



Anejo nº 15

RED DE SANEAMIENTO Y ALCANTARILLADO

AMPLIACIÓN SUR DEL PUERTO DEPORTIVO Y PESQUERO DE LAS CASAS DE
ALCANAR

Autor: Gonzalo Pardo Gómez

Índice

1. Introducción	3
2. Características de los materiales a utilizar	3
3. Condiciones del cálculo hidráulico	4
4. Cálculo hidráulico	5
5. Red de aguas pluviales	6
5.1. Descripción de los elementos	6
5.2. Cálculo de los canalones y las bajantes	7
5.3. Estimación del caudal de las aguas pluviales	8
5.3.1. Estimación de la precipitación máxima diaria	8
5.3.2. Cálculo de caudales	9
5.4. Dimensionamiento de la red	11
6. Red de aguas residuales	12
6.1. Estimación del caudal de las aguas residuales	12

Índice de imágenes

1. Imagen 1: Ángulo de la superficie mojada	6
---	---

Índice de tablas

1. Tabla 1: Diámetros normalizados de los colectores	4
2. Tabla 2: Superficie de los edificios	7
3. Tabla3: Sección de las bajantes	8
4. Tabla 4: Dimensionamiento de la red	12
5. Tabla 5: Valores del caudal para el cálculo	13
6. Tabla 6: Dimensionamiento de las tuberías	13
7. Tabla 7: Colector	13

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se diseñara la red de saneamiento y alcantarillado que se dispondrá en el puerto de Las Casas de Alcanar en su solución sur. Por ser la solución más adecuada se elige una red separativa para las aguas pluviales o aguas blancas y las aguas residuales o fecales y estas se canalicen por conducciones distintas. De esta manera conseguiremos un mayor control del las aguas residuales que llegan a la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) y un mejor funcionamiento del sistema, pudiendo ajustar las velocidades de funcionamiento de la red en todo momento.

El destino de los tipos de aguas es muy distinto, mientras que las aguas pluviales tienen como destino final desaguar al mar, las aguas fecales tienen que ser recolectadas en todo el puerto y ser reconducidas a la red perimetral existente donde se realizará el vertido.

Para el calculo de la red se tendrá en cuenta las correspondientes Normas Tecnológicas de la Edificación, NTE-ISA.

En el calculo de la red de saneamiento se tendrán en cuenta cuatro tipos de aguas:

- ✚ Las aguas residuales evacuadas por los edificios.
- ✚ Las aguas residuales evacuadas por las embarcaciones.
- ✚ Las aguas pluviales evacuadas por los edificios.
- ✚ Las aguas pluviales evacuadas de la zona terrestre.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A UTILIZAR

Para la realización de la red de saneamiento y alcantarillado se han seleccionado colectores y tuberías de PVC ya que presentan varias ventajas:

- ✚ Presentan una buena estanqueidad.
- ✚ Presentan una rapidez y facilidad de montaje frente a otro tipo de tuberías.
- ✚ La puesta en marcha de la instalación es inmediata una vez se ha realizado el montaje.
- ✚ Las reparaciones y sustituciones son más fáciles
- ✚ Reduce costes
- ✚ La superficie interior de la tubería es lisa lo que se traduce en una menor rugosidad.

- Las juntas elásticas permiten la absorción de las contracciones y dilataciones producidas en los tubos.
- Mayor capacidad para trasegar caudales

Las tuberías se colocaran en zanjas de 1 metro de ancho. La distancia entre la superficie y la clave del colector será de 1,20 metros. Las tuberías se colocaran sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor. Por el exterior de la tubería se dispondrá de un relleno que se compactará como mínimo hasta el 95% del ensayo Proctor Modificado.

Los colectores deberán tener un timbraje de clase SN4 o superior, con una rigidez mínima de 4 kN/m². En la siguiente tabla se acompañan los diámetros normalizados que utilizaremos, con sus correspondientes espesores y diámetros interiores.

Diámetro nominal (mm)	Espesor (mm)	Diámetro interior (mm)
160	4,0	152,0
200	4,9	190,2
250	6,2	237,6
315	7,7	299,6
400	9,8	380,4
500	12,3	475,4
630	15,4	599,2

Tabla 1: Diámetros normalizados de los colectores

Se calculará el diámetro interior ya que para la realización de cálculos es el que usaremos.

3. CONDICIONES DEL CALCULO HIDRÁULICO

Las velocidades a lo largo del colector tienen que asegurar:

Que el colector sea autolimpiante, es decir, que la velocidad que lleve el agua en el interior de la tubería sea suficiente para que no se depositen sólidos. Al ser una red separativa se exige una velocidad de 0,6 m/s para la red de colectores que transportan exclusivamente aguas residuales. Para los colectores que transportan aguas pluviales, la velocidad de circulación del caudal de agua asociado al chubasco cuyo período de retorno es de 2 años debe ser igual o superior a 0.9 m/s.

No se produce erosión. La velocidad máxima se establece en 4 m/s, cuando el caudal que circula por la conducción corresponde al chubasco cuyo período de

retorno es el de diseño del colector.

En cuanto a la fijación de un valor para el período de retorno de diseño, no existe ninguna normativa de uso general aplicable al respecto, aunque lo habitual es tomar 25 años. Así pues, se tomará un período de retorno de diseño de 25 años.

4. CALCULO HIDRÁULICO

Para el calculo hidráulico consideraremos que la sección trabaja a sección llena, por lo tanto usaremos la formula de manning para obtener la velocidad en el colector. La expresión será la siguiente:

$$V = \frac{1}{n} R_H^{2/3} \cdot \sqrt{i}$$

Donde:

- ✚ V: velocidad del colector funcionando a sección llena
- ✚ R_h : radio hidráulico, que es la sección que ocupa el agua dividido entre el perímetro mojado. Para secciones circulares como es nuestro caso, el radio hidráulico se calcula como $D/4$ siendo D el diámetro interior de la sección.
- ✚ i : Pendiente del colector en m/m.
- ✚ n : Valor del coeficiente de manning, en este caso para el PVC será de $n=0,010$.

Para calcular en una sección circular el diámetro necesario para poder evacuar un determinado caudal se utiliza la siguiente formula:

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

Estando el caudal en m^3 se obtiene un el diámetro en metros.

El caudal que se utilizará para la obtención del diámetro necesario en el colector será:

- ✚ Para la red de aguas pluviales se usara el caudal de correspondiente al periodo de retorno de diseño de la red.
- ✚ Para la red de aguas residuales se usara el caudal punta de las aguas residuales.

El diámetro elegido será el inmediatamente superior al conseguido en el cálculo de los diámetros comerciales.

Como se dijo anteriormente la velocidad del agua en el colector es una condición muy importante, esta será una de las comprobaciones a hacer en el colector. Para calcular la velocidad usaremos un sistema de dos ecuaciones que resolveremos por interpolación.

$$V = \frac{8 \cdot Q}{D^2 \cdot (\theta - \sin \theta)}$$

$$(\theta - \sin \theta)^5 - \theta \cdot \frac{8192}{D^8} \cdot \left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{i}} \right) = 0$$

Siendo θ el ángulo de la superficie mojada expresado en radianes.

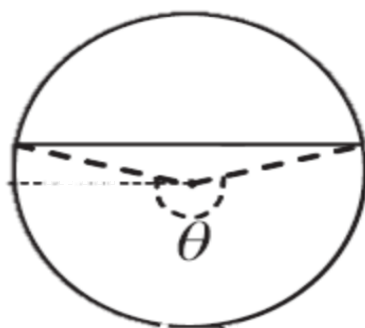


Imagen 1: Ángulo de la superficie mojada

5. RED DE AGUAS PLUVIALES

5.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS

Como dijimos anteriormente se adopta un sistema de red separativa que es el más adecuado para zonas con edificabilidad menor a 1 m³/m². Esto se da por ser una zona muy cercana al mar.

La recogida de las aguas pluviales se realizará con cunetines de hormigón, que estarán colocados junto a las aceras o los aparcamientos, con imbornales a ambos lados de los viales del puerto. Habrá pozos de registro en los cambios de pendiente o en los cambios de dirección, también los habrá en los puntos singulares del trazado o cuando la distancia sea mayor a 50 metros entre un pozo y el siguiente. Este sistema de evacuación es de elevada eficacia en espacios abiertos.

Los pantalanés en su caso no necesitan de sistemas de evacuación de aguas pluviales ya que la pendiente transversal de los mismos es suficiente para evacuar el

agua.

5.2. CÁLCULO DE LOS CANALONES Y LAS BAJANTES

Para la evacuación de las aguas pluviales por parte de los edificios se dispondrán de canalones y bajantes, estas estarán conectadas en su toma a tierra mediante unas arquetas con el sistema de conducción de la red bajo el nivel del suelo. Estas arquetas estarán normalizadas (NTE-ISS) y serán de 63x51. Los canalones serán de fibrocemento y el diámetro de los mismo se calculara para que haya un mínimo de 1 cm² de superficie de canalón por cada m² de superficie de recogida de agua, considerando que el canalón se coloca en todo el perímetro del edificio.

Las aguas pluviales se verterán por gravedad a los imbornales, y la que no sea recogida por estos será dirigida directamente al mar. Esta evacuación por gravedad es gracias a la pendiente del 1% que se a dotado a las diferentes superficies del puerto. Las zonas cercanas a los muelles carecen de red de recogida de aguas ya que la pendiente del 1% hace que viertan directamente al mar.

$$S_c = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \text{ (Semicirculo)}$$
$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot S_c}{\pi}}$$

La superficie de los edificios es la siguiente:

Edificio	Perímetro (m)	Superficie (m ²)	S _c (cm ²)	D _c (cm)
Bar	50	150	3.00	2.76
Tienda náutica	60	200	3.33	2.91
Restaurante+terraza	60	190	3.17	2.84
Capitanía	60	250	4.17	3.26
Club náutico	60	250	4.17	3.26
Escuela de vela y vestuarios	42	100	2.38	2.46
Lonja	77	330	4.29	3.30
Talleres y almacenes	150	450	3.00	2.76

Tabla 2: Superficie de los edificios

Las bajantes de fibrocemento también tendremos que calcular su sección con una formula similar:

$$S_B = 2 \cdot S_C = \frac{\pi \cdot D_B^2}{4}$$

$$D_B = \sqrt{\frac{4 \cdot S_B}{\pi}}$$

Edificio	S_C (cm ²)	S_B (cm ²)	D_B (cm)
Bar	3.00	6.00	2.76
Tienda náutica	3.33	6.67	2.91
Restaurante+terraza	3.17	6.33	2.84
Capitanía	4.17	8.33	3.26
Club náutico	4.17	8.33	3.26
Escuela de vela y vestuarios	2.38	4.76	2.46
Lonja	4.29	8.57	3.30
Talleres y almacenes	3.00	6.00	2.76

Tabla 3: Sección de las bajantes

5.3. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE LAS AGUAS PLUVIALES

Para el cálculo de los caudales a desaguar por la red de aguas pluviales utilizaremos el Método Racional Modificado, cuya expresión básica nos permite el cálculo del caudal a desaguar en un punto por la formula siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot K}{3,6}$$

Donde:

- ✚ Q: es el caudal a desaguar
- ✚ A: superficie de la cuenca en km²
- ✚ C: Coeficiente de escorrentía, es decir la relación entre el agua no retenida por el terreno y el agua de lluvia.
- ✚ I: Intensidad de la lluvia máxima correspondiente al periodo de retorno elegido y de duración igual al tiempo de concentración.
- ✚ K: Coeficiente que permite tener en cuenta la no uniformidad de la lluvia.

5.3.1. Estimación de la precipitación máxima diaria

Vamos a hacer una estimación de la precipitación máxima diaria a través de la serie monográfica del Ministerio de Fomento. En este estudio regional se utilizan métodos estadísticos para estimar la precipitación de una zona, y al no disponer

acceso a estaciones pluviométricas cercanas y tratarse de un acto académico lo estimaremos con este método.

El proceso operativo de obtención de los cuantiles para distintos periodos de retorno a partir de estos mapas es el siguiente:


1) Localización en los planos del punto geográfico deseado, en nuestro caso será la zona de Tarragona, más concretamente la localidad de las casa de Alcanar que corresponde al plano 4-3, perteneciente a Teruel.


2) Estimación mediante las Isolíneas representadas del coeficiente de variación C_v y del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual. El cas de Las casa de Alcanar no da un C_v de 0,46 ya que esta pegado a la costa, y un valor medio de P de 85mm.

3) Para el periodo de retorno deseado T y el valor de C_v , obtención del cuantil regional Y_t (también denominado “Factor de Amplificación K_T ” en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997), mediante el uso de la tabla 7.1. Con nuestro valor de C_v de 0,46, y un periodo de retorno de 2 y 25 años, obtenemos un valor de Y_t de 0,894 y 1,961 respectivamente.

4) Realizar (según se recoge en la expresión $X_t = Y_t \cdot \bar{P}$) el producto del cuantil regional Y_t por el valor medio P obteniéndose X_t , es decir, el cuantil local buscado (también denominado P_T en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997)

Los resultados obtenidos para los diferentes períodos de retorno serian los siguientes:

 2 años → $X_t = 0,894 \cdot 85 = 76 \text{ mm}$

 25 años → $X_t = 1,961 \cdot 85 = 167 \text{ mm}$

5.3.2. Calculo de caudales

Para el P_0 usaremos el libro “Proyectos y obras de urbanización : comentarios, legislación, jurisprudencia, consultas y formularios” de Antonio Cano Murcia que nos recomienda usar entre 2 y 5 mm para asfaltos hormigones y tejados. En este caso utilizaremos un valor de 4mm.

Para estimar el valor del coeficiente de escorrentía para los diferentes periodos de retorno utilizaremos la siguiente formula

$$C = \frac{\left(\left(\frac{P_D}{P_0}\right) - 1\right)\left(\left(\frac{P_D}{P_0}\right) + 23\right)}{\left(\left(\frac{P_D}{P_0}\right) + 11\right)^2}$$

El valor del coeficiente de escorrentía solo depende de la precipitación diaria máxima y del coeficiente de encharcamiento y para los diferentes periodos de retorno nos da valores de:

$$C(2) = 0,84$$

$$C(25) = 0,94$$

Para la obtención de I utilizaremos la siguiente formula:

$$I_T = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{\frac{28^{0,1} - D^{0,1}}{28^{0,1} - 1}}$$

Donde:

- ✚ It (mm/h): Intensidad media correspondiente al intervalo de duración D horas.
- ✚ Id (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación correspondiente al período de retorno considerado. Es igual a Pd/24.
- ✚ Pd (mm/día): Precipitación total diaria correspondiente al período de retorno considerado.
- ✚ I1/Id: Cociente entre la intensidad horaria y la diaria, independiente del período de retorno. Para la zona de Tarragona puede tomarse un valor de 11.

Para poder utilizar la expresión anterior necesitamos el valor del tiempo de concentración ya que es el tiempo en el que el caudal es máximo. El tiempo de concentración para zonas urbanizables se calculará con la siguiente formula y se elegirá el mayor de los recorridos posibles:

$$T_c = \left(\frac{L_0}{v} + 1,2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_i}\right) \cdot \frac{1}{60}$$

Donde:

- ✚ n: Número de tramos de colector situados aguas arriba del punto de desagüe.
- ✚ Li: Longitud de cada tramo de colector en metros.
- ✚ Vi: Velocidad de cada tramo de colector en m/s, calculada con la hipótesis de

flujo uniforme y a sección llena.

- ✚ L_0 : Longitud en metros desde el punto más alejado de la cuenca hasta el arranque del primer colector.
- ✚ V_0 : Velocidad en superficie en m/s. Puede aproximarse por la mitad de la velocidad del primer colector.

Como sabemos que los colectores trabajan mejor a sección llena que a sección parcial vamos a considerar un coeficiente de mayoración de 1,2.

Otra medida a tomar será que el tiempo de concentración no sea mayor a 10 minutos con el objetivo de que no se puedan producir chubascos muy intensos y de muy corta duración que hagan que se inunde la zona.

Como simplificación se va a considerar que el tiempo de concentración de todos los colectores es de 10 minutos, así reduciremos la cantidad de cálculos y nos pondremos del lado de la seguridad. Esta consideración la tendremos en cuenta siempre que los cálculos salgan de un orden de magnitud muy grande.

Por último tendremos que calcular el valor de K , que se calcula con la siguiente formula y el tiempo de concentración en horas:

$$K = 1 + \frac{T_C^{1,25}}{T_C^{1,25} + 14}$$

Considerando que el tiempo de concentración es de 10 minutos, el valor de K será el siguiente:

$$K = 1,0075$$

Ya con todos los valores de la formula y a falta de cada una de las áreas del puerto la expresión del caudal para los dos periodos de retorno calculado quedaría de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} Q(2) &= 22,13 \cdot A \\ Q(25) &= 54,43 \cdot A \end{aligned}$$

5.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

Las condiciones y el proceso de dimensionamiento para los colectores de la red son los anteriormente citados, y con esos vamos a dimensionar la red:

Colector	1	2	3	4	5
A(m²)	8600	6300	8100	9200	6400
Q25 (l/m)	468.10	342.91	440.88	500.76	348.35
i(%)	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
Dnec (mm)	363.15	323.15	355.09	372.46	325.07
Dint (mm)	237.6	237.6	237.6	237.6	237.6
DN (mm)	250	250	250	250	250
(rad)	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46
V25(m/s)	2.65	1.94	2.49	2.83	1.97
Q2(l/m)	190.318	139.419	179.253	203.596	141.632

Tabla 4: Dimensionamiento de la red

Con estos valores de caudal y de diámetro de la tubería, se irán sumando según las áreas que están dispuestas en el plano número 15. El colector de todas las áreas y la descarga a la red de aguas pluviales de Las Casas de Alcanar se realizará a la altura del muelle principal, ya que se encuentra ahí la acometida para la descarga de las mismas.

6. RED DE AGUAS RESIDUALES

Una vez diseñada la red de aguas pluviales, se procederá al diseño de las aguas residuales que tendrá como objeto evacuar las aguas de los diferentes edificios y de los barcos.

6.1. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE LAS AGUAS RESIDUALES

Para el cálculo de la red de aguas residuales se utilizará el consumo de agua potable. Pero este caudal medio no es aplicable directamente al diseño de la red de saneamiento, sino que esta red se debe diseñar con el caudal máximo instantáneo. No puede utilizarse el caudal punta de agua potable puesto que al estar funcionando en lámina libre se produce una laminación que disminuye dicho caudal punta.

Como se trata de un trabajo académico y a falta de datos utilizaremos la siguiente expresión para calcular el caudal punta de las aguas residuales, teniendo solo en cuenta el caudal medio de las aguas residuales en m³/h:

$$Q_{\max} = Q_{\text{med}} \cdot \left(1,15 + \frac{2,575}{Q_{\text{med}}^{0,25}} \right)$$

Vamos a utilizar unos valores de caudales para los diferentes edificios:

Edificio	Caudal medio en l/s	Caudal punta en l/s
Bar	15	36.88
Tienda Náutica	2	6.63
Restaurante	15	36.88
Capitanía y club náutico	4	11.88
Escuela de vela y vestuarios	8	21.44
Lonja	2	6.63
Talleres y amarres	5	14.36

Tabla 5: Valores del caudal para el cálculo

Para el dimensionamiento de las tuberías usaremos una pendiente del 0,5%.

Edificio	Caudal punta	Diámetro	DN	Rad	Velocidad
Bar	36.88	0.215655567	250	3.551021171	1.195369185
Tienda Náutica	6.63	0.1133135	160	2.897168949	0.780316753
Restaurante	36.88	0.215655567	250	3.551021171	1.195369185
Capitanía y club náutico	11.88	0.141016602	160	3.64691152	0.898693246
Escuela de vela y vestuarios	21.44	0.175963817	200	3.638838131	1.041827495
Lonja	6.63	0.1133135	160	2.897168949	0.780316753
Talleres y amarres	14.36	0.151407363	160	4.03983273	0.930618007

Tabla 6: Dimensionamiento de las tuberías

Como podemos comprobar todas las velocidades son mayores a 0.6 m/s para que la tubería sea autolimpiante, y menor que 4 m/s que era la limitación de velocidad.

Todas las tuberías conectarán con un colector central que recogerá todas las aguas residuales.

Colector	Caudal	Diametro	DN	Rad	Velocidad
total	134.7	0.350531401	400	3.620626975	1.650108664

Tabla 7: Colector

