



ANEJO N.º 5.

DISEÑO DE LA RED.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

CURSO 2018-2019

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: JUAN BAUTISTA MARCO SEGURA

AUTORA: ELENA MARTÍNEZ BELLIDO



Índice

1.	Introducción.....	1
2.	Tipología de la red.....	1
3.	Trazado.....	2
4.	Material.....	2
5.	Obtención de subcuencas.....	4
6.	Dimensionamiento hidráulico.....	5
6.1.	Caudales de diseño.....	5
6.2.	Velocidad del agua.....	8
6.3.	Llenado de la conducción.....	8
6.4.	Pérdidas de carga.....	9
7.	Diámetros.....	9
8.	Pendientes.....	11
9.	Velocidad.....	13
10.	Otros elementos.....	15
10.1.	Juntas de unión.....	15
10.2.	Pozos de registro.....	15
10.3.	Imbornales.....	21
10.4.	Tanque de tormentas.....	21
11.	Dimensionamiento mecánico.....	22
11.1.	Acciones del terreno.....	22
11.2.	Acciones del tráfico.....	23
11.3.	Factor de apoyo.....	24

1. Introducción.

En el presente anejo se establecen las bases de cálculo necesarias para la elaboración del anejo nº4 '*Propuesta de Soluciones*'

El objetivo principal del anejo consiste en realizar los cálculos pertinentes para determinar, de forma correcta, la elección de cada diámetro de tubo, así como el material a emplear, la velocidad con la que fluye en agua a través de los colectores, las pendientes en cada tramo y por último la localización y el tipo de pozo de registro o sumideros.

Se tendrá en cuenta durante el cálculo y la elección de los elementos anteriores, lo dispuesto en la *Orden FOM/298/2016, del 15 de febrero*, por la que se aprueba la *norma 5.2 -IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras* y se usará como guía para desarrollar el diseño y los cálculos oportunos de la red la *Guía Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano del CEDEX*, así como el *Open-Channel hydraulics de Ven the Chow*.

2. Tipología de la red.

Una red de saneamiento o drenaje es un conjunto de alcantarillas, colectores y demás elementos complementarios, que recogen y conducen las aguas residuales y pluviales de una población, desde las acometidas hasta la estación de depuradora, el punto de vertido o el emisario.

Existen distintos tipos de red, la red actual es una red de tipo separativa. La red consta de dos canalizaciones independientes: una de ellas transporta aguas residuales de origen doméstico, comercial o industrial hasta la estación depuradora, y la otra conduce las aguas pluviales hasta el medio receptor.

En este caso se va a estudiar la red pluvial ya que es la que presenta problemas. La red se caracteriza por su función anti-hinundación, al ser diseñada para la evacuación de aguas pluviales durante las lluvias de forma que se evita el desbordamiento, el exceso de escorrentía superficial e inundaciones. En el diseño de la red se plantea la instalación de un tanque de tormentas, para evitar el vertido de aguas con contenido contaminante al medio receptor.

El funcionamiento de la red que se va a calcular es por gravedad, debido a que la población se encuentra a mayor cota que el punto de vertido, es decir el flujo discurre por los conductos por la simple diferencia de cota, y este flujo es en lámina libre. De esta forma se evita la colocación de bombas u otros elementos eléctricos que encarecen la instalación.

3. Trazado.

El diseño de la red se ha trazado de la forma más recta posible, discurriendo por las vías principales y manteniendo en la medida de lo posible la pendiente del terreno. Cumpliendo con los valores máximos y mínimos y ajustando la profundidad especificada en la norma.

El trazado se realiza evitando los bombeos y que los colectores entren en carga, aprovechando así la orografía, discurriendo de las zonas más altas a las de menor cota.

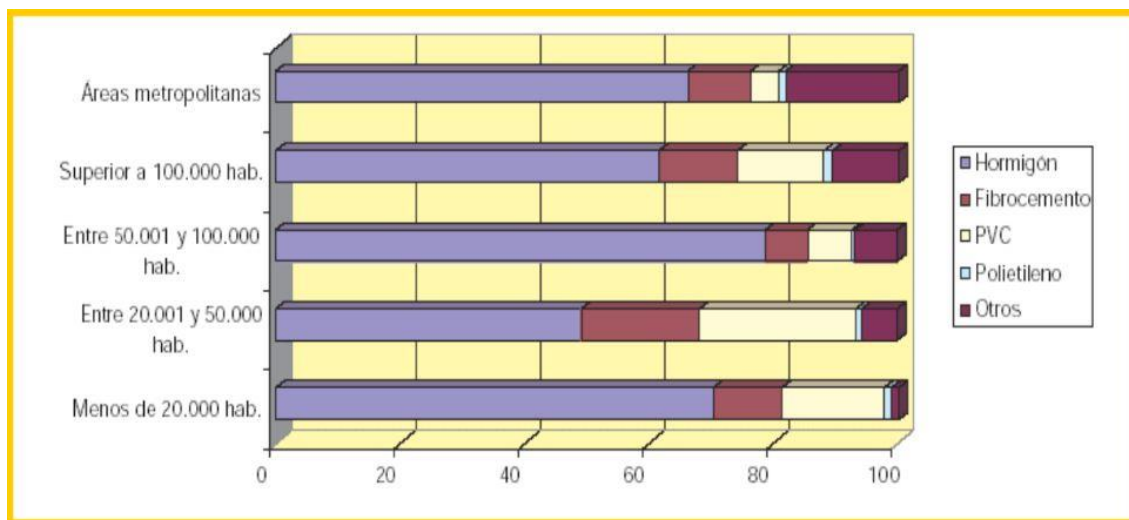
La clave de los colectores se ha colocado a una profundidad mínima de 1 metro respecto a la superficie del terreno, como marca la norma, siendo esta distancia en algunos puntos de 0.8 metros.

4. Material.

Los materiales más frecuentes empleados en España para las conducciones que integran las redes de saneamiento y drenaje son las siguientes:

- Hormigón en masa o armado con camisa de chapa.
- Fundición dúctil
- Gres
- Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) de pared compacta
- Polietileno (PE) de pared compacta
- PVC-U, PE o Polipropileno (PP) de pared estructurada
- Poliéster reforzado con fibras de vidrio (PRFV)

En este caso se decide emplear tubos de hormigón armado, ya que se trata de un flujo en lámina libre, y presenta grandes beneficios en cuanto a capacidad portante, estabilidad, resistencia al deterioro físico, estabilidad térmica, seguridad, sostenibilidad y coste económico.



Gráfica 1: Material empleado en las redes de saneamiento.

En la *Gráfica 1* se puede observar como el hormigón es el material más empleado en la construcción de tubos para el saneamiento de áreas urbanas, independientemente del número de habitantes. En más de un 60% de las redes de saneamiento se opta por el hormigón.

En la siguiente ilustración se muestra la nomenclatura de los distintos diámetros (interior y exterior) de los tubos de hormigón.

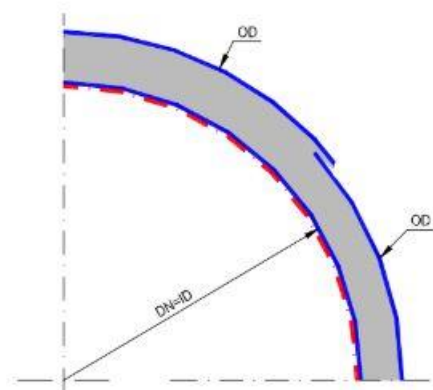
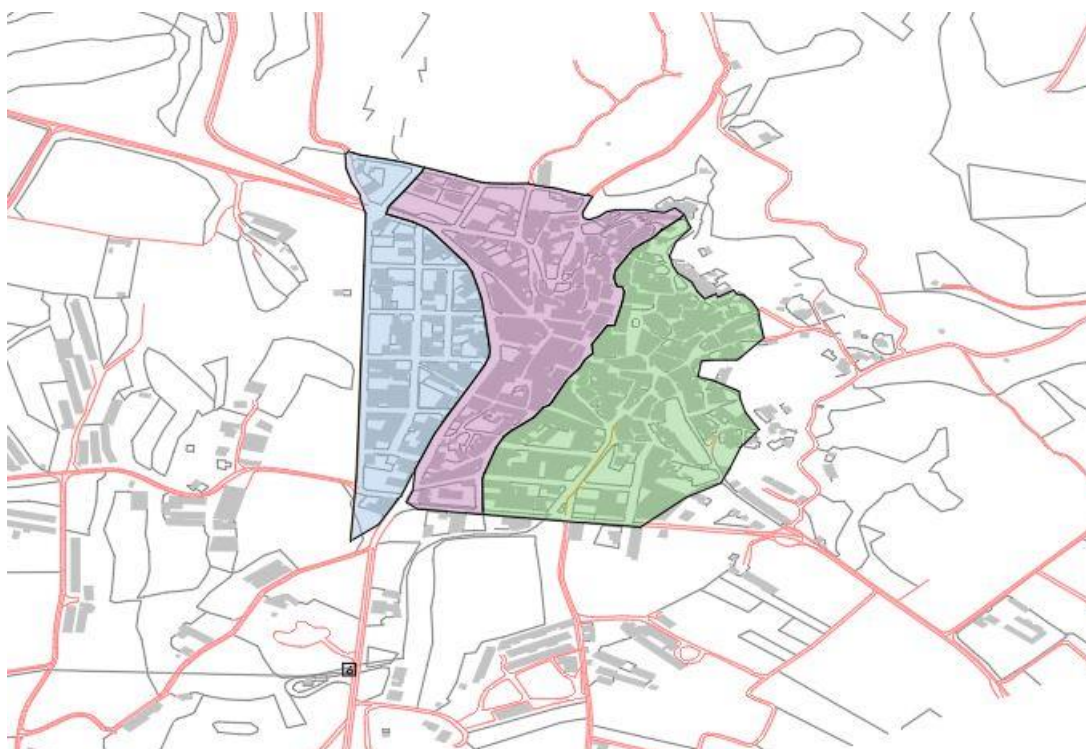


Ilustración 1: Diámetros tubo de hormigón armado.

5. Obtención de subcuencas.

Para la obtención de las subcuencas se ha tenido en cuenta la distribución de la red secundaria de colectores presente actualmente en el municipio, y en base al relieve estudiando el mapa topográfico se ha dividido el área urbana en tres subcuencas distintas, como se muestra a continuación.



Mapa 1: Distribución de las subcuencas hidrográficas.

Cada una de estas subcuencas vierte el agua en un colector principal, de forma que el municipio evacua el agua pluvial a través de sus tres colectores principales.

Área 1		0,046 km ²
Área 2		0,066 km ²
Área 3		0,062 km ²

Tabla 1: Leyenda subcuencas hidrográficas.

6. Dimensionamiento hidráulico.

Para realizar el diseño hidráulico de la red de saneamiento es necesario calcular previamente el caudal que será transportado por cada colector. Por ello se dimensiona el colector para el caudal calculado y se comprueba que cumplan las limitaciones establecidas en cuanto a velocidad, llenado y pendiente.

6.1. Caudales de diseño.

El caudal para el que se va a diseñar la red es el correspondiente a una precipitación con un periodo de retorno de 25 años. La intensidad de esa precipitación se describe en el anejo nº3 *Hidrología*.

El caudal de las aguas pluviales en cuencas rurales se utiliza para el diseño de los colectores que componen la red de saneamiento. Este caudal se calcula mediante la aplicación de la formulación del método racional, cuya expresión general es la siguiente:

$$QP = K * \frac{C_e * I_t * A}{3.6}$$

QP: caudal de aguas pluviales, en m³/s.

C_e: Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o de la superficie drenada.

I_t: Intensidad media de la precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado (25 años) y a un intervalo de tiempo de t horas, mm/h.

A: Área de la cuenca o de la superficie drenada, en Km².

K: Coeficiente representativo del grado de uniformidad con que se reparte la escorrentía. El valor depende de las puntas de precipitación, oscilando entre 1 y 2. En este caso al ser una cuenca muy pequeña el valor que se le atribuye es 1.

- La intensidad media de precipitación (I_t) será la asociada a una duración igual al tiempo de concentración considerado.

Del anejo nº3 *Hidrología* se obtiene los tiempos de concentración.

SUBCUENCA	Tc(h)
Subcuenca 1	0.353
Subcuenca 2	0.295
Subcuenca 3	0.299

Tabla 2: Tiempos de concentración por cada subcuenca.

Obtenidos los tiempos de concentración y calculada la ecuación de la curva IDF, es posible conseguir la intensidad media de precipitación correspondiente al tiempo de concentración, como se muestra a continuación.

T=25	T=2
$i(t_c)_T = 4,15 * 11,5^{\frac{28^{0,1} - t_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$	$i(t_c)_T = 1,95 * 11,5^{\frac{28^{0,1} - t_c^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$

Tabla 3: Ecuaciones de las curvas IDF.

		Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3
T=2	i(tc)	41,21	45,49	45,17
T=25	i(tc)	87,87	97,01	96,32

Tabla 4: Intensidad media de la precipitación correspondiente al tiempo de cierre.

- El coeficiente de escorrentía (C), en teoría, en la metodología general se acepta como valor del mismo el proporcionado por la expresión:

$$C_T = \frac{(P(d)_T - P_0) * (P(d)_T + 23 * P_0)}{(P(d)_T + 11 * P_0)^2}$$

TIPO DE SUPERFICIE	P(d) ₂ mm/h	P(d) ₂₅ Mm/h	P ₀ mm/h	C _{T2}	C _{T25}
Área urbana	46.7	99.58	6	0.59	0.81

Tabla 5: Coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno.

Obtenidos todos los datos anteriores se procede al cálculo del caudal para los colectores principales.

	Q(T2) m ³ /s	Q(T25) m ³ /s
Subcuenca 1	0.31	0.91
Subcuenca 2	0.49	1.44
Subcuenca 3	0.46	1.35

Tabla 6: Caudales de los colectores principales.

El cálculo del caudal en los tramos que se ejecutan como solución al problema (Solución 1), se obtiene mediante la ecuación de aplicación de caudales en cascada.

$$Q = C * i(tc) * (\sum A)$$

Para obtener el valor del coeficiente de escorrentía (C) se emplea la siguiente formula:

$$C_{tot} = \frac{C1 * A1 + C2 * A2 + C3 * A3}{A1 + A2 + A3}$$

De manera que se obtienen los siguientes resultados como valores del caudal para cada uno de los tramos que se ejecutan como solución 1.

Tramo	Q(T2) m ³ /s	Q(T25) m ³ /s
A	0.46	1.35
B	1	2.78
C	1.2	3.44

Tabla 7: Caudales para los tramos de la solución 1.

6.2. Velocidad del agua.

En la hipótesis de circulación de caudal máximo de diseño, se debe comprobar que la velocidad de circulación del agua no excede el valor de 3 m/s. La velocidad de diseño debe reducirse a 2 o 3 m/s para evitar así problemas de erosión.

Por el contrario, en la hipótesis de caudal mínimo de diseño, se debe verificar que la velocidad de circulación del agua supera el valor de 0.3 m/s

Por lo tanto, la red de saneamiento de Titaguas se va a diseñar para una velocidad máxima de 3 m/s.

6.3. Llenado de la conducción.

En las conducciones cuyo funcionamiento sea en lámina libre, se debe comprobar que, en la hipótesis de circulación del caudal máximo de proyecto, el llenado de la misma sea inferior al 85% de la sección en el caso de aguas pluviales.

Teniendo en cuenta esta limitación, el diseño de los colectores se hará con un llenado del 80% de la conducción.

6.4. Pérdidas de carga.

Las pérdidas de carga continuas (J), en una tubería parcialmente llena se identifican con la pendiente de la misma.

Esta puede calcularse mediante la fórmula de Darcy-Weisbach (1) o la fórmula de Manning (2).

$$(1) \quad J = \frac{AHc}{L}$$

$$(2) \quad J = \frac{v^2 * n^2}{Rh^{4/3}}$$

J La pérdida de carga por unidad de longitud, en m/m es igual a la pendiente de la tubería.

7. Diámetros.

Se han obtenido los datos relativos al caudal y se ha estudiado la velocidad máxima a la que puede fluir al agua por las conducciones, por tanto, se puede proceder al cálculo del diámetro mínimo normalizado necesario para el transportar el caudal calculado sin superar el valor de la velocidad establecido.

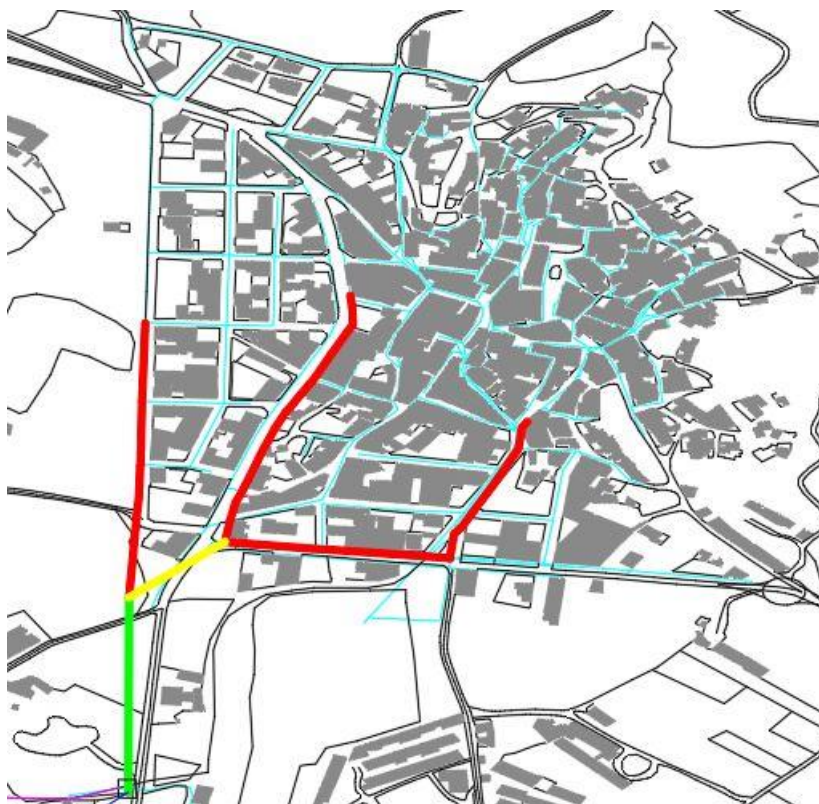
Tenido en cuenta la siguiente ecuación, se procede a realizar los cálculos de los tramos elegidos como solución al problema. (Solución 1)

$$D = \frac{\sqrt{\frac{Q}{V * \pi}}}{2}$$

TRAMO	Q(m ³ /s)	V m/s	D (m)	DN (m)
1 (Subcuenca 1)	0.91	3	0.622	0.8
2 (Subcuenca 2)	1.44	3	0.782	0.8
3 (Subcuenca 3)	1.35	3	0.756	0.8
Tamo A	1.35	3	0.756	0.8
Tramo B	2.78	3	1.086	1.1
Tramo C	3.44	3	1.209	1.3

Tabla 8: Diámetros normalizados de los colectores.

En el siguiente mapa se representa la red de saneamiento por diámetros.



Mapa 2: Red de saneamiento por diámetros.

TRAMO	DIÁMETRO	COLOR
1	0,8000	Red
2	0,8000	Red
3	0,8000	Red
A	0,8000	Red
B	1,1000	Yellow
C	1,3000	Green

Tabla 9: Leyenda diámetros.

8. Pendientes.

Se establecen las pendientes de manera que se permita dar una velocidad mínima para permitir la autolimpieza del colector y una velocidad máxima para evitar que haya erosión en el interior del mismo.

Por tanto, la pendiente mínima tiene que ser superior al 2 ‰ e inferior a la máxima que se sitúa entre 3 y 4 ‰.

Para el cálculo de la pendiente de los colectores se debe tener en cuenta el apartado 6.3. donde se determina el llenado de la conducción, y con ese dato como guía, se debe buscar en el apéndice del libro *Open-Channel Hydraulics* los valores correspondientes a: área mojada, perímetro mojado y radio hidráulico...

Finalmente utilizando la fórmula planteada en el apartado 6.4. pérdida de carga y los datos anteriores, se obtiene el valor de la pendiente de la conducción en m/m.

TRAMO	V (m/s)	n	Rm	I (m/m)
1 (Subcuenca 1)	3	0,012	0,243	0,0085
2 (Subcuenca 2)	3	0,012	0,243	0,0085
3 (Subcuenca 3)	3	0,012	0,243	0,0085
Tramo A	3	0,012	0,243	0,0085
Tramo B	3	0,012	0,335	0,0056
Tramo C	3	0,012	0,395	0,0063

Tabla 10: Pendiente de los colectores.

En el mapa que se adjunta a continuación se pueden distinguir los diferentes diámetros, en la red de saneamiento de Titaguas, por colores.



Mapa 3: Red de saneamiento por pendientes.

TRAMO	PENDIENTE	COLOR
1	0,0085	Red
2	0,0085	Red
3	0,0085	Red
A	0,0085	Red
B	0,0056	Yellow
C	0,0045	Green

Mapa 4: Leyenda de pendientes.

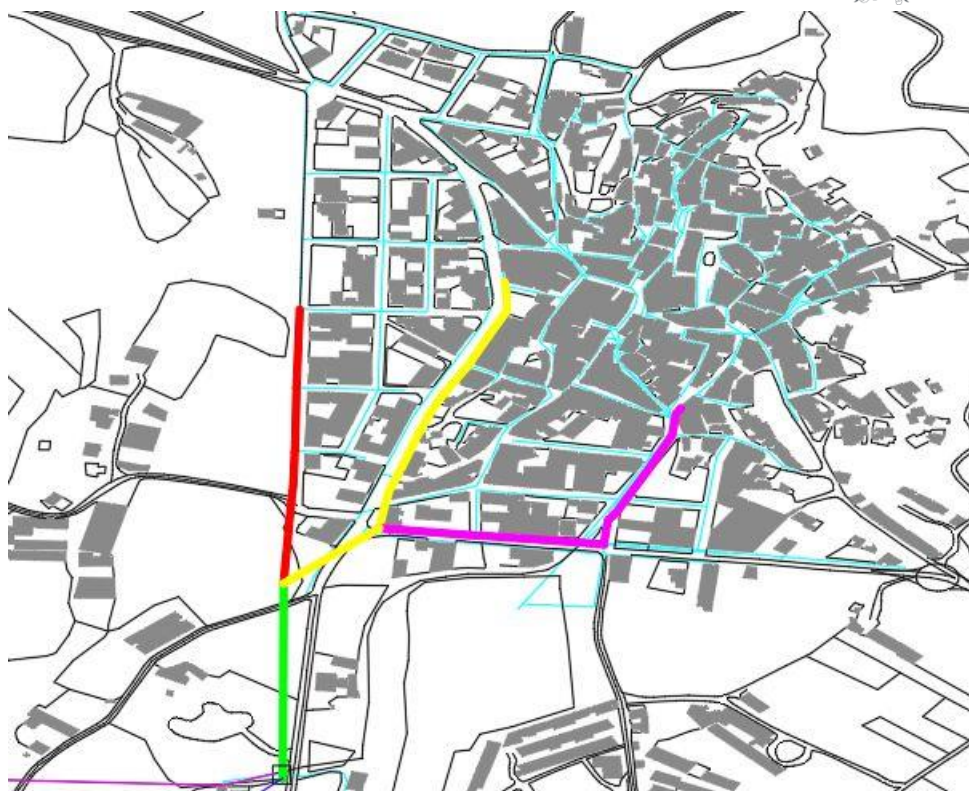
9. Velocidad.

Como se ha calculado en el apartado 7, los diámetros se han obtenido en base a la velocidad máxima y escogiendo el diámetro normalizado superior, por tanto, podemos comprobar como para los diámetros normalizados obtenidos las velocidades asociadas a los caudales máximos y mínimos serán las siguientes.

TRAMO	DN (m)	V _{máx} (m/s)	V _{mín} (m/s)
1 (Subcuenca 1)	0,8	1,8	1,02
2 (Subcuenca 2)	0,8	2,9	1,02
3 (Subcuenca 3)	0,8	2,7	1,24
Tramo A	0,8	2,7	1,24
Tramo B	1,1	2,9	1,25
Tramo C	1,3	2,6	1,25

Tabla 11: Velocidades máximas y mínimas.

Por tanto, es posible afirmar que cumple las limitaciones respecto a velocidades y autolimpieza de conducción.



Mapa 5: Mapa de velocidades máximas.

TRAMO	VELOCIDAD (M/S)	COLOR
1	1,8000	Red
2	2,9000	Yellow
3	2,7000	Magenta
A	2,7000	Magenta
B	2,9000	Yellow
C	2,6000	Green

Tabla 12: Leyenda del mapa de velocidades máximas.

10. Otros elementos.

10.1. Juntas de unión.

Su objetivo consiste en enlazar de forma estanca dos elementos consecutivos de la tubería.

Los tubos de hormigón armado para instalaciones enterradas se unirán con juntas flexibles mediante anillo elastomérico de macho acanalado.

10.2. Pozos de registro.

Los pozos de registro se han definido como aquellas obras de fábrica que permiten las tareas de mantenimiento y explotación de la red de saneamiento, permitiendo el acceso de los operarios a la red.

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

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

En general, los pozos se utilizan para cualquier singularidad en la red.

Los pozos de registro se sitúan sobre el eje de los colectores o con una ligera desviación, estos poseen un único diámetro de entrada, independiente del diámetro de los colectores que acometen.

Como criterio general, los pozos suelen ser de sección interior circular. Solo en pozos de grandes dimensiones se recurre a la sección circular.

En cuanto al diámetro nominal es recomendable que sea, como mínimo, de 1 metro de manera que permita las operaciones de limpieza, mantenimiento y control de la red. No obstante, el diámetro nominal mínimo de los pozos debería ser el que se indica en la tabla adjunta.

<i>DN conducción incidente</i>	<i>DN mínimo del pozo de registro en la base</i>
DN < 300	800
300 < DN < 500	1.000
600 < DN < 1.000	1.200
1.000 < DN < 1.200	1.500
1.200 < DN	1.800

Tabla 13: Diámetro mínimo en pozos de registro.

La separación máxima permitida entre pozos de registro depende del DN de la conducción como se muestra en la siguiente tabla.

<i>DN conducción</i>	<i>Separación máxima entre pozos (m)</i>
< 600	50
600 < DN < 1.000	70
1.000 < DN < 1.500	150
DN > 1.500	200

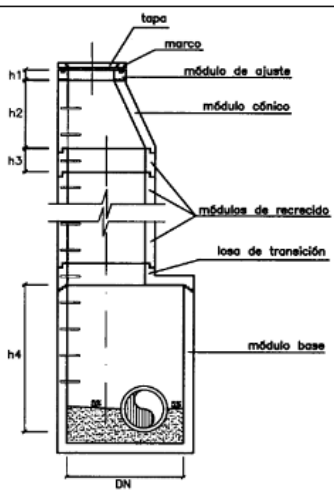
Tabla 14: Separación máxima entre pozos de registro.

Los pozos de registro, pueden ser bien prefabricados o contruidos in situ, teniendo a su vez gran disponibilidad de materiales para su ejecución.

En teoría lo deseable sería que los pozos fueran del mismo material que la conducción pues de esa manera se lograría un sistema completamente uniforme, pero esto no es fácil de lograr por condicionantes de mercado.

En el caso actual se ejecutarán pozos de hormigón.

Cuando los tubos que acometen al pozo son de diámetro igual o inferior a 1.200 mm estos pozos se componen de un módulo base y otro de ajuste, de varios módulos de recrecido, y, opcionalmente, de módulos cónicos y/o losas de transición hasta alcanzar la altura necesaria, conforme a la geometría y dimensiones que se indican en la figura adjunta.



DN pozo	DN _{máx} conducción	Altura (mm)							
		Módulos de base (h ₄)		Módulos de recrecido (h ₃)		Módulos cónicos (h ₂)		Módulos de ajuste (h ₁)	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
800	300	1.000	800	1.000	250	1.000	600	250	120
1.000	500	1.100	900	1.000	250	1.000	700	250	150
1.200	600	1.400	1.000	1.200	300	1.200	800	250	150
1.500	1.000	2.000	1.200	1.200	300	1.500	800	300	200
1.800	1.200	2.400	1.200	1.200	300	1.500	1.000	300	200

Tabla 15: Dimensiones de los distintos módulos en los pozos de registro.

Cuando las conducciones que acometen al pozo de registro tienen un diámetro superior a 1.200 mm, la solución anterior a base de módulos base y de recrecido no es operativa, pues se iría a pozos de un tamaño excesivo.

Existen dos soluciones para estos casos de tubos incidentes de gran diámetro que son los pozos chimenea y los pozos a base de marcos prefabricados de hormigón.

Los pozos chimenea consisten en adosar directamente a la tubería el pozo de registro, eliminando el módulo base.

Los pozos a base de marcos prefabricados de hormigón consisten en utilizar como pozo de registro un marco prefabricado de hormigón en posición vertical, al que se le adosan tantos módulos de recrecido como sean necesarios hasta alcanzar la cota del terreno.

DN incidente	Pozos de reistro		
	H<2,5 m	H>2,5 m	
300	TIPO 1	TIPO 2	
400			
500			
600			
800	TIPO 3	TIPO 4	
1000			
1200			
1400	TIPO 5 Ó 6		
1500			
1600			
1800			
2000			
2500			
3000			

Tabla 16: Tipo de pozo en función del diámetro incidente y la altura.

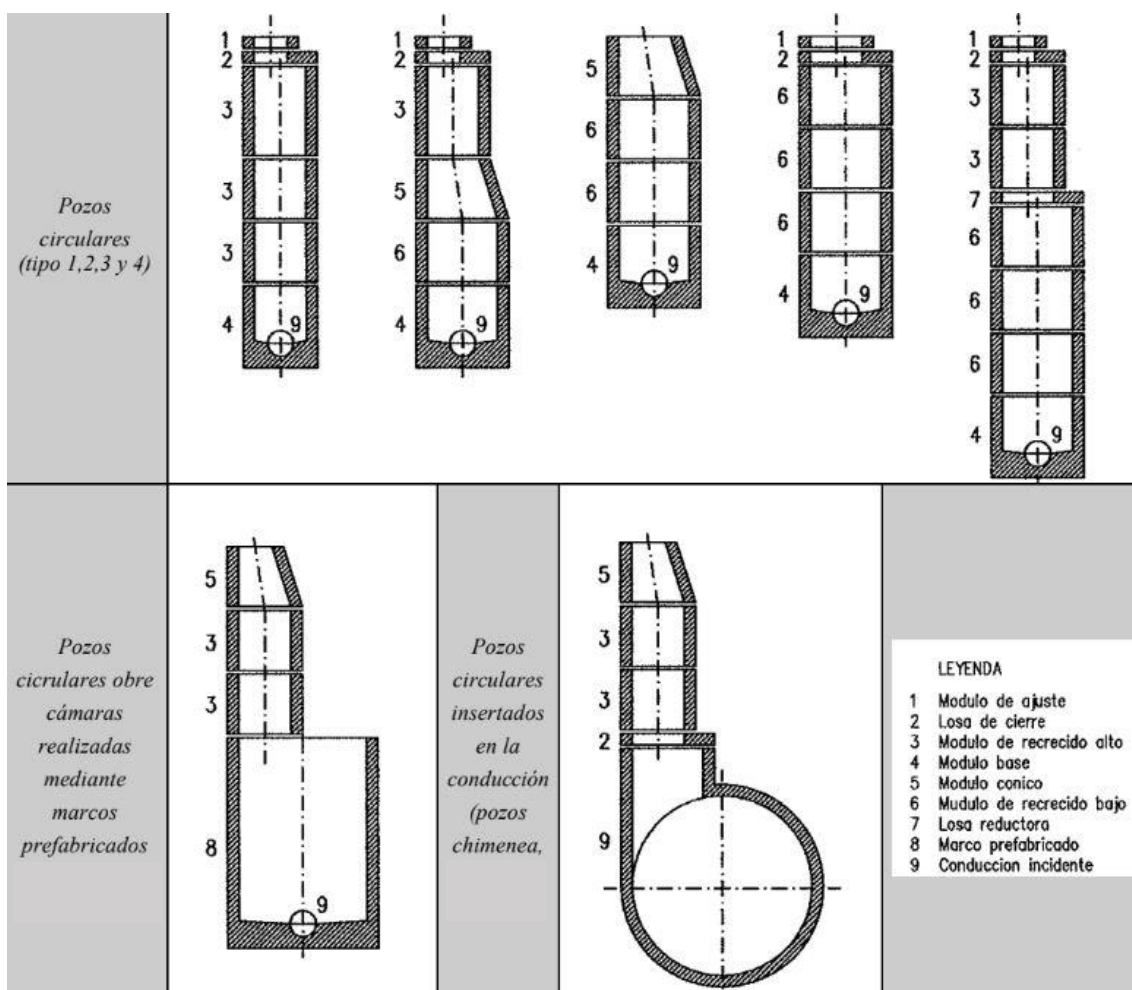


Tabla 17: Tipos de pozos de registro.

A continuación, se adjuntan unas tablas donde se especifican las dimensiones de los pozos y el tramo en el que se localizan.

Teniendo en cuenta que cada color representa un tipo de pozo, como se muestra a continuación.

TIPO 3	TIPO 4	TIPO 6
--------	--------	--------

Tabla 18: Tipo de pozo según su color.

	Pozo	H
TRAMO 1	1	2,45
TRAMO 1	2	2,4
TRAMO 1	3	2,4
TRAMO 1	4	2,4
TRAMO 1	5	2,4
TRAMO 1	6	2,4
TRAMO 1	7	2,4
TRAMO 1	8	2,85
TRAMO 1	9	2,35
TRAMO 1	10	2,4
TRAMO 1	11	2,35
TRAMO 1	12	2,9

Tabla 19: Descripción de los pozos del tramo 1.

	Pozo	H
TRAMO 2	13	2,3
TRAMO 2	14	2,3
TRAMO 2	15	2,5
TRAMO 2	16	2,5
TRAMO 2	17	2,5
TRAMO 2	18	2,5
TRAMO 2	19	2,5
TRAMO 2	20	2,5
TRAMO 2	21	2,5
TRAMO 2	22	3
TRAMO 2	23	3
TRAMO 2	24	3
TRAMO 2	25	3
TRAMO 2	26	3
TRAMO 2	27	2,5
TRAMO 2	28	2,5
TRAMO 2	29	2,5

Tabla 20: Descripción de los pozos del tramo 2.

	Pozo	H
TRAMO 3	30	1,8
TRAMO 3	31	2,5
TRAMO 3	32	1,9
TRAMO 3	33	1,7
TRAMO 3	34	2,4
TRAMO 3	35	2,5
TRAMO 3	36	2,5
TRAMO 3	37	2,5

Tabla 21: Descripción de los pozos del tramo 3.

	Pozo	H
Tramo A	37	2,5
Tramo A	38	2,45
Tramo A	39	2,45
Tramo A	40	2,45
Tramo A	41	2,45
Tramo A	42	1,9
Tramo A	43	1,9
Tramo A	29	2,5

Tabla 22: Descripción de los pozos del tramo A.

	Pozo	H
Tramo B	29	2,5
Tramo B	44	2,75
Tramo B	45	2,7
Tramo B	46	2,55
Tramo B	47	2,55
Tramo B	48	2,55
Tramo B	12	2,9

Tabla 23: Descripción de los pozos del tramo C.

	Pozo	H
Tramo C	12	2,9
Tramo C	49	2,9
Tramo C	50	2,9
Tramo C	51	2,9
Tramo C	tanque de tormenta	

Tabla 24: Descripción de los pozos del tramo D.

10.3. Imbornales.

Imbornal, sumidero o absorbedero se denomina al elemento que recoge las aguas pluviales de escorrentía y las introduce en la red de saneamiento.

Estos están constituidos por los siguientes elementos:

- Elemento de recogida de las aguas pluviales: consiste en una arqueta o en un pozo de registro el cual tiene practicada una abertura que le permita la recogida de las aguas pluviales.
- Rejilla: deberá de ser de fundición dúctil, es muy conveniente que estas sean abatibles y con enclavamiento de seguridad.
- Albañal: conducto de unión con la red de alcantarillado.
- Entroque. Se debe realizar siempre en una arqueta o pozo de registro.

10.4. Tanque de tormentas.

Tanque de tormentas o depósito de retención. Estructura hidráulica destinada a regular caudales en los periodos de lluvia y posteriormente evacuarlos de forma controlada, con dos objetivos, reducir los vertidos al medio, o evitar inundaciones aguas abajo.

Los tanques de tormentas constan de, al menos, los siguientes componentes:

- Canal Principal.
- Tanque de tormentas propiamente dicho.
- Canal de alivio.
- Cámara para la ubicación del elemento regulador del caudal.

En este caso se trata de un tanque de tormentas con aliviadero en línea. En él la cámara de retención está situada directamente entre el colector de entrada y el de salida al aliviadero.

Este tipo de aliviadero ocupa menos espacio y es más económico.

11. Dimensionamiento mecánico.

Es necesario tener en cuenta algunas acciones en el cálculo mecánico de las tuberías que integran las redes de Saneamiento, las principales son las acciones gravitatorias, las acciones del terreno, las del tráfico, las climáticas, las sísmicas, las debidas al nivel freático y las reológicas.

Este estudio se centra en el cálculo de las cargas producidas por el terreno y por la acción del tráfico, despreciando el resto.

11.1. Acciones del terreno.

Se trata de tuberías enterradas instaladas en zanja, en las cuales la carga debida al peso de la tierra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$We = Cz * \gamma * H * b$$

We: carga producida por el relleno kN/m)

H: altura de tierras sobre la clave del tubo en m

b: ancho de la zanja en el plano de la clave, en m

γ : peso específico del relleno kN/m³

$$Cz = \frac{1 - e^{-2\lambda\mu' * \frac{H}{b}}}{2 * \lambda\mu' * \frac{H}{b}}$$

Se conoce que el relleno será de material granular sin cohesión (Zahorra) por tanto los valores relacionados con el peso específico serán:

$$\lambda\mu' = 0,192$$

$$\gamma(\text{KN/m}^3) = 19$$

	D norm en m	OD	b m	H m	γ kn/m ³	$2\lambda\mu^{\wedge}*H/b$	Cz	We kn/m
Tramo 1	0,8	0,93	1,78	1,5	19	0,32	0,43	21,67
Tramo 2	0,8	0,93	1,78	2,2	19	0,47	0,40	29,62
Tramo 3	0,8	0,93	1,78	1,63	19	0,35	0,42	23,24
Tramo A	0,8	0,93	1,78	1,68	19	0,36	0,42	23,83
Tramo B	1,1	1,27	2,12	1,55	19	0,28	0,44	27,22
Tramo C	1,3	1,49	2,49	1,51	19	0,23	0,45	31,87

Tabla 25: Fuerzas producidas por el terreno.

11.2. Acciones del tráfico.

El tráfico rodado no afecta a todos los tramos, ya que por el tramo 1 no circulan vehículos pesados y por el tramo C no circula ningún tipo de vehículo.

	Wt 60 T				Wt 30 t
	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO A	TRAMO B	TRAMO 1
le	4,3	3,5	3,5	3,7	3
lc	7,3	6,5	6,5	6,7	
s	1,7	0,9	1,0	0,8	0,7
t	3,7	2,9	3,0	2,8	2,7
Wt	10,4	15,0	14,5	20,5	7,5

Tabla 26: Fuerzas debido al tráfico.

Finalmente se obtiene la carga total que deben de soportar y se comprueba si se resiste.

	We (KN/m)	Wt (KN/m)	qtot (KN/m)
Tramo 1	21,7	7,5	29,2
Tramo 2	29,6	10,4	40,1
Tramo 3	23,2	15,0	38,2
Tramo A	23,8	14,5	38,3
Tramo B	27,2	20,5	47,7
Tramo C	31,9		31,9

Tabla 27: Fuerza total que actúa sobre los colectores.

Por tanto, se comprueba mediante la *UNE 127.916* la resistencia de las tuberías de hormigón en función de su diámetro, y se puede afirmar que sí que resisten las cargas generadas por las acciones del tráfico y del terreno.

11.3. Factor de apoyo.

En instalaciones en zanja el factor de apoyo depende del tipo de apoyo seleccionado y de las características del relleno. El espesor de la cama de apoyo (C) dependerá de la naturaleza del terreno en que se instale y el diámetro de la tubería.

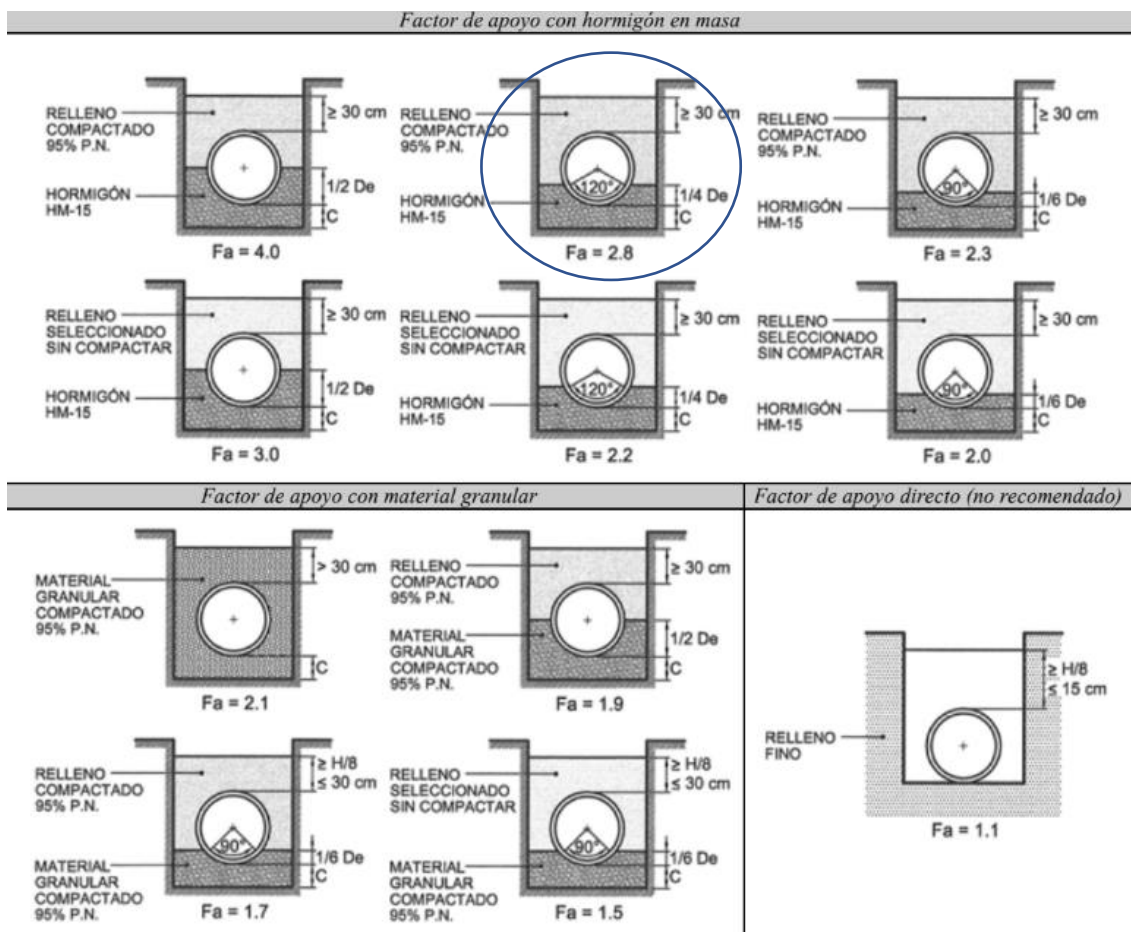


Ilustración 2: Factor de apoyo del hormigón en masa para conducciones de hormigón en zanja.

C espesor mínimo de cama de apoyo (m)	Suelo	Roca
DN<700	0,1	0,15
700<DN<1500	0,1	0,23
1500>DN	0,15	0,3

Tabla 28: cama de apoyo en función del material.

Tipo de apoyo	Ángulo de apoyo	Características relleno	Factor apoyo	Recubrimiento mín
Hormigón en masa HM-15	120º	compactado 95% PN	2,8	>=30 cm

Tabla 29: Valores del diseño mecánico.

	C	1/4 *DN	Recubrimiento
Tramo 1	0,1	0,2	mayor 0,3
Tramo 2	0,1	0,2	mayor 0,3
Tramo 3	0,1	0,2	mayor 0,3
Tramo A	0,1	0,2	mayor 0,3
Tramo B	0,1	0,275	mayor 0,3
Tramo C	0,1	0,325	mayor 0,3

Tabla 30: Valores del diseño mecánico.