

Anejo 3

Red de Alcantarillado

Sumario

1.Antecedentes y Ámbito de Actuación.....3

2.Planteamiento General.....3

3.Descripción de la Red.....4

 3.1.Trazado de la Red.....4

 3.2.Características.....4

4.Dimensionamiento Hidráulico.....6

 4.1.Introducción.....6

 4.2.Caudal de Diseño de Aguas Residuales.....6

 4.3.Cálculo Hidráulico.....7

 4.4.Comprobación de Velocidad.....8

 4.5.Comprobación de la Línea de Energía.....9

5.Cálculo Mecánico.....10

 5.1.Consideraciones Iniciales.....10

 5.2.Condiciones Particulares de la Red Proyectada.....10

 5.3.Cálculo Mecánico.....11

 5.4.Características Constructivas de la Zanja y la Tubería de PEAD.....12

1. Antecedentes y Ámbito de Actuación

El presente Proyecto de Urbanización está promovido por la mercantil GARSIVA S.L., y desarrolla las obras de urbanización del la actuación "Residencial Llíber", en el municipio de Llíber (Alicante).

En concreto, este anejo al proyecto define la red de alcantarillado, diseñada considerando las aportaciones procedentes de las aguas residuales.

El vertido a las redes de saneamiento situadas aguas abajo de la actuación se realizará desde el pozo de menor cota, definido en el DOCUMENTO: Planos.

2. Planteamiento General

La red de saneamiento es de nueva construcción, de aguas residuales y está constituida por dos cuencas principales, que se conectan en el pozo de desagüe de la actuación C: CP10 – 2.1, con una cota de desagüe referida a los perfiles longitudinales de proyecto de 209,18 metros.

En el Plan Parcial "Medina-Llíber", nos encontramos con un condicionante muy fuerte, como es la acusada orografía existente. Ello lleva a disponer viales paralelos a las curvas de nivel, de forma que no se creen pendientes excesivamente pronunciadas. También habría que mencionar el punto de entronque, situado en la entrada de la urbanización, a conectar con la estación depuradora existente en el municipio.

En general, las pendientes de los viales permiten que se proyecte una red de alcantarillado, cuyos colectores discurrirán paralelos a las explanaciones de los viales y en los que el agua residual circulará en régimen de lámina libre, por gravedad, fijándose un límite superior de velocidad, que evitará erosiones debidas al arrastre de arenas y materiales sólidos; y un límite inferior para la velocidad de circulación, que se establece para garantizar la capacidad de arrastre y evitar sedimentaciones en los conductos.

Las condiciones se han fijado teniendo en cuenta, como criterio general, que las distintas conducciones que componen la red de Evacuación, no tengan problemas de circulación del fluido y estén lo más protegidas posible. Se llevará a ser posible por vías existentes y en todo caso se señalará su posición.

Las conducciones se diseñan siguiendo las vías urbanas por debajo de la zona de aparcamiento, así como el resto de la red que coincidirá con el trazado viario o espacios públicos no edificables, siendo los tramos lo más regulares posible.

Para la evacuación de aguas pluviales, se establece un sistema de evacuación por escorrentía superficial hasta los puntos bajos, ya que debido a las fuertes pendientes existentes, las aguas no entrarían en los sumideros de pluviales, sino que pasarían "por encima", sin ser captadas por las pocetas. Pore este motivo, como norma general, se dispone una captación puntual de aguas en zonas bajas de las calles, desviando éstas hacia las cuencas de los barrancos colindantes.

3. Descripción de la Red

3.1. Trazado de la Red

La red de saneamiento proyectada tiene estructura ramificada o arborescente, formada por dos colectores principales:

El primero discurre inicialmente por la calle 11, continúa por parcela junto a una zona de edificación intensiva, denominándose CP6 (Colector por Parcela 6). Seguidamente, transcurre por la calle 3, donde se conectarán otros colectores secundarios provenientes de las calles 4, 5, 7 y 8. Finalmente, el colector volverá a discurrir por parcela, denominándose CP10, y se conectará al punto de vertido.

El segundo se inicia en los viales más elevados de la actuación, calles 16 y 17, y discurrirá, principalmente, por parcela (CP1, CP2, CP3, CP4, CP5 y CP6). A este colector se conectan las aguas residuales procedentes de las calles 13, 14, 15, 12, 10, 9, y finalmente, algún tramo de las calles 3, 4, 5 y 6. 1.3, 1.2, 1.1. A partir del pozo de conexión con la calle 1.1 el colector principal transcurre por las calles 1.1 y 2.1, donde se construirá el pozo que constituirá el punto de vertido.

Los pozos situados en los puntos elevados de las calles 2.1 y 2.2 se han proyectado con profundidades algo superiores al resto de la actuación para asegurar la evacuación por gravedad de otras acometidas proyectadas aguas arriba.

3.2. Características

a) Conducciones

Los tramos de la red están formados por tuberías circulares proyectadas con colectores de PEAD corrugado extrusionado de doble pared, con corrugado anular, según UNE - EN 13476 Partes 1 y 3.

Las pendientes de las conducciones van desde una mínima del 0,2 % en varios tramos de la red proyectada, hasta una máxima del 60 % en el CP4.

b) Rellenos

En aquellas zonas donde los colectores se encuentren instalados a una profundidad superior a 60 cm desde la explanada, u 80 cm desde la rasante de la calzada, y cuya pendiente sea inferior al 20 %, las conducciones se colocarán sobre un lecho de arena o gravilla (5-25 mm) de unos 10 cm de espesor, en el fondo de la excavación, una vez colocadas las tuberías se rellenarán las zanjas con suelos adecuados o seleccionados sin piedras de tamaño superior a 20 mm, con compactación superior al 95% del P.N., excepto en la zona delimitada por el diámetro del tubo que se rellenará con zahorra no compactada. Estos rellenos se realizarán hasta 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo.

Sin embargo, cuando la generatriz superior del tubo no se encuentre a una profundidad superior a 60 cm bajo la explanada, podrían producirse problemas de deflexión por cargas de tráfico rodado. Y las conducciones en zanja que superen una pendiente del 20 % presentan un serio riesgo de que se produzcan deslizamiento de la tubería. En sendos casos, tanto el lecho, cuanto el relleno posterior del tubo, se realizarán mediante hormigón en masa como se describe en el documento planos y en las mediciones de proyecto.

c) Pozos de registro

Los pozos de registro se utilizarán para cualquiera de las finalidades siguientes:

- Cambio de dirección o pendiente de la red
- Cambio de sección de red
- Incorporaciones de otros colectores
- Acometidas e imbornales
- Limpieza del colector

La distancia máxima en alineaciones rectas, entre pozos de registro, donde se prevea la conexión de acometidas domiciliarias es de 35 m.

d) Cámara de Descarga

Elemento situado en la cabecera de la red y adosado al primer pozo de registro, que sirve para realizar limpiezas periódicas en la red, sobre todo en los tramos finales durante las épocas de ausencia de lluvias. Se ubicarán en los tramos extremos.

Se realizará con capacidad suficiente para asegurar una circulación de limpieza durante un tiempo superior a dos minutos.

Se dispondrá una acometida de agua con diámetro de 2" y depósitos de 300 a 600 litros de capacidad.

4. Dimensionamiento Hidráulico

4.1. Introducción

Para el dimensionamiento hidráulico de un tramo de colector o alcantarilla son necesarias tres operaciones: conocer el caudal de diseño, dimensionar el conducto para ese caudal y por último comprobar que las velocidades que circulan por el mismo son las adecuadas y que la línea de energía no sufre cambios bruscos ni supera la cota del terreno.

El caudal de diseño necesario para el dimensionamiento de un tramo de colector depende del tipo de red en el que se encuentre: pluviales, residuales o unitaria. Para colectores de pluviales y unitarios se utiliza el caudal correspondiente a una precipitación de 25 años de período de retorno y, por tanto, será necesario un estudio hidrológico. En este caso, para el cálculo de los colectores de residuales solo se necesita el caudal de aguas residuales.

La comprobación de velocidades se realiza con la misma hipótesis de flujo y persigue que no se produzcan ni erosiones ni sedimentaciones en el interior del colector diseñado. Se deberá comprobar además que no se alcanza el régimen rápido. Si por velocidades mínimas se requiriera tramos en régimen rápido, se minimizará el número de resaltos hidráulicos por cambio de régimen y éstos se situarán en el tramo de aguas abajo.

Los cálculos hidráulicos se han llevado a cabo de forma analítica con una hoja de cálculo de libre distribución Open Office 4.0.1, y se resumen en las hojas de resultados incluidas al final de este anejo al proyecto.

4.2. Caudal de Diseño de Aguas Residuales

El caudal de aguas residuales en l/s viene en función de la superficie en estudio y del uso del suelo, según la fórmula:

$$Q_r = K_r \cdot A \cdot f$$

Siendo:

A = Superficie de la cuenca en Ha.

Kr = Caudal de aguas residuales medio, dependiente del uso del suelo según la tabla siguiente:

Uso del suelo	Kr (l/s/Ha)
Áreas urbanas	1,2
Áreas residenciales	0,6
Industrial	7,5 a 15

f = Factor de punta. Para superficies inferiores a 1 Ha vale 3,648. Para superficies mayores el factor de punta se reduce con el caudal medio recogido según la siguiente expresión:

$$f = 3,697 \cdot (K_r \cdot A)^{-0,07333}$$

4.3. Cálculo Hidráulico

La sección necesaria del tramo de colector en estudio se obtendrá a partir del caudal de diseño con la hipótesis de funcionamiento a sección llena.

Para colectores de aguas residuales se empleará como caudal de diseño el caudal de aguas residuales Q_r y se adoptará como ecuación de pérdida de energía por rozamiento la dada por la fórmula de Manning, tomándose como coeficientes de Manning los presentados en el siguiente apartado.

Como regla general, para los colectores objeto de esta normativa la conversión de caudal a calados en el colector se realizará con la hipótesis de flujo uniforme, es decir, las pérdidas de energía son iguales a la pendiente del colector.

a) Coeficiente de Rugosidad

Se adjunta una tabla con el coeficiente de Manning correspondiente a diferentes materiales de las conducciones, donde se han tomado valores conservadores para tener en cuenta el incremento de rugosidad que con el tiempo sufre un colector debido a las incrustaciones, sedimentos, atascos, etc. y a la existencia de pozos de registro, alineaciones no rectas y cambios bruscos de dirección, lo que supone un incremento aproximado de la rugosidad de un 10% respecto a aguas limpias, tubo nuevo y alineación recta. Por defecto se emplearán las siguientes rugosidades:

Material	
Hormigón	0,015
P.V.C.	0,010
Polietileno	0,010

b) Diámetro de Tubería

Con la hipótesis de flujo uniforme a sección llena y para tuberías circulares, el diámetro de diseño, en metros, viene dado por la siguiente ecuación:

$$D_d = 1,548 \left(\frac{n \cdot Q_d}{\sqrt{i}} \right)^{3/8}$$

Siendo:

Q_d = Caudal de diseño en m³/s (Q_{25} o Q_r).

i = Pendiente del tramo en tanto por uno.

n = Coeficiente de Manning.

Para el caso de secciones circulares se empleará un diámetro interior comercial igual o superior al D25 o Dr obtenido por la ecuación anterior.

4.4. Comprobación de Velocidad

Para evitar daños por fricción en las conducciones se limita la velocidad máxima en las mismas, salvo que se empleen revestimientos especiales sobre hormigón armado ejecutado "in situ", estando expresamente prohibidos en estos casos el empleo de elementos prefabricados.

Teniendo en cuenta la elevada resistencia a la abrasión de las tuberías de plástico y la gama de diámetros que constituye su campo de utilización (200 – 3.500 mm), pese a que las velocidades máximas recomendadas para aguas residuales suelen estar alrededor de los 2'5 - 3 m/s, se pueden admitir, en este tipo de tuberías, velocidades de circulación de hasta 5 m/s.

Por otra parte, para evitar la sedimentación de los sólidos arrastrados en suspensión tanto por las aguas pluviales como residuales y las obstrucciones, se limita la velocidad mínima en las conducciones.

La comprobación de velocidad se realizará para la sección comercial realmente proyectada. En caso de no cumplirse la comprobación de velocidad, deberá tantearse otra solución para el tramo de colector. Si como ocurre habitualmente en el ámbito de aplicación de esta normativa, el incumplimiento se produce con las velocidades mínimas, las posibles soluciones pueden ser:

I) Incrementar la pendiente y modificar el diámetro correspondiente. Se podrá realizar si disponemos de cota suficiente para profundizar el final del tramo de colector o elevar el arranque del mismo.

II) Cambiar el material y el diámetro, disminuyendo la rugosidad del tramo de colector.

III) Modificar el tipo de sección, mejorando la velocidad del caudal de residuales y de pequeñas lluvias mediante una canaleta central o mediante una sección tipo ovoide.

IV) Si no existiese solución por gravedad unitaria, se tantearía una red separativa por gravedad, elevando las aguas residuales si fuera necesario.

V) En último extremo, se elevarían las aguas unitarias.

Con carácter general, se diseña para cumplir con una velocidad mínima de aguas residuales de 0,4 m/s, si bien en los tramos de cabecera, en los que es complicado alcanzar dicho valor de la velocidad, se proyectan con un mínimo de 0,3 m/s, no diseñándose, en ningún caso, con velocidades inferiores.

a) Cálculo de la Velocidad para Colectores Circulares

Se podría demostrar que con la hipótesis de flujo uniforme y haciendo uso de la ecuación de pérdida de energía de Manning, dadas unas características hidráulicas de diámetro, pendiente y rugosidad, la velocidad en m/s correspondiente a un determinado caudal se obtiene a partir de la velocidad, en función del ángulo en radianes de la superficie mojada, que se obtendría mediante la resolución de método iterativo. Sin embargo, en este caso se recurre a la utilización de la tabla de Thorman y Franke, que establece las relaciones entre las variables de caudal (Q), y velocidad (V), respecto a los valores que se obtendrían con el conducto a sección llena (QII; VII), en función del grado de llenado (y/D):

El procedimiento de cálculo utilizado ha sido:

Partiendo de los valores de diámetro (D), coeficiente de Manning (n) y pendiente del conducto (So), se calculan las velocidades y los caudales a conducto lleno (V_l; Q_l) por medio de las siguientes expresiones:

$$V_l = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \quad Q_l = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S_0^{1/2}$$

Dado un caudal Q a transportar con sección parcialmente llena, la tabla de Thorman y Franke permitirá evaluar la velocidad y el calado con los caudales que se transportan por dicho conducto.

4.5. Comprobación de la Línea de Energía

a) Respecto de la Cota del Terreno

En todo momento, la línea de energía del flujo de agua se situará por debajo de la cota del terreno. La cota de energía se evaluará mediante la siguiente expresión:

$$H = z + y + \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

z = Cota de la solera.

y = Calado normal correspondiente al caudal de diseño.

v = Velocidad normal correspondiente al caudal de diseño.

La comprobación se realizará comparando las cotas de energía al inicio y al final de cada tramo con las cotas del terreno correspondientes.

5. Cálculo Mecánico

5.1. Consideraciones Iniciales

Según la ORDEN FOM/1382/02, de 16 de mayo, por la que se actualizan determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a la construcción de explanaciones, drenajes y cimentaciones y, en particular, el apartado 332.5.3 Relleno de zanjas para instalación de tuberías, el relleno de la zanja se subdivide en dos zonas: la zona baja, que alcanzará una altura de unos treinta centímetros (30 cm) por encima de la generatriz superior del tubo y la zona alta que corresponde al resto del relleno de la zanja.

En la zona baja el relleno será de material no plástico, preferentemente granular, y sin materia orgánica. El tamaño máximo admisible de las partículas será de cinco centímetros (5 cm), y se dispondrán en capas de quince a veinte centímetros (15 a 20 cm) de espesor, compactadas mecánicamente hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 95 por 100 (95 %) del Próctor modificado según UNE 103501.

En la zona alta de la zanja el relleno se realizará con un material que no produzca daños en la tubería. El tamaño máximo admisible de las partículas será de diez centímetros (10 cm) y se colocará en tongadas pseudoparalelas a la explanada, hasta alcanzar un grado de compactación no menor del 100 por 100 (100 %) del Próctor modificado, según UNE 103501.

5.2. Condiciones Particulares de la Red Proyectada

Para determinar el ancho y la profundidad de la zanja, los fabricantes de tuberías de PEAD recomiendan conocer el diámetro de la tubería a instalar, las características geotécnicas del terreno y las posibles cargas móviles que se puedan transmitir al subsuelo.

Cuando la canalización soporta tráfico rodado, la clave del colector deberá estar situada a una profundidad mínima de 80 cm, respecto a la superficie del terreno. En zonas rocosas se pueden reducir estos valores, debiéndose verificar para cualquier profundidad adoptada, la deformación (deflexión) de la tubería generada por cargas externas.

En cuanto al ancho de la zanja, para facilitar la manipulación en el interior de la misma, se recomienda que su ancho total sea igual al diámetro exterior de la tubería más 60 cm. Y en el supuesto de terrenos duros, como es el caso que nos ocupa, se recomienda sobreexcavar entre 10 y 15 cm por debajo de la generatriz inferior del tubo, que posteriormente se rellenará con un lecho de arena o tierra vegetal con dos objetivos:

- Poder realizar una correcta y uniforme nivelación del terreno que garantice la pendiente deseada.
- Evitar posibles daños a la tubería donde el terreno es de piedra con cantos angulosos.

Para la determinación del recubrimiento mínimo, a continuación se justificará el cumplimiento de la deformación (deflexión) de la tubería en la zona rocosa donde se proyecta la red de saneamiento.

5.3. Cálculo Mecánico

El cálculo mecánico de una red de alcantarillado consistirá en la determinación de las características mecánicas que, en función de las cargas actuantes y de las condiciones de

ejecución, son necesarias en los conductos. Para ello, se revisará el efecto de las Solicitaciones por Relleno (o Carga Muerta) así como las Cargas Vehiculares (Carga Viva), lo cual es estimado considerando que la deflexión en la tubería, según la norma UNE-EN 12201, no supere el 6%, que es el valor máximo permisible para tuberías de PEAD.

Para la determinación de la deflexión en tuberías por efecto de las sollicitaciones por Relleno y Carga Viva, se utiliza la ecuación planteada por M. Spangler:

$$\Delta x = \frac{D_1 \cdot K \cdot W \cdot r^3}{E \cdot I + 0,061 \cdot E' \cdot r^3}$$

Siendo:

D1: Factor que considera la Deflexión en Tuberías a largo plazo (cedencia). Se emplea normalmente un valor de 1,30

K: Coeficiente que depende del tipo de apoyo de la tubería en la zanja, se utiliza con frecuencia un valor igual a 0,10 (ángulo de apoyo = 90°).

W: Es la carga total que actúa sobre la tubería, la cual se determina mediante las siguientes expresiones:

$$W = W_r + W_{cv}$$

Siendo W_r (Acciones de Relleno), calculada con la ecuación de Marston:

$$W_r = C_d \cdot \gamma_s \cdot B^2 \cdot \left(\frac{D}{B}\right)$$

Donde C_d es el coeficiente de carga, calculado mediante la expresión:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot \left(\frac{H}{B}\right)}}{2 \cdot K \cdot \mu}$$

Los valores de las variables para distintos suelos de relleno se pueden extraer de la siguiente tabla:

Tipo de suelo	γ (kg/m3)	Coeficiente activo Rankine	Coeficiente de fricción(μ)
Suelo suelto	1 445	0.33	0.50
Suelo saturado	1 766	0.37	0.40
Arcilla parcialmente compactada	1 605	0.33	0.40
Arcilla saturada	1 926	0.37	0.30
Arena seca	1 605	0.33	0.50
Arena húmeda	1 926	0.33	0.50

Y W_{cv} es el valor de la carga viva, que para una carga de carretera H-15, con una carga de 2625 kg/m², se calculará como:

$$W_{cv} = 2625 \cdot D$$

Las otras variables de la fórmula de M. Spangler son:

r: Radio medio de la tubería (m).

E: Módulo de elasticidad del material de la tubería de PEAD.

I: Momento de Inercia de una sección rectangular de tubería, de altura e y base de longitud unitaria.

E': Módulo de reacción del suelo=49,20 Kg/cm² (700 psi, propuesto por Spangler).

5.4. Características Constructivas de la Zanja y la Tubería de PEAD

Material empleado en el relleno:

Suelo saturado: 1766 kg/m³; Coeficiente Rankine = 0,37; Coeficiente fricción = 0,4

Módulo de elasticidad >1 MPa= 1x10⁸ Kg/m²

Diámetro nominal = 315 mm

Espesor = 4 mm (muy conservador, considerando un tubo de doble capa)

Substituyendo las diferentes variables que intervienen en el cálculo, llegamos al valor de deflexión de la sección de canalización definida en planos:

$$C_d = \frac{1 - e^{-2 \cdot K \cdot \mu \cdot (\frac{H}{B})}}{2 \cdot K \cdot \mu} = \frac{1 - e^{-2 \cdot 0,37 \cdot 0,4 \cdot (\frac{0,6}{0,9})}}{2 \cdot 0,37 \cdot 0,4} = 0,605$$

$$W_r = C_d \cdot \gamma_s \cdot B^2 \cdot \left(\frac{D}{B}\right) = 0,605 \cdot 1766 \cdot 0,9^2 \cdot \left(\frac{0,315}{0,9}\right) = 302,9 \text{ Kg/m}$$

$$W_{cv} = 2625 \cdot D = 2625 \cdot 0,315 = 826,8 \text{ Kg/m}$$

$$W = W_r + W_{cv} = 302,9 + 826,8 = 1129,8 \text{ kg/m}$$

$$\Delta x = \frac{D_1 \cdot K \cdot W \cdot r^3}{E \cdot I + 0,061 \cdot E' \cdot r^3} = \frac{1,3 \cdot 0,1 \cdot 1129,8 \cdot 0,1555^3}{1 \cdot 10^8 \cdot (4 \cdot 10^{-3} / 12) + 0,061 \cdot 49,2 \cdot 0,1555^3} = 1'01 \%$$

Que es inferior al valor admisible del 6%.