

ANEJO Nº 15.- ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

ANEJO Nº 15.- ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES	2
2.1	RESEÑA GEOGRÁFICA	2
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	3
3.1	INFORMACIÓN DE PARTIDA.....	3
3.2	HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS	3
4.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	3
4.1	ESTUDIO DE LAS PRECIPITACIONES.....	3
4.2	CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA	4
4.3	CAUDALES MÁXIMOS. RESULTADOS	5
5.	ESTUDIO HIDRÁULICO	6
5.1	RESULTADOS.....	6
6.	CONCLUSIONES.....	8

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se va a realizar una comprobación hidráulica somera de la capacidad de desagüe del cauce del río Pedroso a la altura de la nueva depuradora de aguas residuales prevista para la localidad.

El objetivo es confirmar la no afección de potenciales riesgos de inundación a las parcelas de ubicación de estas instalaciones.

Para ello se ha realizado un estudio hidrológico de la cuenca y posteriormente una modelización hidráulica de los caudales obtenidos.

Así pues, este documento se estructura del siguiente modo:

- o Descripción de las características de la cuenca formada por el río Pedroso.
- o Descripción de la metodología utilizada y los programas informáticos utilizados para la simulación.
- o Estudio hidrológico de la cuenca para determinar los caudales máximos para distintos periodos de retornos.
- o Estudio hidráulico de la cuenca, comprobación de la capacidad del encauzamiento y determinación de las láminas de avenida.
- o Finalmente un resumen con las conclusiones principales del estudio realizado.

Se adjunta además una serie de planos con la representación gráfica de los resultados obtenidos.

2. ANTECEDENTES

2.1 RESEÑA GEOGRÁFICA

Pedroso es un municipio ubicado en el alto Najerilla, a 773 m.s.n.m., en la comarca de Anguiano y situado en la margen derecha tanto del río Najerilla como del río Pedroso, afluente del primero.

Su superficie municipal no alcanza los 20 km², englobando una población de 77 habitantes, según cifras del Instituto Nacional de Estadística (2014).

La zona de estudio donde se contemplan las actuaciones de saneamiento y depuración se localizan en el sector occidental del núcleo urbano, entre la carretera autonómica LR-434 y el río Pedroso, tal y como se muestra en la imagen inferior.



Vista de la zona de actuación

El río Pedroso (de forma superficial) y el aluvial del Najerilla –Ebro de forma subterránea, son los principales recursos hídricos de la zona. Dicho acuífero, se asienta sobre una superficie compuesta por gravas y arenas del Cuaternario, en forma de terrazas.

Por su parte, los usos del suelo, además del urbano correspondiente a Pedroso, se identifican campos de cultivo (de forma terrazada) y superficies dedicadas a pastos en la margen derecha del río, mientras que en la margen izquierda surgen formaciones vegetales compuestas por árboles de ribera (en las proximidades del río) que son sustituidas por formaciones arbóreas y arbustivas a medida que se gana altitud, siendo las especies predominantes *Quercus faginea* y *Quercus ilex*.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 INFORMACIÓN DE PARTIDA

Los datos necesarios para el estudio de caudales y de los que se parte son los siguientes:

- o Series de Vegetación Rivas Martínez.
- o MDT-LIDAR. Modelo Digital del terreno del Instituto Geográfico Nacional, realizado tomando como base el vuelo con sensor LIDAR. Paso de malla de 5 m.
- o Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- o Google Earth.

3.2 HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS

Para la obtención de las precipitaciones máximas en 24h se ha utilizado el programa MAXPLU, adjunto a la publicación Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Ministerio de Fomento, Dirección General de Carreteras.

Para la obtención de los caudales de la cuenca del barranco se ha utilizado el Método racional o de la Instrucción 5.2-IC del MOPU. La justificación de la elección de este método es que para cuencas relativamente pequeñas (inferiores a 15 - 20 Km²) se puede suponer que la precipitación sobre las mismas es homogénea en el espacio y en el tiempo.

El programa utilizado en la simulación de caudales es el HEC-RAS 4.1 (Hydrologic Engineering Center – River Analyst System 4).

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

4.1 ESTUDIO DE LAS PRECIPITACIONES

El estudio de las precipitaciones es el paso previo a la determinación de los caudales que serán utilizados en la simulación hidráulica.

Para la determinación de los yetogramas de tormenta utilizados, se ha aplicado la herramienta MAXPLU, la cual, a partir de los valores medios de la máxima precipitación diaria anual y los coeficientes de variación de las series de precipitaciones máximas diarias regionalizadas, permite obtener las estimaciones de la precipitación diaria correspondientes a diferentes períodos de retorno para unos puntos determinados cuyas coordenadas (geográficas o UTM) se conocen.

Las precipitaciones máximas estimadas por la publicación anterior promediadas para la cuenca son las siguientes:

Periodo	Coef. Variación	Factor Amp.	Precipitación media	Precipitación Máxima
T	Cv	Kt	P med	P 24 h
5	0,34	1,213	42	50,95
10	0,34	1,423	42	59,77
25	0,34	1,717	42	72,11
50	0,34	1,930	42	81,06
100	0,34	2,174	42	91,31
500	0,34	2,785	42	116,97

Valores empleados en metodología de MaxPlu

Mediante una hoja de cálculo y aplicando Témez se han obtenido los siguientes datos de precipitaciones máximas en distintos intervalos para períodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Periodo	Precipitación						
T	0,25h	1h	2h	3h	4 h	5 h	6h
5	11.28	21.23	27.95	32.39	35.72	38.40	40.63
10	13.23	24.90	32.79	37.99	41.91	45.05	47.66
25	15.96	30.05	39.57	45.84	50.56	54.35	57.51
50	17.94	33.78	44.48	51.53	56.84	61.09	64.64
100	20.21	38.05	50.10	58.05	64.02	68.82	72.82
500	25.89	48.74	64.18	74.36	82.02	88.16	93.28

4.2 CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA

Como se ha comentado, la superficie de la cuenca estudiada es relativamente pequeña, por lo que se ha optado por realizar el cálculo de los caudales máximos de cada una de ella por el método racional.

La fórmula que utiliza el método racional para el cálculo de los caudales es la siguiente:

$$Q = ((C \cdot I \cdot A) / 3.6) \cdot k$$

donde,

Q = caudal (m³/s)

C= coeficiente de escorrentía

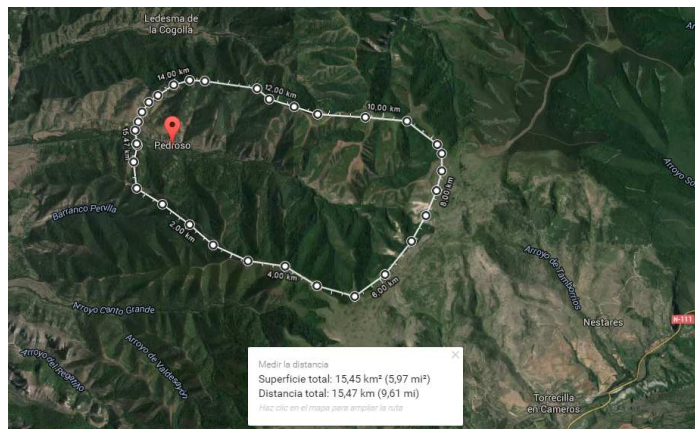
I= Intensidad de precipitación (mm/h)

A= superficie de la cuenca (Km²)

K = coeficiente de uniformidad

Como se ha comentado, al utilizar este método se presupone que la precipitación sobre la cuenca va a ser homogénea en el tiempo y el espacio.

La delimitación de la cuenta ha sido obtenida de forma visual a través del visor de Google Earth:



Así se ha obtenido una superficie total de la cuenca hasta el punto estudiado de unos 15,45 Km².

A partir de esta superficie, y mediante la aplicación del método racional, se han obtenido los caudales máximos de avenida que se recogen en el siguiente apartado.

4.3 CAUDALES MÁXIMOS. RESULTADOS

En la siguiente tabla se recogen los datos obtenidos en el cálculo del caudal punta para cada período de retorno para el global del río Pedroso.

Período de retorno (T)	Coefficiente escorrentía (C)	Intensidad precipitación (mm/h)	Superficie cuenca (Km ²)	Coefficiente de uniformidad	Caudal (m ³ /s)
5	0,099	14,86	15,45	1,130	7,15
10	0,138	17,44	15,45	1,130	11,71
25	0,189	21,04	15,45	1,130	19,31
50	0,223	23,65	15,45	1,130	25,60
100	0,260	26,64	15,45	1,130	33,54

Período de retorno (T)	Coefficiente escorrentía (C)	Intensidad precipitación (mm/h)	Superficie cuenca (Km ²)	Coefficiente de uniformidad	Caudal (m ³ /s)
500	0,340	34,13	15,45	1,130	56,32

5. ESTUDIO HIDRÁULICO

La simulación hidráulica se llevará a cabo con la herramienta HEC-RAS 4.1 (Hydrologic Engineering Center – River Analyst System 4.1), obteniéndose de su aplicación resultados de cota de la superficie libre del agua para los distintos caudales introducidos correspondientes con los diferentes períodos de retorno, la distribución de velocidades y calados.

A parte de los datos de caudales, primero se debe caracterizar el cauce mediante la introducción de secciones a lo largo del río. Este proceso se facilita mediante la extensión HEC-GeoRAS, la cual es una aplicación que se ejecuta dentro de una aplicación SIG, y permite exportar secciones a HEC-RAS.

HEC-RAS permite realizar los cálculos por distintos métodos. Para el estudio se ha optado por el flujo uniforme y permanente mediante la ecuación de la energía y de la cantidad de movimiento.

Para la realización de la modelización del terreno, se tomó como punto de partida el Modelo Digital del Terreno LIDAR (MDT) de la zona de estudio, obtenido a través del centro de descarga del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

El MDT LIDAR disponible en el IGN, ha sido obtenido por una de las siguientes dos formas: por estereocorrelación automática de vuelos fotogramétricos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con resolución de 25 a 50 cm/pixel, revisada e interpolada con líneas de ruptura, o bien, por interpolación a partir de la clase de terreno de vuelos LIDAR del PNOA.

Dicho MDT cuenta con un paso de malla de 5 m y está georreferenciado en ETRS89.

La rugosidad a introducir en el modelo hidráulico se caracteriza por el coeficiente de rugosidad de Manning, que se ha tomado con el valor de 0,045 para las márgenes y de 0,035 para el cauce.

Los coeficientes de contracción y de expansión que se tomaron fueron de 0,1 y 0,3 respectivamente, y que son los valores que ofrece el programa por defecto.

El tramo se ha analizado suponiendo un régimen subcrítico, que es el habitual para las pendientes del tramo de estudio.

5.1 RESULTADOS

Los resultados que ofrece el programa son de dos tipos, numéricos y gráficos. Los primeros se dan en forma de tabla, y se recogen los datos más relevantes del comportamiento del agua para cada sección y período de retorno. Los resultados en forma gráfica son de tres tipos:

- 1) Secciones transversales
- 2) Perspectiva tridimensional

Las secciones transversales son aquellas que se utilizaron en la caracterización geométrica de los arroyos. En estas se han dibujado las líneas de superficie libre para todos los períodos de retorno (5, 10, 25, 50, 100 y 500 años).

Los resultados numéricos se pueden consultar en el anexo 1. La tabla presenta los diferentes parámetros hidráulicos calculados, como la cota de la lámina de agua, datos de velocidades en canal o régimen de la corriente en cada sección.

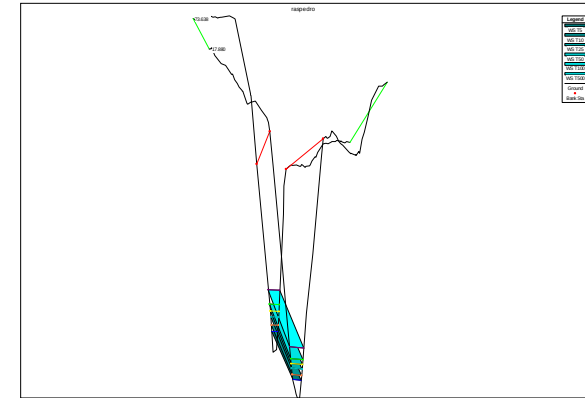
Como observación cabe destacar que HEC-RAS nombra las secciones según la distancia al punto final del tramo del cauce en cuestión.

Se ha considerado que con la realización de únicamente dos secciones es suficiente para la comprobación de la capacidad de desagüe del río Pedroso a la altura de la nueva depuradora de Pedroso.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes, presentados en formato tridimensional y como secciones en alzado:



Vista de la localización de las secciones sobre ortofoto



Visión 3D de la modelización en el cauce

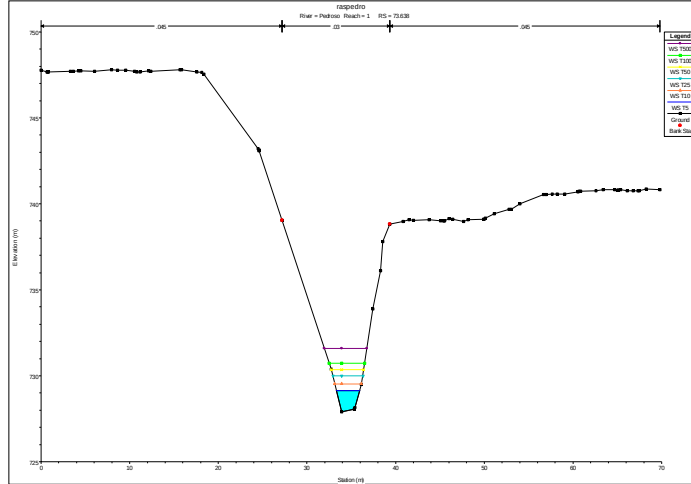
6. CONCLUSIONES

Se ha realizado el estudio hidrológico e hidráulico a partir del MDT – LIDAR del Instituto Geográfico Nacional y de los caudales obtenidos mediante el método racional.

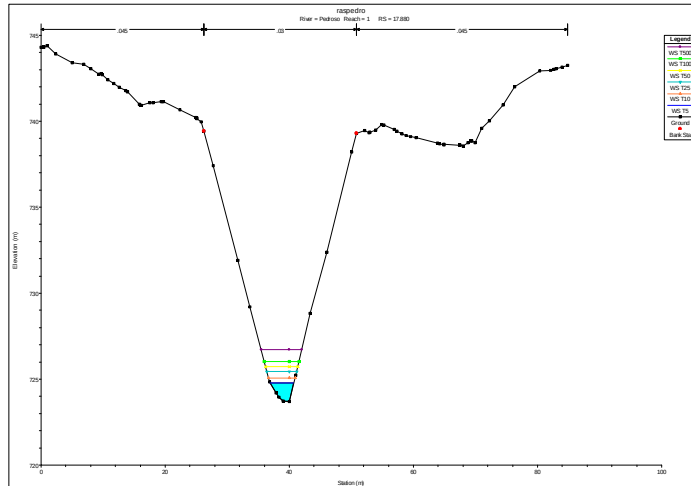
En este estudio se ha comprobado que la sección del río Pedroso a la altura de la depuradora prevista es suficiente para los períodos de retorno analizados (5, 10, 25, 50, 100 y 500 años).

Seguidamente se adjuntan las secciones en alzado analizadas y los resultados numéricos de la modelización.

Secciones en alzado



Sección 73.638



Sección 17.880

Resultados numéricos

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
73.638	T5	7.15	727.89	729.13	729.13	729.58	0.016576	3	2.38	2.63	1.01
73.638	T10	11.71	727.89	729.51	729.51	730.09	0.016499	3.38	3.46	3.01	1.01
73.638	T25	19.31	727.89	730	730	730.75	0.016748	3.84	5.03	3.38	1.01
73.638	T50	25.6	727.89	730.33	730.33	731.2	0.016928	4.12	6.21	3.64	1.01
73.638	T100	33.54	727.89	730.73	730.73	731.69	0.016665	4.35	7.7	3.99	1
73.638	T500	56.32	727.89	731.6	731.6	732.81	0.016472	4.87	11.57	4.81	1
17.88	T5	7.15	723.7	724.79	724.79	725.14	0.013074	2.64	2.71	3.86	1.01
17.88	T10	11.71	723.7	725.08	725.08	725.54	0.012585	3	3.9	4.32	1.01
17.88	T25	19.31	723.7	725.46	725.46	726.05	0.012268	3.41	5.66	4.84	1.01
17.88	T50	25.6	723.7	725.73	725.73	726.41	0.011993	3.65	7.01	5.2	1
17.88	T100	33.54	723.7	726.03	726.03	726.8	0.011773	3.89	8.62	5.6	1
17.88	T500	56.32	723.7	726.72	726.72	727.7	0.011543	4.4	12.79	6.52	1