	80.99 C 90	81.21 C 90	74.44 C 90	76.75 C 90
	Apoyo directo						
Carga Cálculo (kN/m²)			Clase mínima				

Zanja. De=0.518m Es=0.059m Di=0.4m hr=3.1m b=0.9m.

			Arcilla plástica	Arcilla ordinaria	Arena arcillosa	Arenas y gravas	Zahorras	
Apoyo	Relleno							
Hormigón	Compactado	180°	39.95 C 90	34.62 C 90	32.75 C 90	28.95 C 90	29.00 C 90	
		120°	57.07 C 90	49.45 C 90	46.78 C 90	41.35 C 90	41.43 C 90	
		90°	69.48 C 90	60.20 C 90	56.95 C 90	50.34 C 90	50.44 C 90	
	Selecc. Sin Compactar	180°	53.27 C 90	46.16 C 90	43.66 C 90	38.59 C 90	38.67 C 90	
		120°	72.64 C 90	62.94 C 90	59.54 C 90	52.63 C 90	52.73 C 90	
		90°	79.90 C 90	69.23 C 90	65.50 C 90	57.89 C 90	58.01 C 90	
			76.10 C 90	65.94 C 90	62.38 C 90	55.13 C 90	55.25 C 90	
		Compactado	180°	84.11 C 90	72.88 C 90	68.94 C 90	60.94 C 90	61.06 C 90
			90°	94.01 C 135	81.45 C 90	77.05 C 90	68.11 C 90	68.24 C 90
Selecc. Sin Compactar	90°	106.54 C 135	92.31 C 135	87.33 C 90	77.19 C 90	77.34 C 90		
Apoyo directo			145.28 C 180	125.88 C 135	119.08 C 135	105.26 C 135	105.47 C 135	
Carga Cálculo (kN/m²)			Clase mínima					