



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio básico de soluciones para el saneamiento de
Titaguas (Valencia).

Presentado por

Martínez Bellido, Elena

Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil

Curso: 2018/2019

Fecha: Septiembre 2019

Tutor: Marco Segura, Juan Bautista





TRABAJO FIN DE GRADO.

DOCUMENTO N.º1: MEMORIA.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR: JUAN BAUTISTA MARCO SEGURA

AUTOR: ELENA MARTÍNEZ BELLIDO

CURSO: 2018-2019

FECHA: SEPTIEMBRE 2019



Índice.

1.	Introducción al Trabajo de Final de Grado.....	5
2.	Introducción.....	6
2.1.	Objetivo y alcance.....	6
2.2.	Localización.....	6
3.	La problemática del saneamiento en Titaguas.....	7
4.	Geología, geomorfología.....	9
4.1.	Geología.....	9
4.2.	Geomorfología.....	10
5.	Urbanismo.....	11
5.1.	Demografía.....	12
5.2.	Economía.....	12
5.3.	Conclusión.....	12
6.	Hidrología.....	13
7.	Estudio de soluciones.....	17
7.1.	Introducción.....	17
7.2.	Materiales.....	18
7.3.	Soluciones.....	18
7.3.1.	Solución 1.....	19
7.3.2.	Solución 2.....	20
7.3.3.	Solución 3.....	21
8.	Elección de la solución propuesta.....	22
9.	Diseño y cálculo hidráulico.....	24
9.1.	Objetivo.....	24
9.2.	Tipología de red.....	24
9.3.	Subcuencas.....	25
9.4.	Cálculo de caudales.....	26
9.5.	Velocidad y llenado de las conducciones.....	28
9.6.	Diámetros.....	28
9.7.	Pendiente.....	29
9.8.	Velocidades.....	30
9.9.	Otros elementos.....	30
9.10.	Dimensionamiento mecánico.....	31



10.	Análisis económico.....	33
11.	Conclusiones del Trabajo de Final de Grado.....	34
12.	Referencias bibliográficas.....	35

Índice documental.

ANEJOS.

- ANEJO 1: Geología y geomorfología.
- ANEJO 2: Urbanismo.
- ANEJO 3: Hidrología.
- ANEJO 4: Estudio de soluciones.
- ANEJO 5: Diseño de la red.
- ANEJO 6: Análisis económico.

PLANOS

1. Situación y emplazamiento.
 1. Situación y emplazamiento.
2. Planta general.
 - 2.1. Planta general tramos de la conducción.
 - 2.2. Planta general ubicación pozos y depuradora.
 - 2.3. Planta general ubicación pozos.
3. Perfiles.
 - 3.1. Perfil longitudinal tramo 1.
 - 3.2. Perfil longitudinal tramo 2.
 - 3.3. Perfil longitudinal tramo 3.
 - 3.4. Perfil longitudinal tramo A.
 - 3.5. Perfil longitudinal tramo B.
 - 3.6. Perfil longitudinal tramo C.



4. Secciones tipo.
 - 4.1. Sección colector en zanja.
 - 4.2. Sección pozo de registro tipo 3.
 - 4.3. Sección pozo de registro tipo 4.
 - 4.4. Sección pozo de registro tipo 6.

Índice de ilustraciones

- Ilustración 1: Localización de Titaguas en la Comunidad Valenciana.
- Ilustración 2: Comarca de Los Serranos.
- Ilustración 3: Problemática de la red de saneamiento.
- Ilustración 4: Litología de la Comarca de Los Serranos.
- Ilustración 5: Geomorfología de la Comarca de Los Serranos.
- Ilustración 6: Zona urbanizada de Titaguas.
- Ilustración 7: Características estación meteorológica.
- Ilustración 8: Mapa de isolíneas de valor regional del Cv.
- Ilustración 9: Ecuación de la curva IDF.
- Ilustración 10: Mapa del saneamiento de Titaguas, en rojo las zonas de mal funcionamiento de la red.
- Ilustración 11: Solución propuesta número 1.
- Ilustración 12: Solución propuesta número 2.
- Ilustración 13: Solución propuesta número 3.
- Ilustración 14: Distribución de las subcuencas hidrográficas.
- Ilustración 15: Red de saneamiento por diámetros.
- Ilustración 16: Factor de apoyo de colector en zanja.

Índice de tablas

- Tabla 1: Resultados precipitación total diaria para T.
- Tabla 2: Intensidad media diaria de precipitación.
- Tabla 3: Parámetros y resultados relativos al tiempo de concentración.
- Tabla 4: Leyenda de solución propuesta 1.
- Tabla 5: Leyenda de solución propuesta 2.
- Tabla 6: Leyenda de solución propuesta 3.

- Tabla 7: Coste de excavación y tubo tramos 1, 2 y 3.
- Tabla 8: Coste de excavación y tubo solución 1.
- Tabla 9: Coste de excavación y tubo solución 2.
- Tabla 10: Coste de excavación y tubo solución 3.
- Tabla 11: Leyenda subcuencas hidrográficas.
- Tabla 12: Intensidad media de la precipitación correspondiente al tiempo de cierre.
- Tabla 13: Coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno.
- Tabla 14: Caudales de las subcuencas.
- Tabla 15: Caudales de los tramos de la solución 1.
- Tabla 16: Diámetros normalizados de los colectores.
- Tabla 17: Leyenda diámetros.
- Tabla 18: Pendiente de colectores.
- Tabla 19: Velocidades máximas y mínimas.
- Tabla 20: Tipo de pozos en función del diámetro incidente y su altura.
- Tabla 21: Fuerza total que actúa sobre los colectores.
- Tabla 22: Valores del diseño mecánico.

Índice de gráficas.

- Gráfica 1: Evolución demográfica.
- Gráfica 2: Curvas IDF
- Gráfica 3: Hietograma para periodo de retorno 2 años.
- Gráfica 4: Hietograma para periodo de retorno 25 años.



1. Introducción al Trabajo de Final de Grado.

Para la obtención del Grado de Ingeniería Civil, se realiza el presente Trabajo de Fin de Grado (TFG), que consiste en el estudio de las posibles soluciones a efectuar en el municipio de Titaguas, con el objetivo de resolver los problemas actuales en la red de saneamiento.

En concreto, este estudio se centra en los tramos finales de la red, donde la capacidad de los colectores no es suficiente para evacuar las aguas pluviales, en episodios de intensas precipitaciones, provocando de esta forma inundaciones en algunas zonas.

Este trabajo se centrará en realizar el estudio de distintas propuestas basándose en conceptos relacionados con lo estudiado en la asignatura de Hidráulica e hidrología, además de distintas materias fuera de lo estudiado durante el Grado de Ingeniería Civil, de manera que se fuerza al alumno a realizar un aprendizaje continuo durante la elaboración de este documento.

Finalmente, agradecer al Profesor Juan Bautista Marco Segura su trabajo como tutor, por la ayuda, experiencia y consejos prestados durante la realización del presente TFG.

2. Introducción.

2.1. Objetivo y alcance.

La finalidad con la que se realiza este trabajo es proporcionar una solución que mejore el estado actual de la red de saneamiento en el municipio de Titaguas, planteando distintas modificaciones para asegurar que la capacidad de la red de saneamiento sea suficiente para la evacuación de las aguas pluviales.

Para poder desarrollar el objetivo de este trabajo, es necesario un estudio más amplio del problema, de forma que se pueda obtener una solución de manera coherente. Por tanto, se debe llevar a cabo un estudio de la intensidad de precipitación para distintos periodos de retorno, también se debe conocer el tipo de terreno sobre el cual se debe actuar, conocer en profundidad el estado y el trazado actual de la red, así como, su posible afección a espacios protegidos.

Este estudio propone variaciones en el trazado y diseño de la red, en concreto en los tramos de colectores principales, dejando los tramos secundarios sin ninguna modificación. A su vez añade la construcción de un tanque de tormentas de forma que, se separan las aguas contaminadas antes de su vertido, conduciéndolas a la depuradora.

2.2. Localización.

El problema a estudiar se localiza en Titaguas, una zona con baja densidad demográfica y una orografía muy abrupta a rasgos generales. Su altitud oscila alrededor de los 800 y los 850 metros.

El municipio se encuentra en el interior de la Comunidad Valenciana, concretamente en la Comarca de Los Serranos. La Comarca limita al este con el Campo Turia, al sur con las comarcas de Plana de Utiel-Requena y la Hoya de Buñol, al oeste la provincia de Cuenca, y al norte el Alto Palancia.

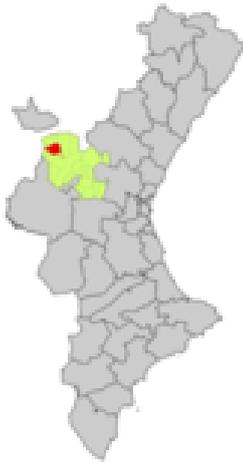


Ilustración 1: Localización de Titaguas en la Comunidad Valenciana.

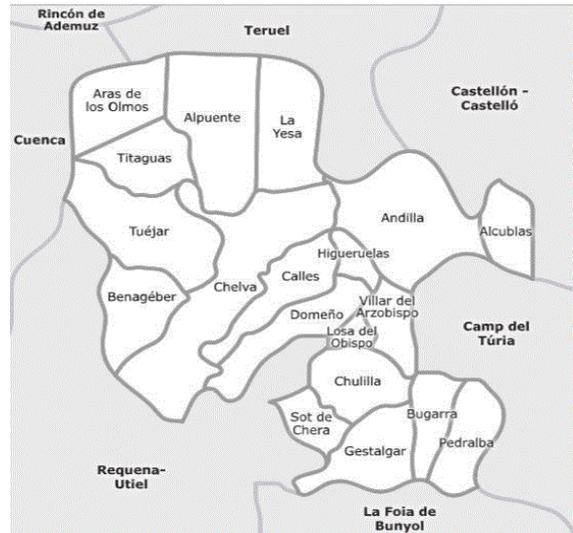


Ilustración 2: Comarca de Los Serranos.

3. La problemática del saneamiento en Titaguas.

El motivo principal por el cual se plantean las actuaciones es, la falta de capacidad en algunos tramos de la red principal de saneamiento. Es necesario destacar que se trata de una red de saneamiento separativa.

La red de saneamiento del municipio se puede dividir en una red principal y otra secundaria. En la red principal se recoge el agua pluvial, que se transporta hasta su evacuación en la acequia de la puentecilla, y finalmente desemboca en el barranco del Hondón, localizado a las afueras del municipio. En el caso de la red secundaria, al tratarse de un municipio de grandes pendientes y extensión reducida, no presenta importantes problemas de saneamiento.

Por tanto, los problemas se encuentran concentrados en los tramos pertenecientes a la red de saneamiento principal, estos problemas se producen en el momento de la evacuación de aguas pluviales, cuando se trata de periodos de lluvias de gran intensidad.

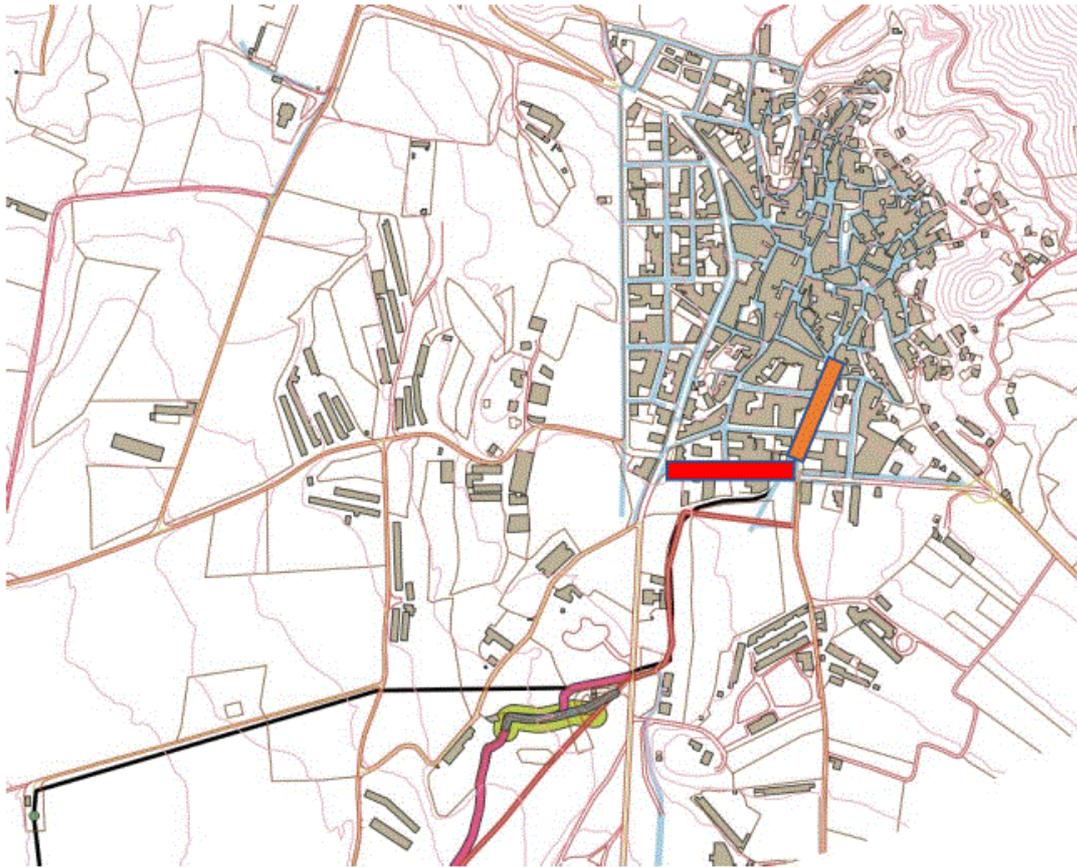


Ilustración 3: Problemática de la red de saneamiento.

En la red principal, concretamente en el tramo que discurre por la carretera de Alpuente (Tramo en color rojo en la *Ilustración 3*), se observa que la capacidad del colector actual no es la suficiente, por lo que no permite la evacuación necesaria en periodos de lluvias intensas, provocando inundaciones donde se ven afectados tanto tramos de carretera, como viviendas y comercios de la zona.

A causa de la falta de capacidad del colector anterior, también se originan problemas en el colector que se ubica en la calle Tiro de Barra (Tramo en color naranja en la *Ilustración 3*), que finaliza en su confluencia con el colector de la carretera de Alpuente.

4. Geología, geomorfología.

4.1. Geología.

La comarca de Los Serranos es un espacio geográfico que se caracteriza por la abundancia de materiales duros en altitud, los materiales más habituales son dolomías y calizas.

Estos materiales forman un paisaje montañoso. Por el contrario, en la parte noroccidental se encuentran superficies más llanas, constituidas por materiales más dúctiles que forman ondulaciones.

A lo largo de la comarca la litología es variada. El municipio de Titaguas se caracteriza principalmente por rocas sedimentarias como lo son las areniscas, también se dispone de gran cantidad de feldespatos y cuarzo, y por último arcillas.

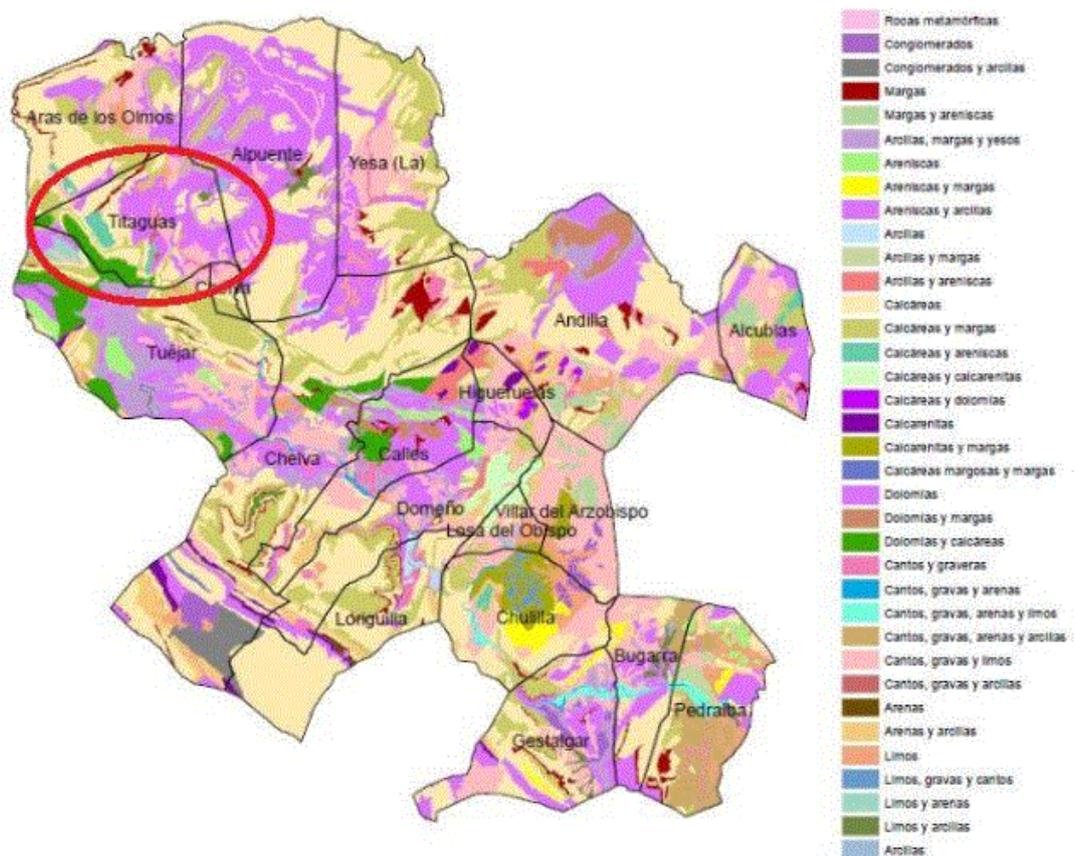


Ilustración 4: Litología de la Comarca de Los Serranos.

4.2. Geomorfología.

En la comarca existe presencia de gran cantidad de roca permeable debido a la presencia de acuíferos, pero concretamente en el municipio de Titaguas, se aprecia el dominio de terreno fuertemente ondulado, así como distintos tipos de laderas, unas muy acentuadas y otras moderadas, también terrenos montañosos con grandes desniveles.

En cuanto a la erosión y la pendiente, Titaguas por lo general presenta una baja erosión, concentrando en las laderas de las montañas las zonas de mayor erosión

Por lo que respecta al desprendimiento y deslizamiento, en el municipio de Titaguas se pueden observar algunos puntos de desprendimiento y deslizamiento cerca de los núcleos de población, ya que históricamente los asentamientos se situaban al abrigo de las laderas.

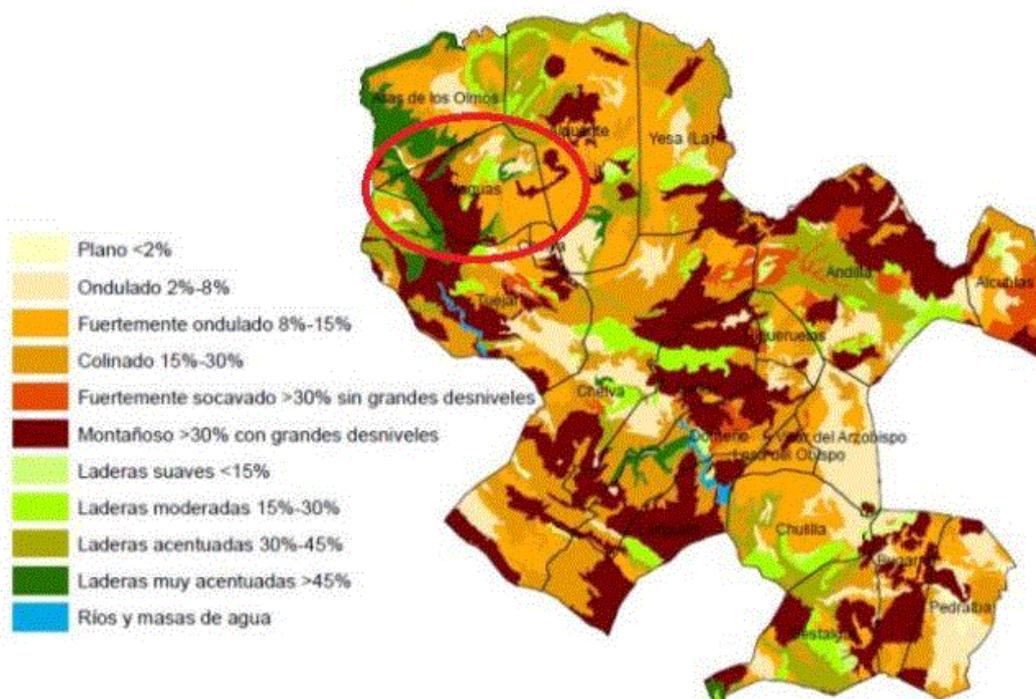


Ilustración 5: Geomorfología de la Comarca de Los Serranos.

5. Urbanismo.

El planeamiento vigente en el municipio de Titaguas es de tipo HOMONNSS, fue aprobado el 26 de noviembre de 1999.

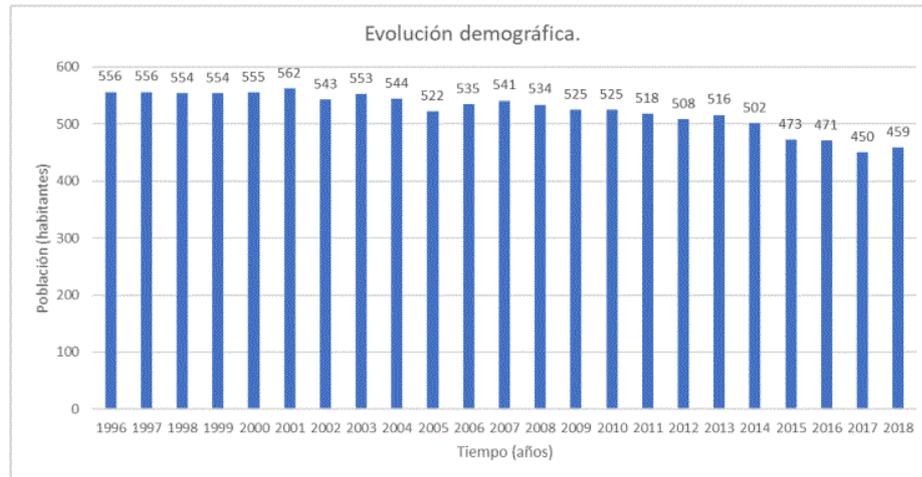
A continuación, se van a exponer a grandes rasgos las características del municipio relativas a la demografía y economía. De forma que se pueda obtener una visión de futuro acerca del urbanismo en el municipio.



Ilustración 6: Zona urbanizada Titaguas.

5.1. Demografía.

En lo referente a la demografía, se observa que se trata de un núcleo rural pequeño, con una tendencia decreciente, se puede apreciar que desde el año 2015 la población no supera los 500 habitantes. Por lo tanto, no se prevé crecimiento. Cabe destacar que en temporada estival y durante los periodos vacacionales, la población se triplica.



Gráfica 1: Evolución demográfica.

5.2. Economía.

La economía es esencialmente agrícola. El secano produce cereales, vino y almendras; las huertas, patatas, judías y verduras en general. Es muy importante la riqueza ganadera en porcino, lanar y caza. La industria está representada por fábricas de mantecados y de transformación agrícola en general, destacando la Cooperativa Agrícola 'Santa Barbara' que elabora el vino con la subdenominación de origen 'Alto Turia' y la bodega Polo Monleón.

5.3. Conclusión.

En caso de ejecutar la solución estudiada, no se verá afectado ningún bien protegido, ni el entorno ni el medio ambiente, tampoco reservas para especies en peligro de extinción o cañadas.

A partir de los apartados anteriores es posible concluir que, al realizar la solución estudiada, se dispondrá de capacidad de red suficiente para evacuar el municipio, ya que no se prevé un crecimiento urbanístico en él.

6. Hidrología.

Se plantea el cálculo de una tormenta de diseño correspondiente a los periodos de retorno de 2 y 25 años.

La base de datos utilizada ha sido la proporcionada por AVAMET, ya que posee estación meteorológica en Titaguas.

FICHA TÉCNICA ESTACIÓN METEOROLÓGICA	
Municipio	Titaguas
Ubicación	Cosmofísica
Comarca	La Serranía
Provincia	Valencia
Posición geográfica	39º 52' 0,12" N, 01º 5' 0,96" W
Altitud	12 m
Propietario	AVAMET
Modelo	Devis Vantage Vue 

Ilustración 7: Características estación meteorológica.

Para la ejecución de los cálculos, se ha empleado el método regional y se ha seguido lo establecido en el *Manual de Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular, Dirección general de Carreteras*.

En primer lugar, se han obtenido los valores del coeficiente de variación a través del mapa de isolíneas .

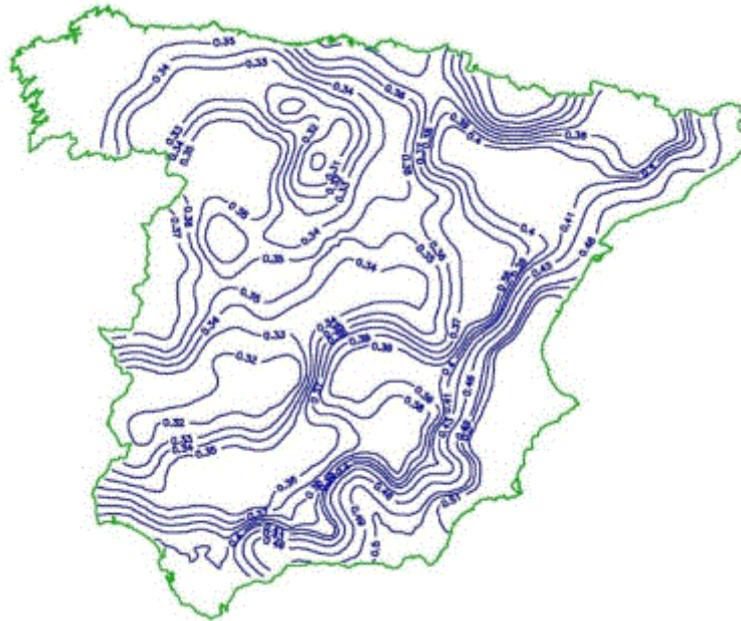


Ilustración 8: Mapa de isolíneas de valor regional del Cv.

Habiendo obtenido el coeficiente de variación, y las coordenadas UTM se procede a la localización del punto de estudio. Desde este punto, se realizarán los cálculos correspondientes a los periodos de retorno citados anteriormente, 2 y 25 años, obteniendo la tabla resumen que se adjunta a continuación.

Periodo de retorno	25 años	2 años
Valor medio p' (mm/día)	52	52
Cv	0.44	0.44
Yt	1.915	0.898
Pd (mm/día)	99.6	46.7

Tabla 1: Resultados precipitación total diaria para T.

Teniendo en cuenta los valores de la tabla anterior, se puede proceder al cálculo de la intensidad media diaria de precipitación, la cual nos da los siguientes valores.

	T 2 años	T 25 años
Id (mm/h)	1.95	4.15

Tabla 2: Intensidad media diaria de precipitación.

A continuación, se calcula el tiempo de concentración, que se define como: tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca, estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, de desagüe o de cierre.

Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de una cuenca el agua que procede del punto más alejado hidrológicamente y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo máximo.

Para el cálculo del tiempo de concentración, es necesario conocer algunas de las características de la cuenca en la que se va a trabajar, estas características son, la longitud del cauce principal (L), la pendiente media del cauce principal (J) y (H) que es la diferencia de cota entre el punto más alejado y el punto de desagüe.

Es necesario destacar que Titaguas se ha dividido en tres subcuencas, como se desarrollará más adelante.

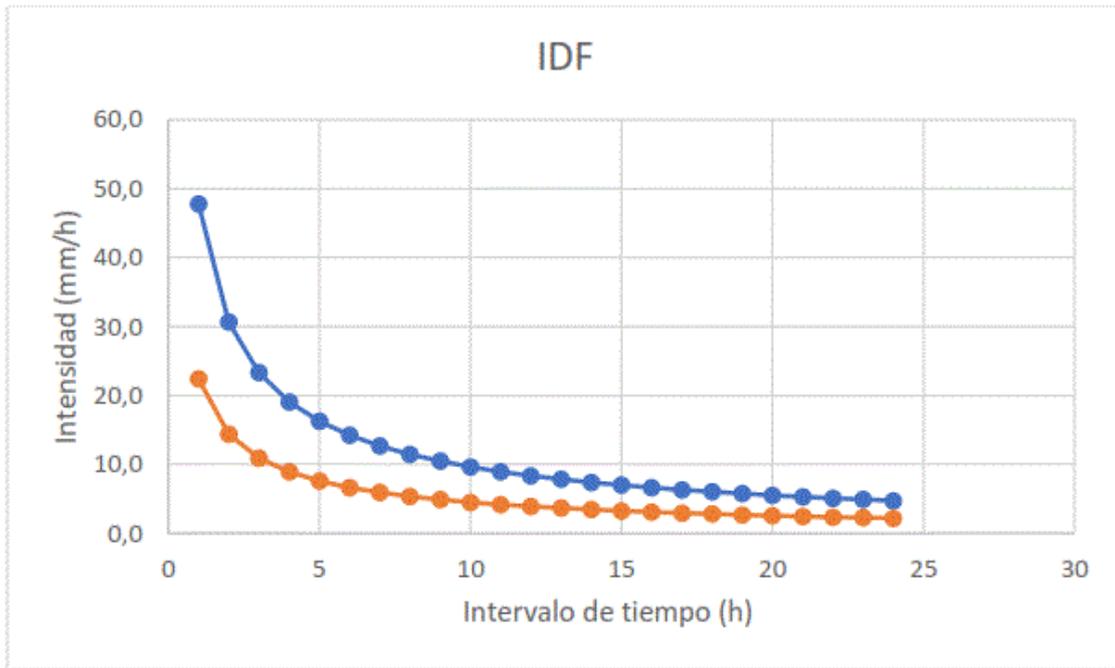
	L(m)	L(Km)	H(m)	J	Tc(h)
Subcuenca 1	584,7	0,6	29,0	0,0	0,353
Subcuenca 2	505,5	0,5	36,0	0,1	0,295
Subcuenca 3	477,8	0,5	25,4	0,1	0,299

Tabla 3: Parámetros y resultados relativos al tiempo de concentración.

Tras la obtención del valor del tiempo de cierre más desfavorable y las intensidades de precipitación, se calcula la ecuación de la curva IDF para cada periodo de retorno.

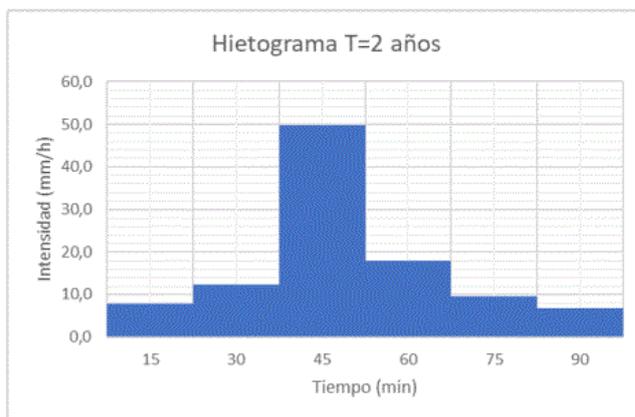
T=25	T=2
$i(t_c)_T = 4,15 * 11,5 \frac{28^{0,1-t_c^{0,1}}}{28^{0,1}-1}$	$i(t_c)_T = 1,95 * 11,5 \frac{28^{0,1-t_c^{0,1}}}{28^{0,1}-1}$

Ilustración 9: Ecuaciones de la curva IDF.

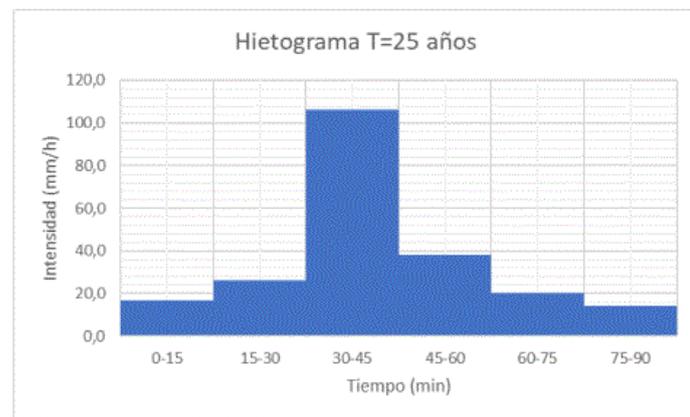


Gráfica 2: Cuervas IDF

Finalmente se realiza el hietograma de proyecto, con una tormenta modelo duración 90 minutos y con discretización de 15 minutos.



Gráfica 3: Hietograma para periodo de retorno 2 años.



Gráfica 4: Hietograma para periodo de retorno 25 años.

7. Estudio de soluciones.

7.1. Introducción.

Como se ha expuesto en el apartado 3, 'Problemática del saneamiento en Titaguas', existen ineficiencias en la red de saneamiento, que no permiten una correcta evacuación de las aguas pluviales en ocasiones de intensas precipitaciones.

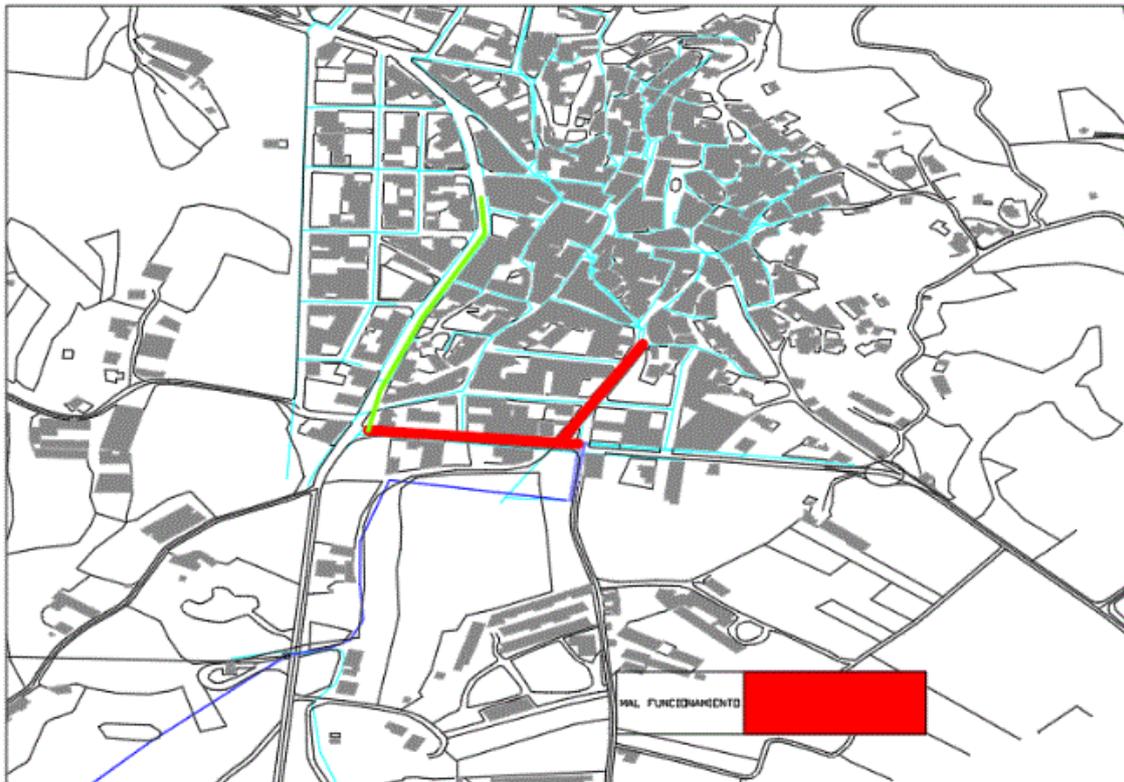


Ilustración 10: Mapa del saneamiento de Titaguas, en rojo zonas de mal funcionamiento de la red.

Para resolver los problemas actuales, se debe modificar el trazado, y si es necesario, la pendiente con la que discurren los colectores y las dimensiones de los mismos. Finalmente ejecutar un tanque de tormentas.

7.2. Materiales.

Para las soluciones propuestas, el material utilizado será el hormigón armado, debido a su gran capacidad portante, lo que provoca una muy poca dependencia en la forma de colocación, a la resistencia al deterioro físico, resistencia a los procesos de limpieza y poca afectación por abrasión, a la estabilidad, ya que su propio peso mantiene el tubo en la posición adecuada, a su estabilidad térmica, resistencia al fuego a las acciones de los rayos UVA y a las altas temperaturas, a la seguridad, garantiza su estanqueidad, a su sostenibilidad, se realizan con sustancias naturales no perjudiciales, y finalmente a su coste económico, tiene una durabilidad un 40% superior a la de las tuberías plásticas.

Los tubos elegidos varían en su diámetro dependiendo del caudal en cada tramo, al igual que las velocidades y la pendiente.

Por último, también se dispondrá de un tanque de tormentas, se trata de una estructura hidráulica destinada a regular caudales en los periodos de lluvia y posteriormente evacuarlos, con dos posibles objetivos: reducir los vertidos al medio, o evitar inundaciones aguas abajo.

7.3. Soluciones.

En el *anejo 4 Soluciones Propuestas* se profundiza en la explicación de cada solución y se presentan los perfiles longitudinales de cada tramo, de forma que se puede comparar la diferencia de diámetro, longitud o volumen de excavación.

Durante el planteamiento de las siguientes tres soluciones posibles, se mantiene los tramos principales (Tramos 1, 2 y 3) iguales para a las tres, por tanto. el resto de los tramos serán los que definan cuál de las soluciones es finalmente la adecuada.

A continuación, se plantearán tres posibles soluciones para el problema actual, posteriormente se compararán económicamente, teniendo en cuenta los gastos relacionados con la excavación, la longitud y el diámetro de cada tubo.

7.3.1. Solución 1.



Ilustración 11: Solución propuesta número 1.

TRAMO	LONGITUD(m)	DIÁMETRO(m)	CAUDAL(m ³ /s)		
1	181,2000	0,8000	0,9100		TANQUE DE TORMENTA
2	187,2000	0,8000	1,4400		
3	106	0,8000	1,3500		
A	148,7000	0,8000	1,3500		
B	73	1,1000	2,7800		
C	128,4000	1,3000	3,4400		
Emisario	880				
Red Pluvial	811	1,3000			

Tabla 4: Leyenda solución propuesta 1.

En la solución 1 se puede observar como el tramo de la Carretera de Alpuente, o tramo A de color cian, cambia su sentido de evacuación con respecto a su situación actual.

Anteriormente, ese tramo se encontraba a contrapendiente, por el contrario, siguiendo la solución planteada, el tramo se ejecutaría a favor de la pendiente, con lo que se facilita y se reduce el trabajo de excavación y su coste.

7.3.2. Solución 2.

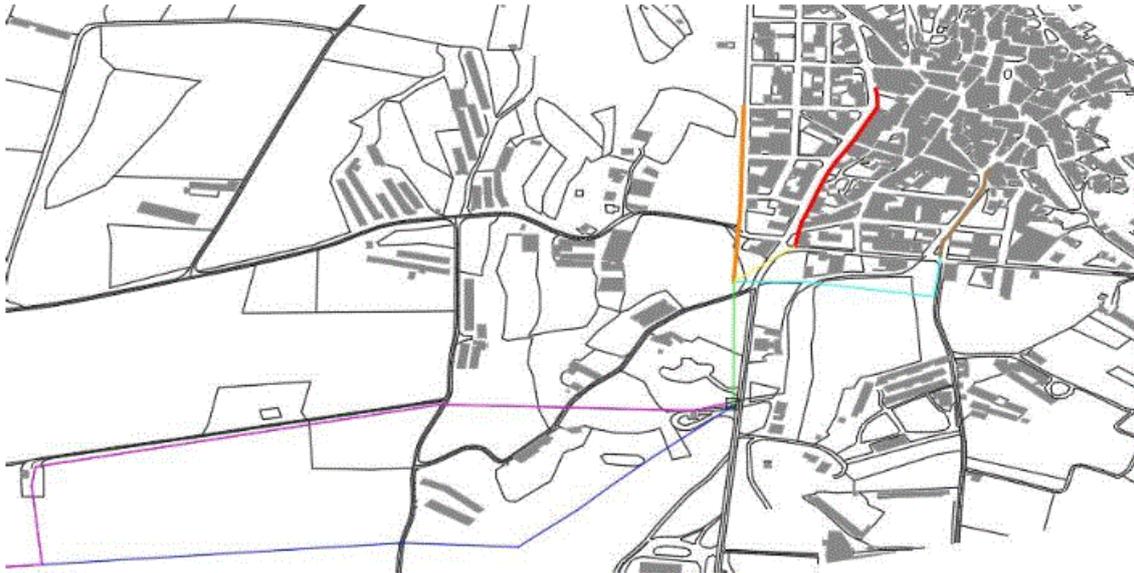


Ilustración 12: Solución propuesta número 2.

TRAMO	LONGITUD(m)	DIÁMETRO(m)	CAUDAL(m ³ /s)		
1	181,2000	0,8000	0,9100		TANQUE DE TORMENTA
2	187,2000	0,8000	1,4400		
3	106	0,8000	1,3500		
D	246,5000	0,8000	1,3500		
E	73	0,8000	1,4400		
F	128,3600	1,3000	3,4400		
Emisario	880				
Red Pluvial	811	1,3000			

Tabla 5: Leyenda solución propuesta 2.

En la solución 2, se plantea realizar trazados distintos para los caudales provenientes de cada colector principal y, posteriormente hacerlos coincidir en el mismo punto, desde el cual se ejecuta un único tramo hasta el tanque de tormentas.

7.3.3. Solución 3.



Ilustración 13: Solución propuesta número 3.

TRAMO	LONGITUD(m)	DIÁMETRO(m)	CAUDAL(m ³ /s)		☐
1	181,2000	0,8000	0,9100		TANQUE DE TORMENTA
2	187,2000	0,8000	1,4400		
3	106	0,8000	1,3500		
G	274,0000	0,8000	1,3500		
H	73	0,8000	1,4400		
I	45,0000	1,0000	2,2000		
J	81,3000	1,3000	3,4400		
Emisario	880				
Red. Pluvial	811	1,3000			

Tabla 6: Leyenda solución propuesta 3.

En la solución 3, se plantean cuatro tramos (G, H, I, J), a diferencia de en el resto de las soluciones, donde el problema se resuelve en tres tramos.

8. Elección de la solución propuesta.

Se realiza una comparación económica de las distintas soluciones, como muestran las tablas a continuación.

TRAMOS 1, 2, 3	Subcuenca 1	Subcuenca 2	Subcuenca 3	Total (€)
Área (m)	401,9	475	232,6	
Profundidad (m)	1,23	1,23	1,23	
Volumen (m ³)	494,34	584,25	286,10	
D tubo (m)	0,8	0,8	0,8	
Material	H.armado	H.armado	H.armado	
Longitud (m)	181,2	187,2	106	
Precio unitario excavación (€/ud)	8,37	8,37	8,37	
Coste excavación (€)	4137,60	4890,17	2394,64	11422,41
Precio ML tubo (€/ml)	30,65	30,65	30,65	
Coste tubo (€)	5553,78	5737,68	3248,90	14540,36
				25962,77

Tabla 7: Coste excavación y tubo tramos 1, 2 y 3.

SOLUCIÓN 1	A	B	C	Total (€)
Área (m)	333,11	188,64	365,45	
Profundidad (m)	1,23	1,6675	1,96	
Volumen (m ³)	409,73	314,56	716,28	
D tubo (m)	0,8	1,1	1,3	
Material	H.armado	H.armado	H.armado	
Longitud (m)	148,7	73	128,36	
Precio unitario excavación (€/ud)	8,37	8,37	8,37	
Coste excavación (€)	3429,40	2632,84	5995,28	12057,52
Precio ML tubo (€/ml)	30,65	58,15	90	
Coste tubo (€)	4557,66	4244,95	11552,40	20355,01
				32412,53

Tabla 8: Coste excavación y tubo solución 1.

SOLUCIÓN 2	D	E	F	Total (€)
Área (m)	546,4	164,34	365,45	
Profundidad (m)	1,23	1,23	1,96	
Volumen (m ³)	672,07	202,14	716,28	
D tubo (m)	0,8	0,8	1,3	
Material	H.armado	H.armado	H.armado	
Longitud (m)	246,5	73	128,36	
Precio unitario excavación (€/ud)	8,37	8,37	8,37	
Coste excavación (€)	5625,24	1691,90	5995,28	13312,42
Precio ML tubo (€/ml)	30,65	30,65	90	
Coste tubo (€)	7555,23	2237,45	11552,40	21345,08
				34657,49

Tabla 9: Coste excavación y tubo solución 2.

Sol 3	G	H	I	J	Total (€)
Área (m)	616	164,34	106,77	246,21	
Profundidad (m)	1,23	1,23	1,5225	1,96	
Volumen (m ³)	757,68	202,14	162,56	482,57	
D tubo (m)	0,8	0,8	1	1,3	
Material	H.armado	H.armado	H.armado	H.armado	
Longitud (m)	274	73	45	81,3	
Precio unitario excavación (€/ud)	8,37	8,37	8,37	8,37	
Coste excavación (€)	6341,78	1691,90	1360,60	4039,12	13433,41
Precio ML tubo (€/ml)	30,65	30,65	44,3	90	
Coste tubo (€)	8398,10	2237,45	1993,50	7317,00	19946,05
					33379,46

Tabla 10: Coste de excavación y tubo solución 3.

Mediante las tablas es posible observar que la solución 2 es la de mayor coste general, en cambio en la solución 1 se tiene menor coste en cuanto a excavación, y en la solución 3 se requiere el mínimo presupuesto para tubos de hormigón armado.

Obteniendo la aproximación de los costes totales referentes a excavación y a longitud de tubos, la solución 1 es la mejor económicamente. Por lo tanto, es la que se desarrollará en los siguientes apartados.

9. Diseño y cálculo hidráulico.

9.1. Objetivo.

El objetivo final de la ejecución de los cálculos hidráulicos es la posibilidad de determinar, de forma correcta, la elección de cada diámetro de tubo, así como, del material a emplear, la velocidad de flujo del agua, la pendiente de los colectores y la localización y tipología de los pozos de registro.

Para la ejecución de estos cálculos se tendrá en cuenta 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*.

9.2. Tipología de 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, en este caso se trata de 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.

El diseño se ejecuta para la red pluvial, que en este caso funciona por gravedad en lámina libre.

El trazado se realiza de la forma más recta posible aprovechando la orografía, discurrendo 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.

9.3. Subcuencas.

El municipio ha quedado dividido en tres subcuencas a la hora de realizar el diseño de la red, como se muestra en la siguiente ilustración.

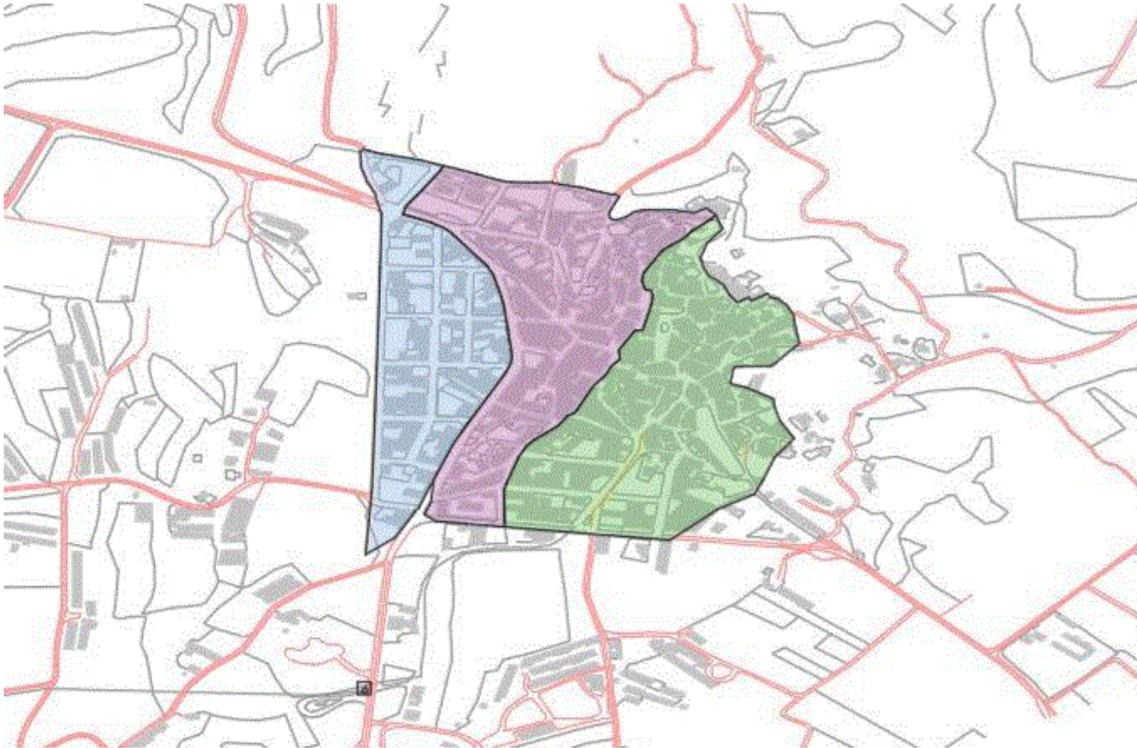


Ilustración 14: Distribución de las subcuencas hidrográficas.

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 11: Leyenda subcuencas hidrográficas.

9.4. Cálculo de caudales.

Mediante el método racional se calculan los caudales de cada una de las subcuencas determinadas anteriormente.

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

Para lo que se necesita conocer: el valor del coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o de la superficie drenada (C_e), la intensidad media de la precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo de tiempo de t horas (I_t), el área de la superficie drenada (A), y finalmente el coeficiente representativo del grado de uniformidad de reparto de escorrentía (K), el cual en este caso es 1 debido al tamaño reducido de las superficies drenadas.

Obtenidos los tiempos de concentración y calculada la ecuación de la curva IDF, (*Ilustración 9 Ecuaciones de la curva IDF*), es posible calcular la intensidad media de precipitación correspondiente al tiempo de concentración, como se muestra a continuación.

		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 12: Intensidad media de la precipitación correspondiente al tiempo de cierre.

El coeficiente de escorrentía se calcula en función del tipo de superficie, en este caso se trata de un área urbana, por lo tanto, los valores son los siguientes:

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 13: Coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno.

Finalmente, con todos los datos anteriores se puede realizar el cálculo de los caudales, que toman el valor que se muestra a continuación.

	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 14: Caudales de las subcuencas.

Para calcular los caudales de los tramos de la solución, es necesario aplicar las formular relativas a cálculos de caudales en cascada, al igual que para el cálculo del valor del coeficiente de escorrentía. De lo que se obtienen los siguientes resultados.

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 15: Caudales de los tramos de la solución 1.

9.5. Velocidad y llenado de las conducciones.

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, y debe garantizar la autolimpieza 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.

Por lo tanto, la red de saneamiento de Titaguas se diseña para una velocidad máxima de 3 m/s, con un llenado del 80% de la conducción.

9.6. Diámetros.

Teniendo en cuenta las limitaciones anteriores se procede al cálculo de los diámetros de cada tramo, cuyos resultados se pueden observar en la tabla adjunta.

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 16: Diámetros normalizados de los colectores.

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 17: Leyenda por diámetros.

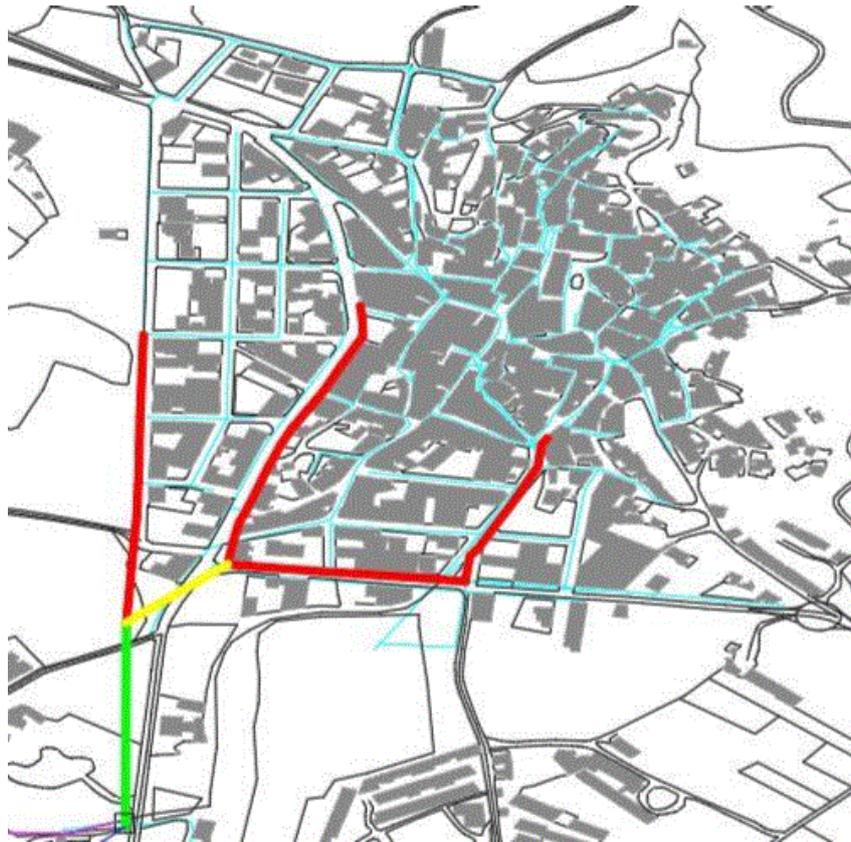


Ilustración 15: Red de saneamiento por diámetros.

9.7. Pendiente.

A partir de las pérdidas de carga, se calculan las pendientes para los distintos tramos, de manera que se cumpla una velocidad mínima para permitir la autolimpieza y una velocidad máxima para evitar la erosión.

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 18: Pendiente de los colectores.

9.8. Velocidades.

Se debe comprobar las velocidades para los diámetros normalizados, de forma que se cumplan los valores máximos y mínimos en cada tramo.

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 19: Velocidades máximas y mínimas.

9.9. Otros elementos.

En lo referente a las juntas de unión, se emplean juntas flexibles mediante anillo elastomérico de macho acanalado.

Los pozos de registro se colocarán siguiendo la normativa, en cada cambio de pendiente o dirección, en cambios de sección, incorporación de colectores e inicio de ramales, de forma que permita el mantenimiento de los distintos colectores. Y a una distancia máxima de 70 metros.

Para la elección del tipo de pozo se sigue la tabla que se adjunta, de forma que se ejecutan 35 pozos tipo 3, 12 pozos tipo 4 y 4 pozos tipo 6.

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	TIPO 5 Ó 6	
1400		
1500		
1600		
1800		
2000		
2500		
3000		

Tabla 20: Tipo de pozo en función del diámetro incidente y la profundidad.

Los imbornales se colocan con el objetivo de recoger las aguas pluviales de escorrentía e introducir las en la red de saneamiento.

Y finalmente, se coloca un tanque de tormenta, para evacuar de forma controlada el agua en los periodos de lluvia intensa y reducir los vertidos al medio. En este caso se trata de un tanque de tormentas con aliviadero en línea.

9.10. 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.

Las acciones del terreno son debidas al peso de la tierra sobre los tubos, las cargas relativas al tráfico dependen del tipo de vehículo que circula por cada tramo.

Por tanto, las cargas que se deben resistir son las que muestra la tabla adjunta (Se encuentran desarrolladas en el anejo 5 'Diseño de la red').

	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 21: Fuerza total que actúa sobre los colectores.

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.

Finalmente, el factor de apoyo en instalaciones en zanja 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.

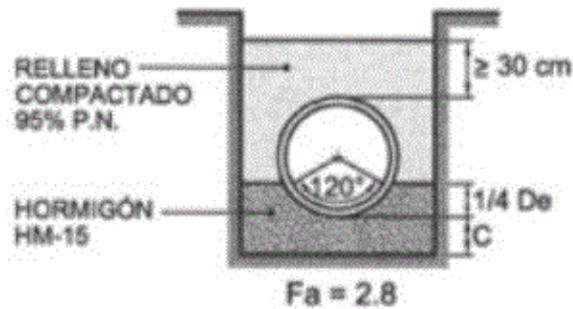


Ilustración 16: Factor de apoyo de colector en zanja.

	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 22: Valores del diseño mecánico.



10. Análisis económico.

RESUMEN DE PRESUPUESTO

1 ACTUACIONES PREVIAS	4410,94
2 MOVIMIENTO DE TIERRAS	70494,53
3 CONDUCCIONES	45377,36
4 OBRAS DE FÁBRICA	63938,00
5 REPOSICIONES	12862,06
6 GESTION DE RESIDUOS	1450,00
7 SEGURIDAD Y SALUD	900,00
Total:	199.432,89 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO NOVENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y DOS EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CENTIMOS.

199.43200,89 €

11. Conclusiones del Trabajo de Final de Grado.

En el presente estudio para la mejora de la red de saneamiento de Titaguas, se proponen actuaciones para asegurar una capacidad suficiente, a la hora de la evacuación de aguas pluviales en los episodios de precipitaciones intensas. Las actuaciones se plantean de forma que cumplan con las limitaciones impuestas por las normativas y siguiendo las recomendaciones existentes, respetando el medio ambiente durante todo el proceso.

Del estudio básico de soluciones para el saneamiento de Titaguas, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

En primer lugar, la necesidad de un análisis funcional de la red de saneamiento, en el cual se identifican las deficiencias presentes, que en este caso son producidas por la falta de capacidad.

Tras el análisis anterior se obliga al planteamiento de distintas propuestas como soluciones para solventar las deficiencias encontradas, para lo que es necesario realizar actuaciones como: cambio de pendientes en algunos tramos de la red principal, cambio del trazado a la hora de conducir las pluviales al punto de desagüe, eliminación de ramales existentes, cambio de secciones en algunos tramos, construcción de nuevos tramos e instalación de un tanque de tormentas al final de la red.

Tras la realización del estudio, se ha observado la necesidad de un buen plan de trabajo inicial y la importancia de un índice de proyecto, o de puntos a seguir, a la hora de la realización del trabajo, para facilitar y proporcionar más dinamismo durante la ejecución de éste.

Independientemente de la planificación inicial, siempre surgen cambios a medida que se avanza en el trabajo, lo cual muestra que la experiencia en este tipo de temas es de gran importancia.



12. Referencias bibliográficas.

Ven Te Chow, Ph.D. Open-Channel Hydraulics, international student edition: McGraw-Hill.

Ministerio de Fomento. CEDDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas).
Recomendaciones para tuberías de hormigón armado en redes de saneamiento y
drenaje. (2º edición)

Ministerio de Fomento. CEDDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). Guía
Técnica sobre redes de saneamiento y drenaje urbano. (3º edición)

Cristina Lechuga. CEDDEX (Centro de Estudios Hidrográficos). Tipología de pozos de registro en
redes de saneamiento.

Departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente. Universitat Politècnica de València.
Hidrología, crecidas estimación en pequeñas cuencas.

Departamento de ingeniería hidráulica y medio ambiente. Universitat Politècnica de València.
Hidrología, precipitación.

Dirección General de Carreteras (mayo de 1987) MOPU. Cálculo hidrometeorológico de
caudales máximos en pequeñas cuencas naturales.

ATHA. Asociación de fabricantes de tubos de hormigón armado. (atha.es)

Ministerio de Fomento. Dirección de Carreteras. (1999) Máximas lluvias diarias en la España
Peninsular.

Real decreto 1247/2008. Instrucción de hormigón estructural (EHE)

Instituto Nacional de Estadística (INE). Demografía y población. Censos demográficos.



Generalitat Valenciana (GVA). Institut Cartogràfic Valencià. Visor de cartografia.

Generalitat Valenciana (GVA). Urbanisme, Planejament Urbanístic vigent.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (AEMET) Agencia estatal de meteorología.

Associació valenciana de meteorologia Josep Peinado (avamet). Titaguas Cosmofísica.

Ayuntamiento de Valencia. (2004) Normativa para obras de saneamiento de la ciudad de Valencia.