

# ANEXO 6

Paloma M<sup>a</sup> Batanero Akerman  
Dr. Ingeniero de Caminos  
C/ Rafael Calvo 9, 2º E  
28010 MADRID

**ESTUDIO HIDROLÓGICO Y MODELIZACIÓN  
HIDRÁULICA BIDIMENSIONAL DEL ARROYO  
POZUELO. PLAN PARCIAL DE REFORMA  
INTERIOR DEL APR-4.2-02 (POZUELO DE  
ALARCÓN, MADRID)**



**ENERO DE 2021**

## ÍNDICE

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.      | INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS .....   | 1  |
| 2.      | DATOS DE PARTIDA.....  | 3  |
| 2.1.    | DELIMITACIÓN Y SUPERFICIE.....   | 3  |
| 2.2.    | EL MEDIO FÍSICO .....  | 4  |
| 2.3.    | TOPOGRAFÍA .....   | 4  |
| 3.      | ESTUDIO HIDROLÓGICO.....   | 5  |
| 3.1.    | METODOLOGÍA .....  | 5  |
| 3.2.    | PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS .....  | 5  |
| 3.3.    | MODELO DIGITAL DEL TERRENO .....   | 6  |
| 3.4.    | CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA.....  | 8  |
| 3.5.    | CÁLCULO DE CAUDALES .....  | 12 |
| 3.6.    | HIDROGRAMAS SCS.....   | 21 |
| 4.      | ESCENARIO FUTURO. INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR - INTERCEPTOR EN LOS CAUDALES DE AVENIDA DEL ARROYO POZUELO ..... | 25 |
| 5.      | ESTUDIO HIDRÁULICO.....  | 29 |
| 5.1.1.  | INFOWORKS ICM 2D –MALLADO TRIANGULAR SUPERFICIAL (ZONA 2D).....  | 29 |
| 5.1.2.  | ECUACIONES FUNDAMENTALES.....  | 32 |
| 5.1.3.  | INTEGRACIÓN NUMÉRICA .....   | 33 |
| 5.1.4.  | IMPORTACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN ICM.....  | 35 |
| 5.2.    | INFORMACIÓN DISPONIBLE .....   | 35 |
| 5.2.1.  | MODELO DIGITAL DEL TERRENO .....   | 35 |
| 5.2.2.  | MALLA DE ELEMENTOS 2D.....   | 36 |
| 5.2.3.  | HIDROGRAMAS DE ENTRADA.....  | 37 |
| 5.3.    | PARÁMETROS DE MODELIZACIÓN .....   | 37 |
| 5.3.1.  | CONDICIONES DE CONTORNO .....  | 37 |
| 5.3.2.  | RUGOSIDAD: NÚMERO DE MANNING.....  | 39 |
| 5.4.    | RESULTADOS DEL MODELO .....  | 40 |
| 5.4.1.  | Q5 situación actual.....   | 40 |
| 5.4.2.  | Q10 situación actual.....  | 41 |
| 5.4.3.  | Q25 situación actual.....  | 42 |
| 5.4.4.  | Q100 situación actual.....   | 43 |
| 5.4.5.  | Q500 situación actual.....   | 44 |
| 5.4.6.  | Actuaciones de regularización del entorno del Arroyo.....  | 45 |
| 5.4.7.  | Q5 situación futura transitoria sin Colector.....  | 51 |
| 5.4.8.  | Q10 situación futura transitoria sin Colector.....   | 52 |
| 5.4.9.  | Q25 situación futura transitoria sin Colector.....   | 53 |
| 5.4.10. | Q100 situación futura transitoria sin Colector.....  | 54 |
| 5.4.11. | Q500 situación futura transitoria sin Colector.....  | 55 |
| 5.4.12. | Q5 situación futura definitiva con Colector – Interceptor .....  | 56 |
| 5.4.13. | Q10 situación futura definitiva con Colector – Interceptor .....   | 57 |
| 5.4.14. | Q25 situación futura definitiva con Colector – Interceptor .....   | 58 |
| 5.4.15. | Q100 situación futura definitiva con Colector – Interceptor .....  | 59 |
| 5.4.16. | Q500 situación futura definitiva con Colector – Interceptor .....  | 60 |
| 6.      | CONCLUSIONES.....  | 61 |

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

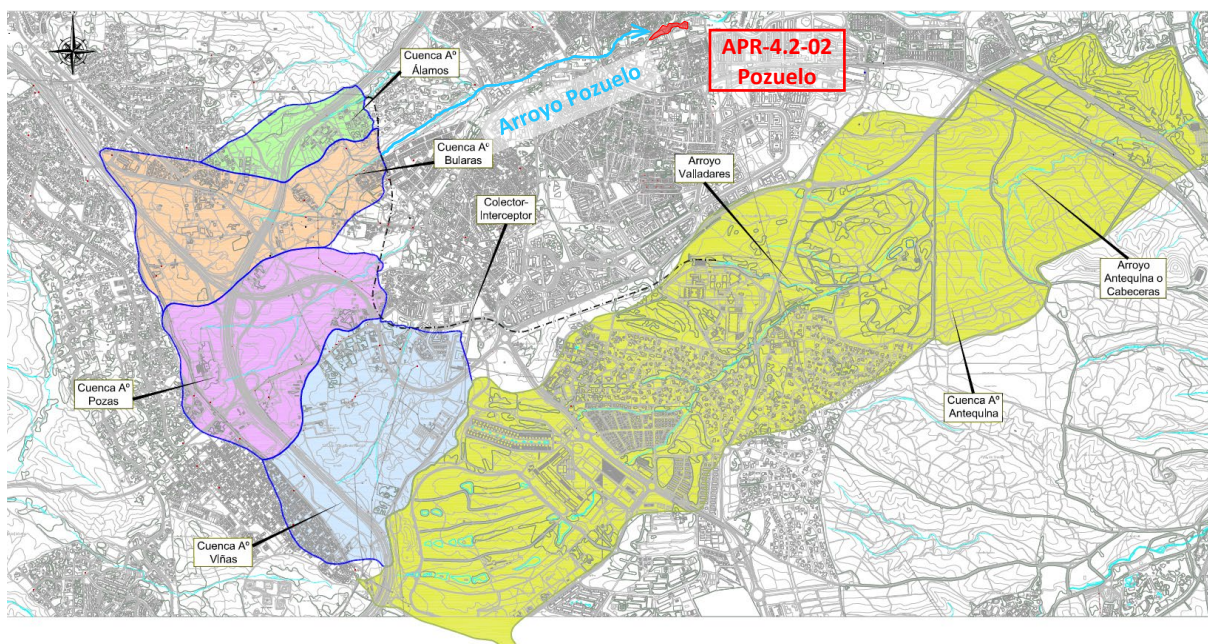
El presente documento tiene como finalidad determinar la afección hidráulica del Arroyo Pozuelo al ámbito del Plan Parcial de Reforma Interior del ámbito APR-4.2-02 situada en Pozuelo de Alarcón, Madrid.

En la cuenca de este arroyo está prevista la construcción de una infraestructura que desviará parte de los caudales de avenida de los Arroyos Los Álamos, Bularas, las Pozas y las Viñas (todos afluentes del Arroyo Pozuelo) hacia el Arroyo Valladares, perteneciente a la cuenca del Arroyo Antequina, siguiente afluente por la margen derecha del Río Manzanares.

Dicha infraestructura está definida en el PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR – INTERCEPTOR EN POZUELO DE ALARCÓN (MADRID), el cual se ha consultado para considerar en este estudio los siguientes 3 horizontes temporales:

- ✓ Situación actual.
- ✓ Situación futura transitoria sin colector: la escorrentía superficial de la cuenca del Arroyo Pozuelo se ve incrementada con la urbanización del ámbito APR-4.2-02 y por la influencia del Cambio Climático.
- ✓ Situación futura definitiva con colector: la escorrentía superficial de la cuenca del Arroyo Pozuelo se ve incrementada con la urbanización del ámbito APR-4.2-02 y por la influencia del Cambio Climático pero los caudales de avenida se ven disminuidos según la influencia del COLECTOR – INTERCEPTOR proyectado.

En la planta adjunta se puede ver el trazado de esta infraestructura de desvío, así como las cuencas que intercepta, la situación de la cuenca receptora y la del tramo restante del Arroyo Pozuelo hasta el Sector APR-4.2-02:

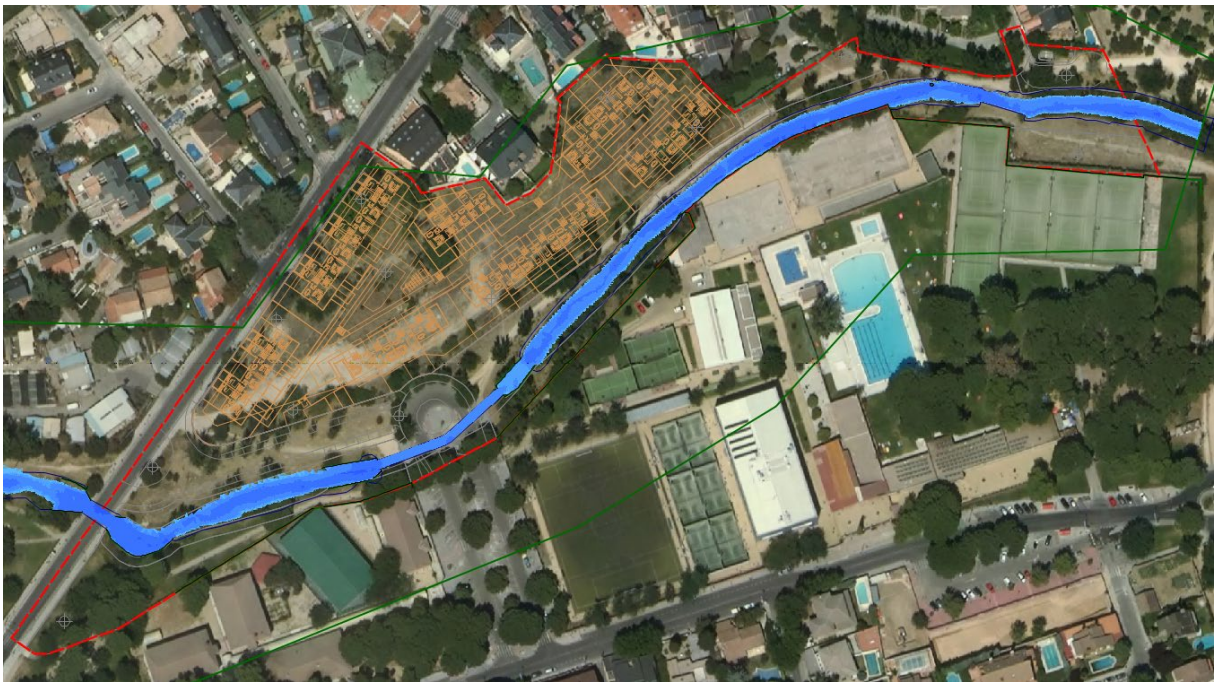


*Situación del Colector – Interceptor respecto a las cuencas afluentes Arroyo Pozuelo y APR-4.2-02*

Asimismo, Para cada uno de los tres horizontes, se han determinado:

- Los diferentes caudales de avenida de Arroyo Pozuelo, para 5, 10, 25, 100 y 500 años de periodo de retorno.
- La afección hidráulica de cada uno de estos caudales al ámbito APR-4.2-02.

La situación de la parcela de estudio (delimitada con trazo rojo discontinuo) y del Arroyo Pozuelo se puede ver en las imágenes de planta adjuntas: El arroyo sigue prácticamente el límite sur de la parcela por su parte interior, en una franja que se ha dispuesto como Zona Verde y viario en el Plan Parcial.



*Planta sobre ortofoto del ámbito APR-4.2-02 con la simulación de la crecida de 5 años*

En el presente estudio, además de delimitar las zonas de inundación para cada periodo de retorno de 5, 10, 25, 100 y 500 años, se justificarán dos cuestiones fundamentales:

1. La inundación del arroyo, incluso para la prognosis de incremento de caudales punta para  $T=500$  años debido al Cambio Climático no afecta a la zona residencial planificada.
2. No resulta necesaria la sustitución de la obra de paso del arroyo bajo la Plaza de Roma, pues presenta capacidad suficiente para la evacuación de los caudales calculados.

## 2. DATOS DE PARTIDA

Para la creación del modelo bidimensional con el que se ha realizado el estudio para determinar la inundación del cauce se han empleado los siguientes datos de partida:

- Levantamiento topográfico de la parcela realizado a tal efecto en Diciembre de 2020.
- Modelo digital del terreno de la zona de estudio con precisión de 2x2 disponible en el Instituto Geográfico Nacional (IGN) para completar las zonas anexas a la parcela.
- Ortofoto del PNOA de la zona de estudio.
- Precipitaciones máximas diarias La precipitación de referencia se obtiene de la publicación “*Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*” de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, del año 1999, que permite conocer la precipitación máxima diaria en cualquier punto de las cuencas interceptadas a través de su aplicación MAXPLUWIN.
- Usos de suelo de las zonas de estudio del Corine Land Cover.
- Cálculo de caudales por método de la Instrucción de Carreteras 5.2 I.C. 2016.

### 2.1. DELIMITACIÓN Y SUPERFICIE

El ámbito está constituido por una franja alargada de terreno que corre paralela al arroyo Pozuelo, entre la avenida de Leopoldo Calvo Sotelo y la avenida de Italia, colindando con el término municipal de Madrid.



*Planta del del ámbito APR-4.2-02 Pozuelo*

La superficie total del ámbito medida sobre el levantamiento topográfico y cartografía digitalizada, y una vez realizadas las delimitaciones de linderos, es de **28.427 m<sup>2</sup>** de suelo.

Dentro de esta superficie están incluidos 4.246 m<sup>2</sup> correspondientes a los suelos de titularidad pública del arroyo Pozuelo y de la vía pecuaria “Colada del Arroyo de las Viñas”, superpuestos, que no generan aprovechamiento.

## 2.2. *EL MEDIO FÍSICO*

La actuación urbanística se proyecta sobre terrenos actualmente vacantes, que ya fueron objeto de actividad edificatoria y ocupación anteriormente, teniendo condición de solares urbanos.

## 2.3. *TOPOGRAFÍA*

La topografía del terreno es en forma de vaguada con pendiente descendiente en dirección Este.

El lindero Norte-Oeste es la Avenida de Leopoldo Calvo Sotelo, de mayor altitud del ámbito con cotas que oscilan de la 638 a la 642, siendo este último punto más elevado en el encuentro con la calle Orlando Agudo.

El lindero Sur corre por la valla de los colegios y el polideportivo municipal.

El lindero Este es el término municipal de Madrid.

La clinometría de los terrenos tiene una dirección clara de vertido hacia el Este paralela al curso del arroyo Pozuelo.

### 3. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico tiene por objeto determinar los caudales máximos para las avenidas originadas en diferentes períodos de retorno que le llegan al Arroyo Pozuelo a la altura de la parcela del Plan de Reforma interior del APR-4.2-02 en Pozuelo de Alarcón, Madrid.

#### 3.1. METODOLOGÍA

Partiendo de la información morfológica y pluviométrica de la cuenca se han calculado los caudales superficiales siguiendo el método aplicado según la Normativa 5.2-I.C. de la Instrucción de Carreteras (2016), con el fin de obtener los caudales punta en la cuenca que considera el estudio.

Las precipitaciones máximas empleadas en los cálculos son las obtenidas a través de la aplicación MAXPLUWIN.

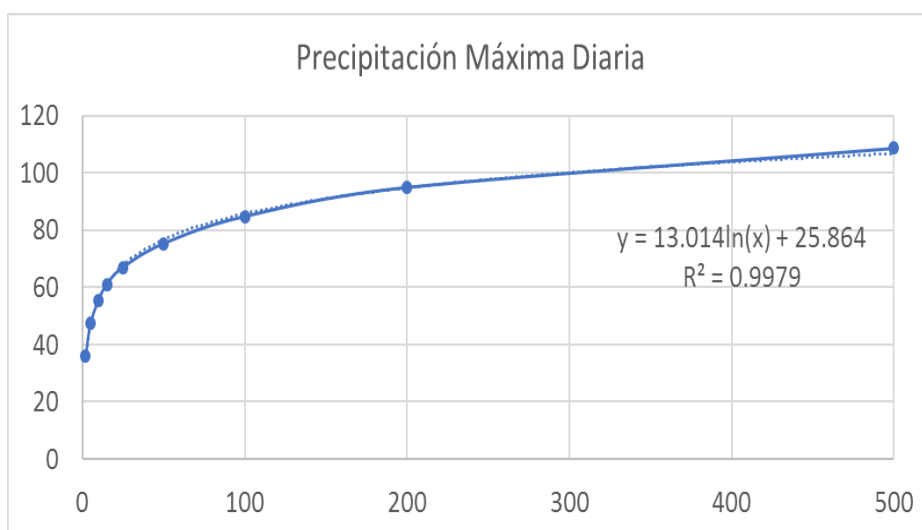
Las características de las cuencas se han obtenido de las siguientes fuentes:

- Modelo digital del terreno obtenido
- Vistas aéreas actuales provenientes del PNOA (Instituto Geográfico Nacional)

#### 3.2. PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

A través de la aplicación MAXPUWIN con las coordenadas del centro de gravedad de la cuenca completa de estudio (X=429949.7391, Y=4477188.1244) se han obtenidos las precipitaciones máximas diarias:

| T(años) | Pp diaria (mm) |
|---------|----------------|
| 2       | 36.0           |
| 5       | 47.3           |
| 10      | 55.5           |
| 15*     | 61.1           |
| 25      | 67.0           |
| 50      | 75.3           |
| 100     | 84.8           |
| 200     | 94.9           |
| 500     | 108.6          |



*Precipitaciones máximas diarias en la zona de estudio obtenidas*

*\*La Pd de 15 años se ha interpolado*





*Vista 3D del MDT cauce del Arroyo Pozuelo construido desde el paso bajo la Avenida Calvo Sotelo*

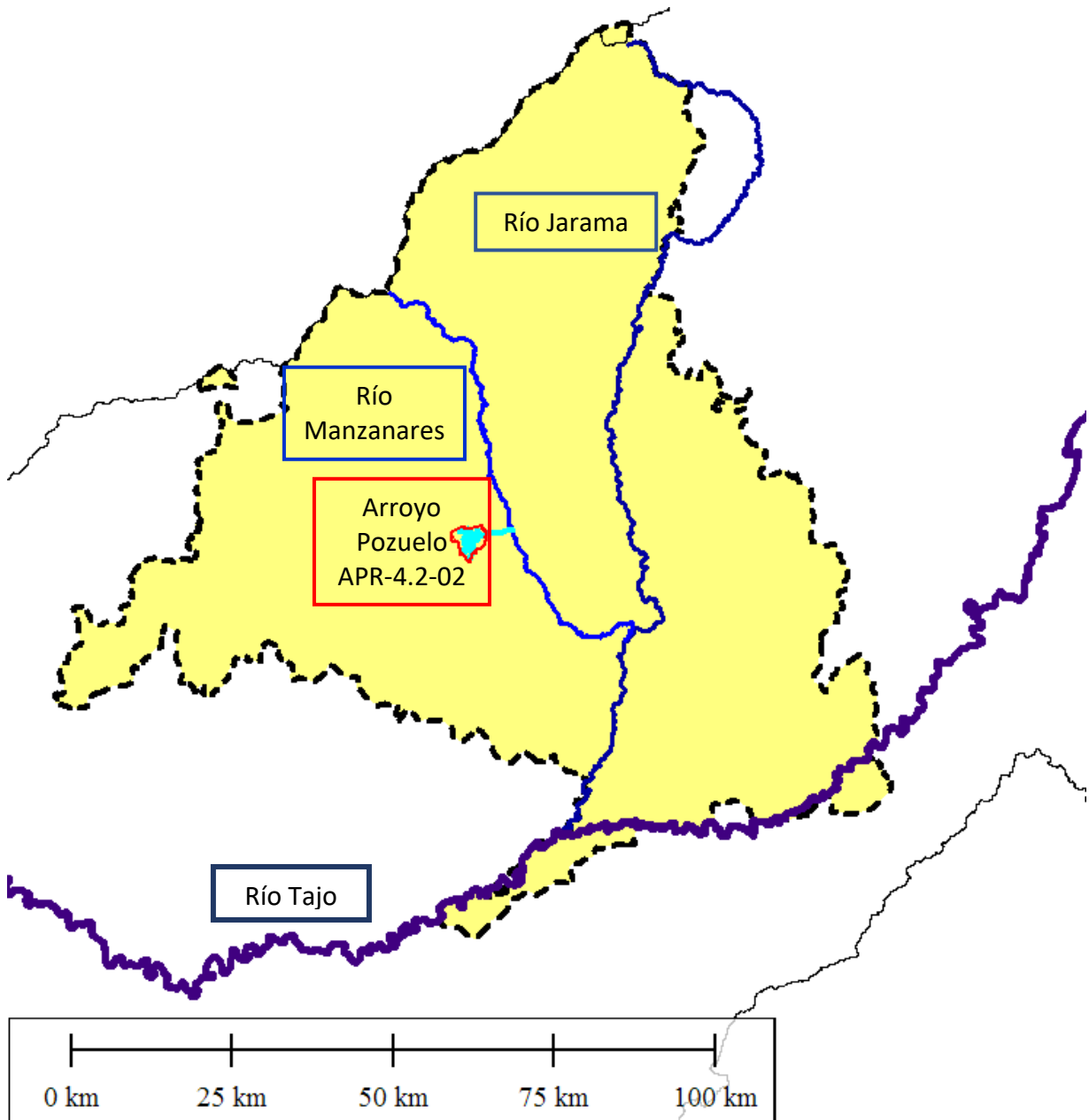


*Vista 3D del MDT cauce del Arroyo Pozuelo construido aguas abajo del paso de la Plaza de Roma*

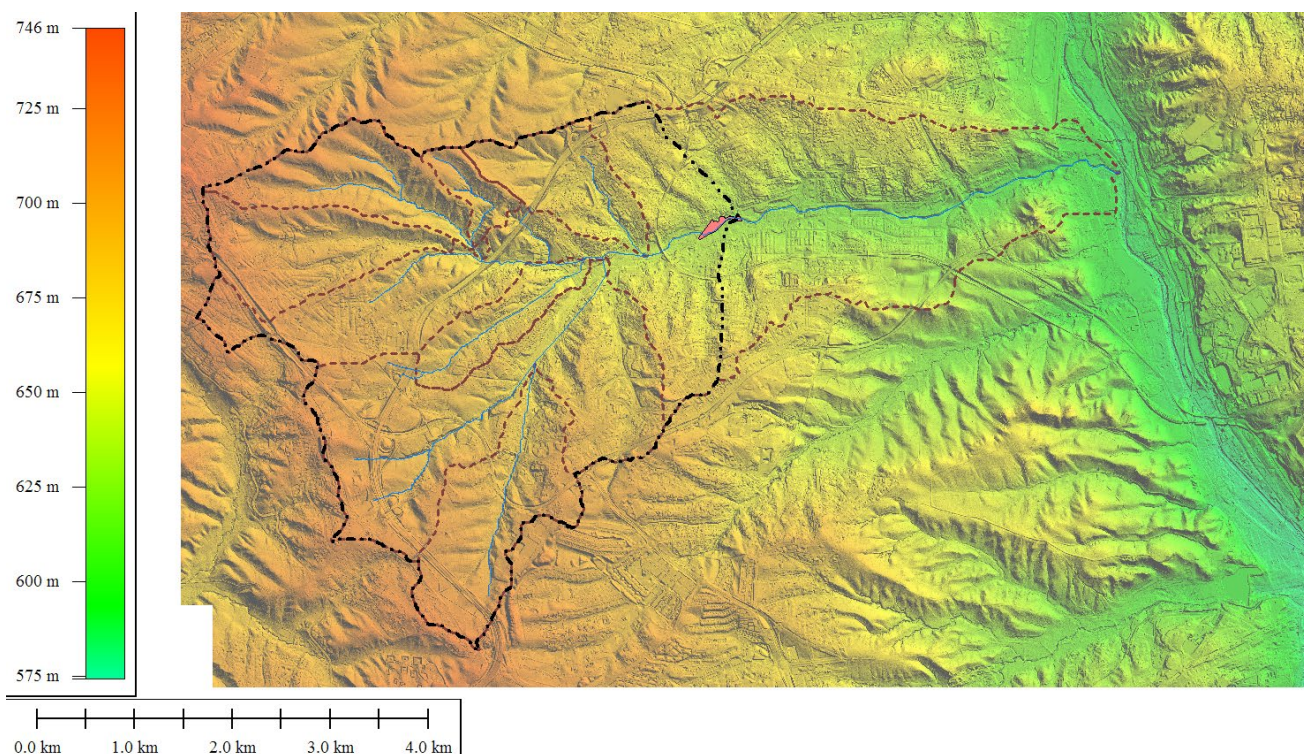
### 3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

Para delimitar la cuenca hidrológica del cauce que llega a la zona de estudio se han empleado las capas de cuencas y cauces principales de la Confederación Hidrográfica del Tajo, a fin de delimitar la cuenca del Arroyo Pozuelo hasta su paso por el sur del APR-4.2-02 (Pozuelo de Alarcón, Madrid).

Con estos datos iniciales se obtiene la delimitación de la cuenca completa del Arroyo y la parcial hasta llegar a la zona de estudio:



*Plano de Situación de la cuenca del Arroyo Pozuelo en relación a la Comunidad de Madrid, ríos Manzanares, Jarama y Tajo*



*MDT de situación con ubicación de la parcela del APR-4.2-02 (en rosa), el límite de cuenca del Arroyo Pozuelo hasta la parcela (en negro) y cuenca completa del Arroyo hasta la desembocadura en el Manzanares (en marrón)*

Las características geométricas de estas dos cuencas son las siguientes:

| Cuenca                  | Longitud (km) | Cota máxima (m) | Cota mínima (m) | Pendiente (m / m) | Área (km <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------------|
| Completa Arroyo Pozuelo | 10.32         | 730.5           | 596.8           | 0.0129            | 25.21                   |
| <b>Hasta APR-4.2-02</b> | <b>6.27</b>   | <b>730.5</b>    | <b>630.0</b>    | <b>0.0160</b>     | <b>18.15</b>            |

Mientras que el área del sector, como ya se ha indicado anteriormente es de **28.472 m<sup>2</sup>**, ó 0.028 km<sup>2</sup>, un **0.15%** de la cuenca del Arroyo hasta el **APR-4.2-02**.

A partir de estos parámetros se ha determinado el tiempo de concentración de ambas cuencas según la Instrucción de Carreteras de 2016:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0.76} \cdot J_c^{-0.19}$$

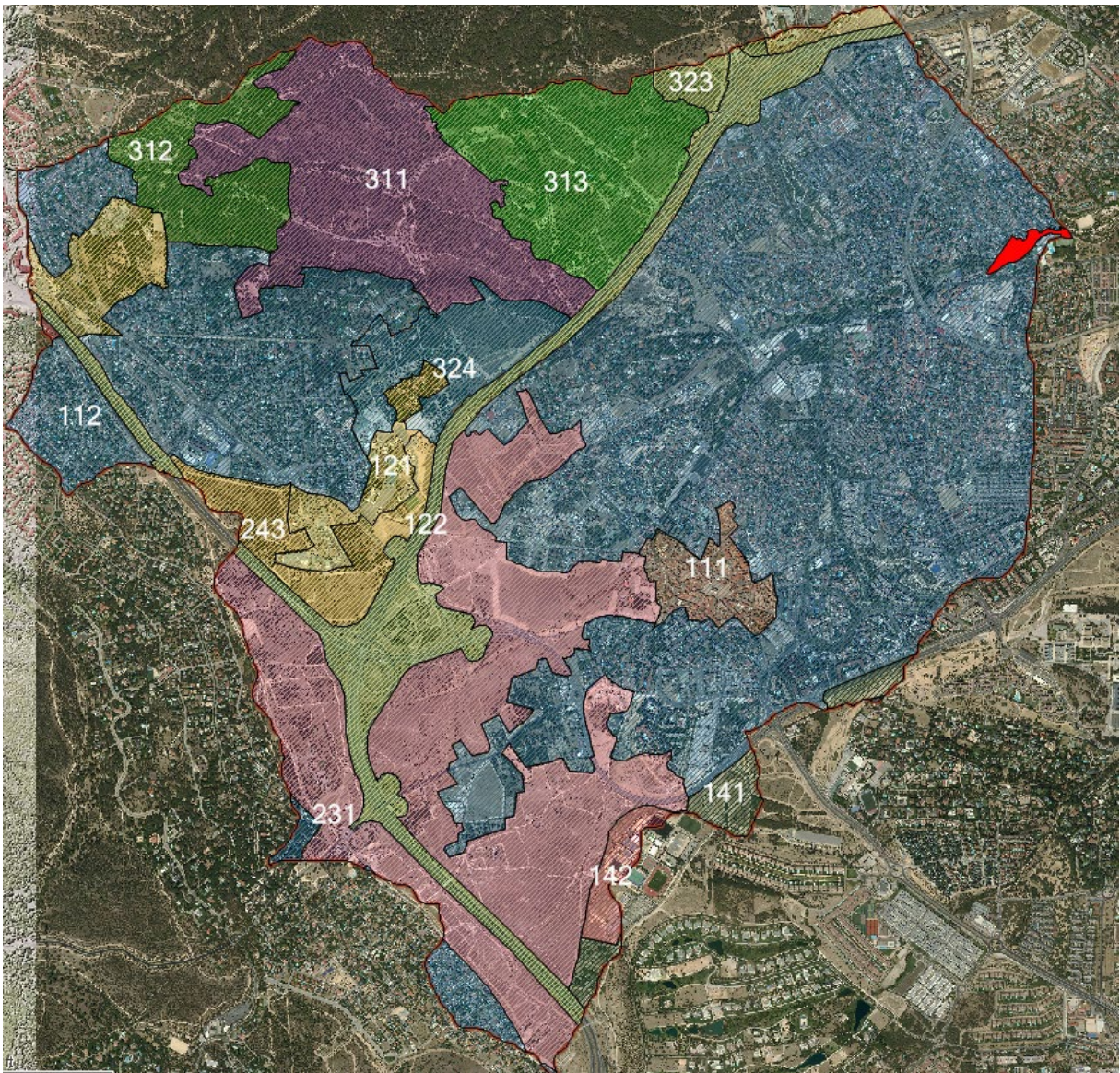
- $t_c$  (horas)      Tiempo de concentración
- $L_c$  (km)        Longitud del cauce
- $J_c$  (adimensional)      Pendiente media del cauce

Mediante fotointerpretación y posterior contraste con el mapa de Corine Land Cover de la zona se ha obtenido la clasificación de usos del suelo de la cuenca.

Para la situación posterior a la Urbanización del Sector se ha considerado que el área de la cuenca del Arroyo aumenta el porcentaje de tejido urbano continuo en un 0.15%, disminuyendo en el mismo porcentaje el tejido urbano discontinuo.

| Código Corine | Descripción   | Área Uso de Suelo (m <sup>2</sup> ) | Porcentaje Uso Actual | Porcentaje Uso Final |
|---------------|---|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 111           | Tejido urbano continuo  | 254186.1                            | 1.4%                  | 1.55%                |
| 112           | Tejido urbano discontinuo   | 9263601.1                           | 51.0%                 | 50.85%               |
| 121           | Zonas industriales o comerciales                                  | 625409.7                            | 3.4%                  | 3.4%                 |
| 122           | Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados                  | 1081759.5                           | 6.0%                  | 6.0%                 |
| 141           | Zonas verdes urbanas  | 209491.3                            | 1.2%                  | 1.2%                 |
| 142           | Instalaciones deportivas y recreativas                            | 130433.6                            | 0.7%                  | 0.7%                 |
| 231           | Praderas  | 2800396.2                           | 15.4%                 | 15.4%                |
| 243           | Terrenos principalmente agrícolas, espacios de vegetación natural | 402828.3                            | 2.2%                  | 2.2%                 |
| 311           | Bosques de frondosas  | 1422041.8                           | 7.8%                  | 7.8%                 |
| 312           | Bosques de coníferas  | 489641.1                            | 2.7%                  | 2.7%                 |
| 313           | Bosque mixto  | 926417.2                            | 5.1%                  | 5.1%                 |
| 323           | Vegetación esclerófila  | 88821.1                             | 0.5%                  | 0.5%                 |
| 324           | Matorral boscoso de transición                                    | 452840.9                            | 2.5%                  | 2.5%                 |
|               | <b>TOTAL</b>  | <b>18147867.8</b>                   | <b>100%</b>           | <b>100%</b>          |

*Pesos de los usos del suelo*



*Usos del suelo de la cuenca del arroyo Pozuelo hasta su paso al sur de la parcela de estudio*

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 111 |  | 111 Tejido urbano continuo  |
| 112 |  | 112 Tejido urbano discontinuo   |
| 121 |  | 121 Zonas industriales o comerciales                                  |
| 122 |  | 122 Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados                  |
| 141 |  | 141 Zonas verdes urbanas  |
| 142 |  | 142 Instalaciones deportivas y recreativas                            |
| 231 |  | 231 Praderas  |
| 243 |  | 243 Terrenos principalmente agrícolas, espacios de vegetación natural |
| 311 |  | 311 Bosques de frondosas  |
| 312 |  | 312 Bosques de coníferas  |
| 313 |  | 313 Bosque mixto  |
| 323 |  | 323 Vegetación esclerófila  |
| 324 |  | 324 Matorral boscoso de transición                                    |

### 3.5. CÁLCULO DE CAUDALES

Para el cálculo de caudales punta de avenida se ha empleado la norma 5.2-IC actualizada.

Siguiendo el método racional, el caudal máximo anual  $Q_T$ (m<sup>3</sup>/s), correspondiente a un período de retorno  $T$ , se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3.6}$$

**I (T, tc) (mm/h)** Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado  $T$ , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.

**C (adimensional)** Coeficiente medio de esorrentía de la cuenca o superficie considerada.

**A (km<sup>2</sup>)** Área de la cuenca o superficie considerada

**Kt (adimensional)** Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

En este caso aplicando la fórmula siguiente se obtiene un valor de 1.19:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14}$$

#### I (T, tc) (mm/h)

La intensidad de precipitación  $I (T, t)$  correspondiente a un período de retorno  $T$ , y a una duración del aguacero es:

$$I (T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

donde:

- $I (T, t)$  (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno  $T$  y a una duración del aguacero  $t$ .
- $I_d$  (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$
- $F_{int}$ (adimensional) Factor de intensidad

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno  $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca, es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ( $t = t_c$ ) de dicha cuenca

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$ , se obtiene mediante la fórmula:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde;

- $I_d$  (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T
- $P_d$  (mm) Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T
- $K_A$  (adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca que tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda la superficie

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

En este caso  $K_A = 0.916$

Para la determinación de la precipitación diaria correspondiente al período de retorno T,  $P_d$ , se debe adoptar el mayor valor de los obtenidos a partir de:

- Datos publicados por la Dirección General de Carreteras.
- Estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales, medidas en los pluviómetros existentes en la cuenca, o próximos a ella. Se debe ajustar a la serie de precipitaciones máximas registrada en cada pluviómetro, la función de distribución extrema más apropiada a los datos de la zona, considerando al menos las funciones Gumbel y SQRT ET-max.

A los efectos de esta norma, para la aplicación del método racional se toma como precipitación diaria  $P_d$ , la correspondiente al valor medio en la superficie de la cuenca (media areal), que se obtiene en este caso con la aplicación MAXPLUWIN

|       | 2    | 5    | 10   | 25   | 25   | 50   | 100  | 500   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| $P_d$ | 36.0 | 47.3 | 55.5 | 61.1 | 67.0 | 75.3 | 84.8 | 108.6 |
| $I_d$ | 1.38 | 1.81 | 2.12 | 2.33 | 2.56 | 2.87 | 3.24 | 4.15  |

#### B. Factor de intensidad Fint

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de y será el mayor de los dos valores  $F_a$  y  $F_b$

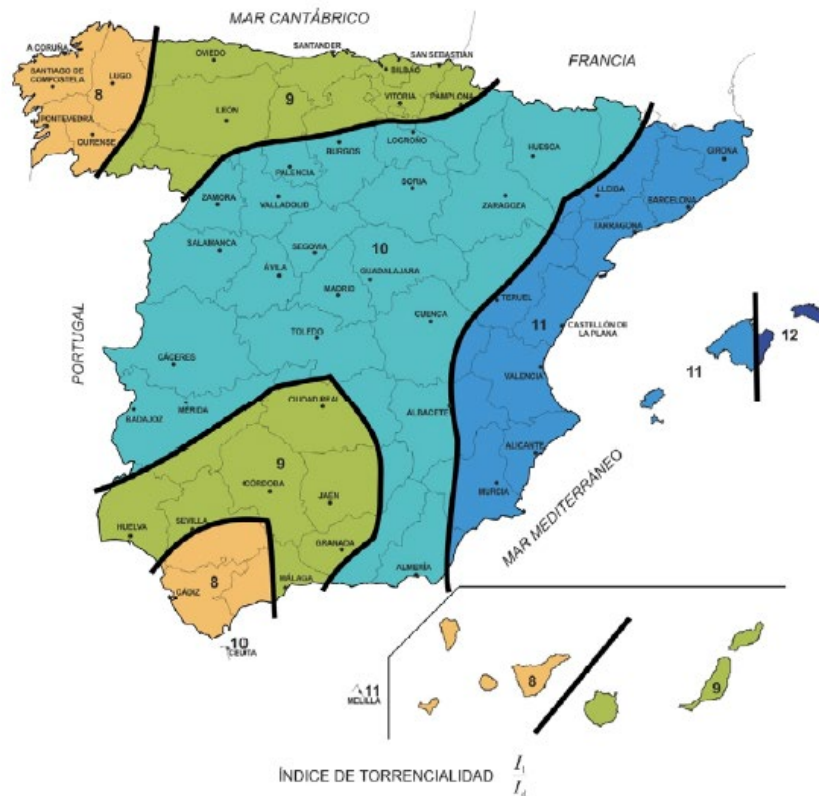
$F_a$ :

$$F_a = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{3.5287 - 2.5287 \cdot t^{0.1}}$$

donde:

- $F_a$  (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).

- $I_1/I_d$  (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa siguiente. En este caso 10
- $t$  (horas) Duración del aguacero



ÍNDICE DE TORRENCIALIDAD  $\frac{I_1}{I_d}$   
 Índice de torrencialidad

Para la obtención del factor  $F_a$ , se debe particularizar la expresión para un tiempo de duración del aguacero igual al tiempo de concentración ( $t = t_c$ ).

**$F_b$ :**

$$F_b = k_b \cdot \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

donde:

- $F_b$  (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo. Se toma por cercanía el pluviógrafo de Getafe Base Área
- $k_b$  (adimensional). Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar  $k_b = 1.13$ .

- $I_{IDF}(T, t_c)$  (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno  $T$  y al tiempo de concentración  $t_c$ , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo.
- $I_{IDF}(T, 24)$  (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno  $T$  y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ( $t = 24$  h), obtenido a través de curvas IDF.

A continuación, se recogen los datos del pluviógrafo de Getafe con las intensidades máximas en mm/h:

| Intervalo (minutos) | Periodos de retorno (años)/Intensidades mm/h |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                     | 2  | 5    | 10   | 15   | 25   | 50   | 100  | 200  | 500  |
| 5 min               | 40   | 62   | 79   | 87.0 | 103  | 123  | 144  | 167  | 198  |
| 10 min              | 32   | 48   | 59   | 64.7 | 76   | 89   | 103  | 119  | 139  |
| 15 min              | 27   | 40   | 49   | 53.3 | 62   | 72   | 83   | 95   | 112  |
| 20 min              | 23   | 33   | 40   | 43.7 | 51   | 59   | 69   | 78   | 92   |
| 30 min              | 18   | 27   | 33   | 36.0 | 42   | 50   | 57   | 66   | 77   |
| 60 (1 h.)           | 12.2   | 17.5 | 21.6 | 23.4 | 27.1 | 31.7 | 36.4 | 41.6 | 48.6 |
| 120 (2 h.)          | 7.7  | 10.7 | 12.9 | 14.0 | 16.1 | 18.5 | 21.2 | 23.9 | 27.8 |
| 180 (3 h.)          | 5.8  | 7.9  | 9.5  | 10.2 | 11.7 | 13.4 | 15.3 | 17.2 | 20   |
| 360 (6 h.)          | 3.6  | 4.9  | 5.8  | 6.2  | 7.1  | 8.1  | 9.3  | 10.4 | 12   |
| 720 (12 h.)         | 2  | 2.7  | 3.3  | 3.5  | 4    | 4.7  | 5.3  | 5.9  | 6.9  |
| 18 h                | 1.5  | 2    | 2.33 | 2.52 | 2.89 | 3.28 | 3.67 | 4.11 | 4.78 |
| 24 h                | 1.21   | 1.62 | 1.96 | 2.10 | 2.38 | 2.71 | 3.08 | 3.46 | 4    |
| 36 h                | 0.89   | 1.19 | 1.44 | 1.54 | 1.75 | 2    | 2.28 | 2.56 | 2.97 |
| 48 h                | 0.71   | 0.96 | 1.15 | 1.24 | 1.42 | 1.62 | 1.85 | 2.08 | 2.42 |
| 72 h                | 0.54   | 0.75 | 0.92 | 0.99 | 1.14 | 1.31 | 1.5  | 1.71 | 1.97 |

Se interpolan los valores para la duración del tiempo de concentración:

| Duración (h) | Intensidades mm/h |      |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | 2                 | 5    | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   | 200   | 500   |
| 2.65         | 6.47              | 8.88 | 10.69 | 11.53 | 13.24 | 15.19 | 17.37 | 19.55 | 22.73 |

Con esos valores se obtienen los factores de intensidad:

|           | 2     | 5     | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   | 500   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $F_a$     | 5.503 | 5.503 | 5.503 | 5.503 | 5.503 | 5.503 | 5.503 | 5.503 |
| $F_b$     | 6.038 | 6.194 | 6.163 | 6.204 | 6.286 | 6.332 | 6.371 | 6.421 |
| $F_{int}$ | 6.038 | 6.194 | 6.163 | 6.204 | 6.286 | 6.332 | 6.371 | 6.421 |

Las intensidades de precipitación  $I(T, t)$  en mm/h correspondientes a los distintos periodos de retorno resultan:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

|          | 2     | 5      | 10     | 15     | 25     | 50     | 100    | 500    |
|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| $I(T,t)$ | 8.305 | 11.185 | 13.055 | 14.471 | 16.067 | 18.191 | 20.618 | 26.621 |

### Coeficiente de escorrentía

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Donde:

$C$  (adimensional)      Coeficiente de escorrentía

$P_d$  (mm)      Precipitación diaria correspondiente al período de retorno  $T$  considerado

$K_A$  (adimensional)      Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

$P_0$  (mm)      Umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía  $P_0$ , representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

donde:

$P_0$  (mm) Umbral de escorrentía

$P_0^i$  (mm) Valor inicial del umbral de escorrentía

$\beta$  Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía lo obtenemos a partir de la diferenciación de las proporciones de los distintos tipos y usos del suelo realizados en la fotointerpretación de la imagen del PNOA

Valores de  $P_0^i$  aplicados a la clasificación de usos del suelo de la cuenca, teniendo en cuenta que por la ubicación del área de estudio se trata de una zona con grupo hidrológico B:

**ESTUDIO HIDROLÓGICO Y MODELIZACIÓN HIDRÁULICA BIDIMENSIONAL DEL ARROYO DE POZUELO.  
PLAN PARCIAL DE REFORMA INTERIOR DEL APR-4.2-02 (POZUELO DE ALARCÓN, MADRID)**

| Código Corine        | Descripción   | Área Uso de Suelo (m <sup>2</sup> ) | Porcentaje Uso | A   | B  | C  | D  | Total        |
|----------------------|---|-------------------------------------|----------------|-----|----|----|----|--------------|
| 111                  | Tejido urbano continuo  | 254186.1                            | 1.4%           | 1   | 1  | 1  | 1  | 0.014        |
| 112                  | Tejido urbano discontinuo   | 9263601.1                           | 51.0%          | 24  | 14 | 8  | 6  | 7.146        |
| 121                  | Zonas industriales o comerciales                                  | 625409.7                            | 3.4%           | 6   | 4  | 3  | 3  | 0.138        |
| 122                  | Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados                  | 1081759.5                           | 6.0%           | 1   | 1  | 1  | 1  | 0.060        |
| 141                  | Zonas verdes urbanas  | 209491.3                            | 1.2%           | 53  | 23 | 14 | 10 | 0.266        |
| 142                  | Instalaciones deportivas y recreativas                            | 130433.6                            | 0.7%           | 79  | 32 | 18 | 13 | 0.230        |
| 231                  | Praderas  | 2800396.2                           | 15.4%          | 120 | 55 | 22 | 14 | 8.487        |
| 243                  | Terrenos principalmente agrícolas, espacios de vegetación natural | 402828.3                            | 2.2%           | 30  | 19 | 13 | 10 | 0.422        |
| 311                  | Bosques de frondosas  | 1422041.8                           | 7.8%           | 90  | 47 | 31 | 23 | 3.683        |
| 312                  | Bosques de coníferas  | 489641.1                            | 2.7%           | 90  | 47 | 31 | 23 | 1.268        |
| 313                  | Bosque mixto  | 926417.2                            | 5.1%           | 90  | 47 | 31 | 23 | 2.399        |
| 323                  | Vegetación esclerófila  | 88821.1                             | 0.5%           | 60  | 24 | 14 | 10 | 0.117        |
| 324                  | Matorral boscoso de transición                                    | 452840.9                            | 2.5%           | 75  | 34 | 22 | 16 | 0.848        |
| <b>P<sub>0</sub></b> | <b>TOTAL</b>  | <b>18147867.8</b>                   | <b>1</b>       |     |    |    |    | <b>25.08</b> |

*Tabla de P<sub>0</sub><sup>i</sup> Instrucción de Carreteras 5.2-IC 2016. Situación Actual Cuenca del Arroyo Pozuelo*

| Código Corine        | Descripción   | Área Uso de Suelo (m <sup>2</sup> ) | Porcentaje Uso | A   | B  | C  | D  | Total        |
|----------------------|---|-------------------------------------|----------------|-----|----|----|----|--------------|
| 111                  | Tejido urbano continuo  | 254186.1                            | 1.55%          | 1   | 1  | 1  | 1  | 0.016        |
| 112                  | Tejido urbano discontinuo   | 9263601.1                           | 50.85%         | 24  | 14 | 8  | 6  | 7.120        |
| 121                  | Zonas industriales o comerciales                                  | 625409.7                            | 3.4%           | 6   | 4  | 3  | 3  | 0.138        |
| 122                  | Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados                  | 1081759.5                           | 6.0%           | 1   | 1  | 1  | 1  | 0.060        |
| 141                  | Zonas verdes urbanas  | 209491.3                            | 1.2%           | 53  | 23 | 14 | 10 | 0.266        |
| 142                  | Instalaciones deportivas y recreativas                            | 130433.6                            | 0.7%           | 79  | 32 | 18 | 13 | 0.230        |
| 231                  | Praderas  | 2800396.2                           | 15.4%          | 120 | 55 | 22 | 14 | 8.487        |
| 243                  | Terrenos principalmente agrícolas, espacios de vegetación natural | 402828.3                            | 2.2%           | 30  | 19 | 13 | 10 | 0.422        |
| 311                  | Bosques de frondosas  | 1422041.8                           | 7.8%           | 90  | 47 | 31 | 23 | 3.683        |
| 312                  | Bosques de coníferas  | 489641.1                            | 2.7%           | 90  | 47 | 31 | 23 | 1.268        |
| 313                  | Bosque mixto  | 926417.2                            | 5.1%           | 90  | 47 | 31 | 23 | 2.399        |
| 323                  | Vegetación esclerófila  | 88821.1                             | 0.5%           | 60  | 24 | 14 | 10 | 0.117        |
| 324                  | Matorral boscoso de transición                                    | 452840.9                            | 2.5%           | 75  | 34 | 22 | 16 | 0.848        |
| <b>P<sub>0</sub></b> | <b>TOTAL</b>  | <b>18147867.8</b>                   | <b>1</b>       |     |    |    |    | <b>25.05</b> |

*Tabla de P<sub>0</sub><sup>i</sup> Instrucción de Carreteras 5.2-IC 2016. Situación Futura Cuenca del Arroyo Pozuelo*

A estos valores es necesario aplicar un factor corrector que se obtiene a partir de la identificación inicial de la región del área de cálculo, en este caso **región 32** según imagen siguiente:



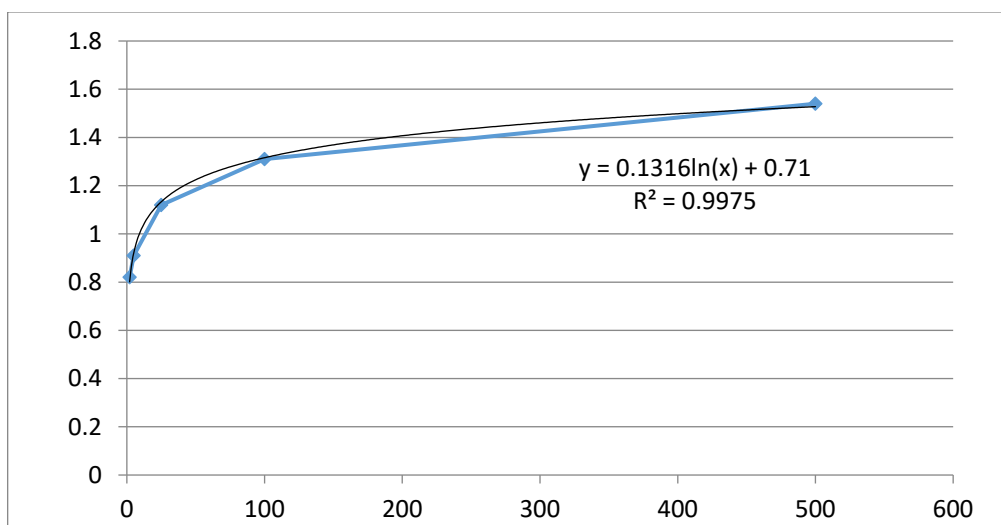
*Regiones del coeficiente corrector*

La región 32 se corresponde con los siguientes valores según la norma:

| Región | $\beta_m$ | $F_T$ |      |      |      |      |
|--------|-----------|-------|------|------|------|------|
|        |           | 2     | 5    | 25   | 100  | 500  |
| 32     | 1         | 0.82  | 0.91 | 1.12 | 1.31 | 1.54 |

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

En la Instrucción de Carreteras no se tiene el valor de  $F_T$  para 10, 15 y 50 años por lo que se ha realizado un ajuste logarítmico con los valores existentes:



Los coeficientes correctores obtenidos para cada período de retorno son:

|              | 2    | 5    | 10   | 15   | 25   | 50   | 100  | 500  |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\beta_m$    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| $F_T$        | 0.82 | 0.91 | 1.01 | 1.07 | 1.12 | 1.22 | 1.31 | 1.54 |
| $\beta^{PM}$ | 0.82 | 0.91 | 1.01 | 1.07 | 1.12 | 1.22 | 1.31 | 1.54 |

Para calcular el coeficiente de escorrentía,  $C$ , que define la parte de la precipitación de intensidad  $I(T, t_c)$ , que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca, se emplea la siguiente fórmula:

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

Con los valores anteriores aplicados al umbral de escorrentía inicial se obtienen los coeficientes de escorrentía siguientes:

|                 | 2            | 5            | 10           | 15           | 25           | 50           | 100          | 500          |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $P_0^i$ Actual  | 25.08        | 25.08        | 25.08        | 25.08        | 25.08        | 25.08        | 25.08        | 25.08        |
| $P_0$ Actual    | 20.6         | 22.8         | 25.4         | 26.9         | 28.1         | 30.6         | 32.9         | 38.7         |
| <b>C Actual</b> | <b>0.094</b> | <b>0.134</b> | <b>0.149</b> | <b>0.159</b> | <b>0.171</b> | <b>0.180</b> | <b>0.193</b> | <b>0.218</b> |
| $P_0^i$ Futuro  | 25.05        | 25.05        | 25.05        | 25.05        | 25.05        | 25.05        | 25.05        | 25.05        |
| $P_0$ Futuro    | 20.5         | 22.8         | 25.3         | 26.8         | 28.1         | 30.6         | 32.8         | 38.6         |
| <b>C Futuro</b> | <b>0.094</b> | <b>0.135</b> | <b>0.149</b> | <b>0.159</b> | <b>0.172</b> | <b>0.181</b> | <b>0.194</b> | <b>0.219</b> |
| $I(T, t)$       | 8.305        | 11.185       | 13.055       | 14.471       | 16.067       | 18.191       | 20.618       | 26.621       |
| $K_t$           | 1.195        | 1.195        | 1.195        | 1.195        | 1.195        | 1.195        | 1.195        | 1.195        |

Finalmente, introduciendo todos los parámetros calculados en la fórmula de caudal se obtienen los siguientes caudales punta para los periodos de retorno estudiados:

| CAUDALES PUNTA (m <sup>3</sup> /s) | 2    | 5     | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   | 500   |
|------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Qactual</b>                     | 4.68 | 9.05  | 11.69 | 13.85 | 16.58 | 19.72 | 24.03 | 35.04 |
| <b>Qfuturo</b>                     | 4.70 | 9.08  | 11.73 | 13.90 | 16.63 | 19.79 | 24.10 | 35.13 |
| <b>Qfuturo (+15% CC)*</b>          | 5.41 | 10.45 | 13.49 | 15.98 | 19.13 | 22.75 | 27.72 | 40.40 |

*\*Situación futura transitoria sin colector.*

Dado el grado de urbanización actual de la cuenca, para la obtención de los caudales en situación futura transitoria sin colector se ha considerado, además de la incorporación a la superficie urbanizada de la cuenca, el sector APR-4.2-02, un coeficiente de variación de las intensidades máximas de precipitación de +15%, siguiendo las recomendaciones de la publicación *“Escenarios de Cambio Climático para Eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid”*, de 2018.

El cálculo de los caudales de avenida para la situación futura definitiva tras la construcción del colector interceptor se lleva a cabo en la siguiente sección.

FIGURA 3. COEFICIENTES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA HORIZONTE 2006-2036

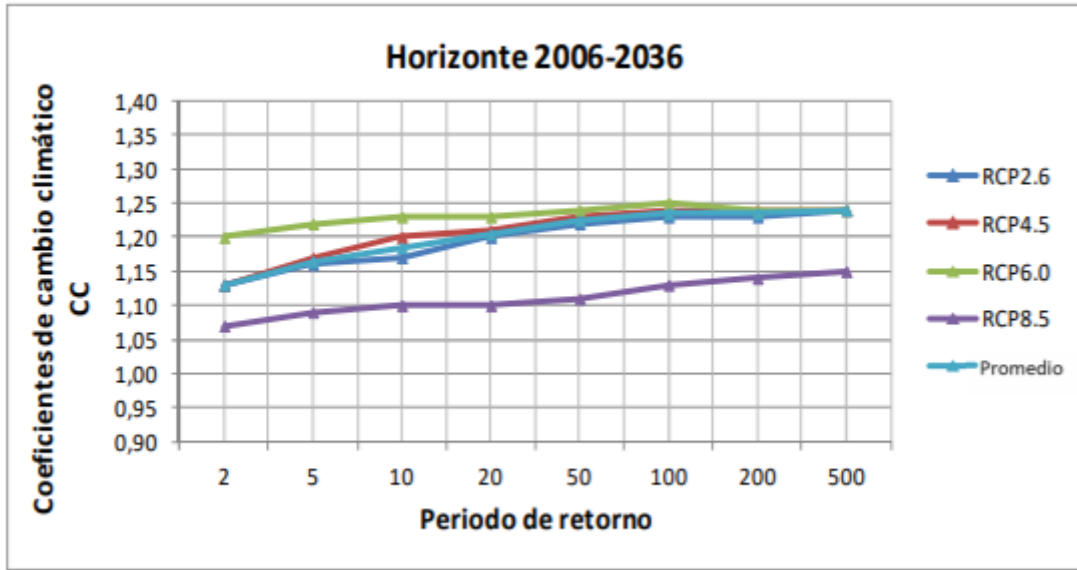
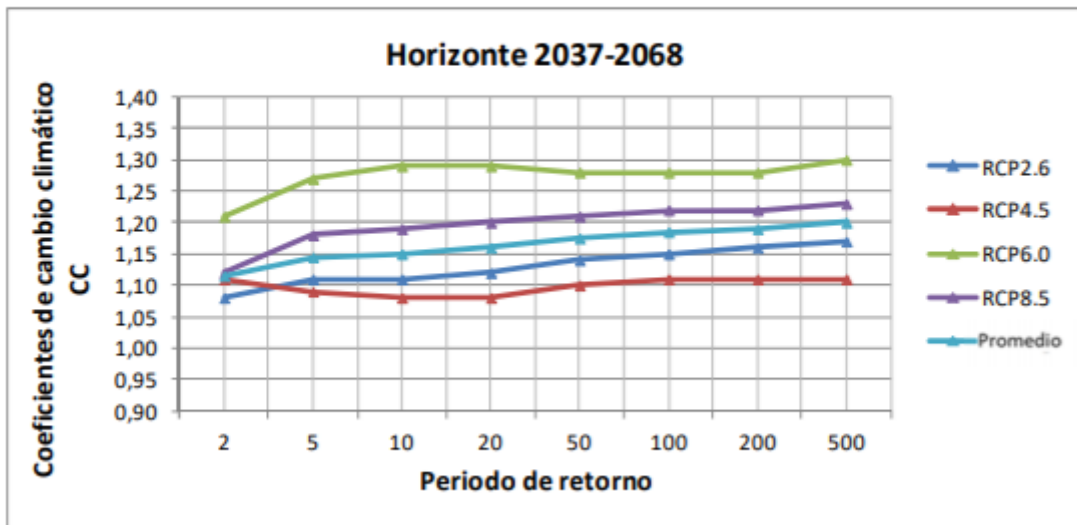


FIGURA 4. COEFICIENTES DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA HORIZONTE 2037-2068 (VALORES NO ACUMULADOS)

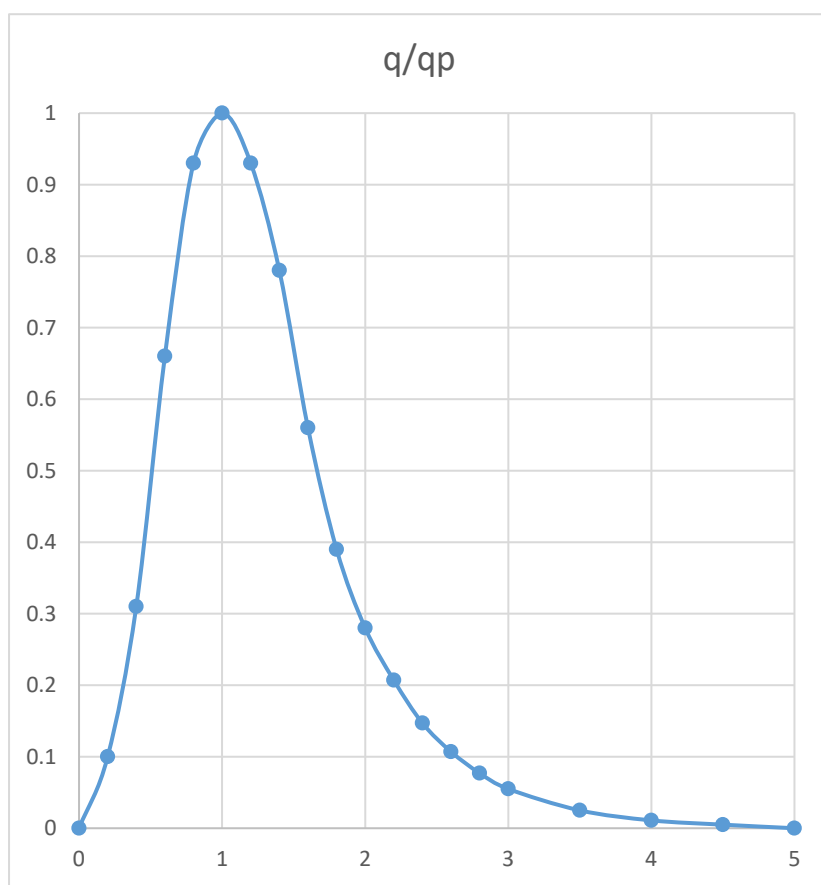


Coeficientes de cambio climático en intensidades de precipitación en Madrid para los horizontes 2006 a 2068. Escenarios de Cambio Climático para Eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid, Canal de Isabel II

### 3.6. HIDROGRAMAS SCS

A fin de poder incluir la dimensión temporal de los caudales punta a modelizar en el estudio hidráulico de inundaciones, se procede a aplicar el Hidrograma Unitario a los valores obtenidos en los apartados anteriores. De esta forma, se obtendrán los hidrogramas (caudales variables en el tiempo) correspondientes a las avenidas sintéticas para los períodos de retorno de 5, 10, 25, 100 y 500 años.

A continuación, se incluyen los valores numéricos del hidrograma sintético, su forma general, los valores calculados para Q500 en situación futura y las gráficas de cada una de las avenidas calculadas:



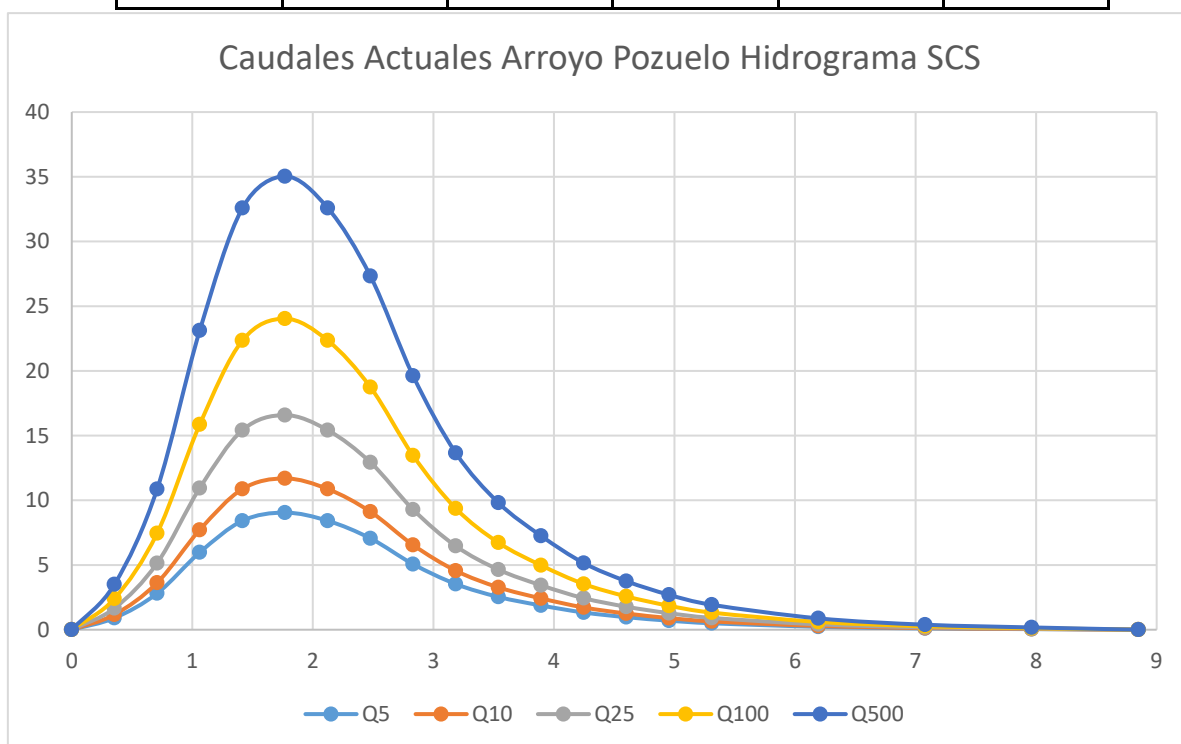
| t/tp | q/qp  |
|------|-------|
| 0    | 0     |
| 0.2  | 0.1   |
| 0.4  | 0.31  |
| 0.6  | 0.66  |
| 0.8  | 0.93  |
| 1    | 1     |
| 1.2  | 0.93  |
| 1.4  | 0.78  |
| 1.6  | 0.56  |
| 1.8  | 0.39  |
| 2    | 0.28  |
| 2.2  | 0.207 |
| 2.4  | 0.147 |
| 2.6  | 0.107 |
| 2.8  | 0.077 |
| 3    | 0.055 |
| 3.5  | 0.025 |
| 4    | 0.011 |
| 4.5  | 0.005 |
| 5    | 0     |

Hidrograma Unitario de SCS

| CARACTERIZACIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO SCS |               |        |
|---|---------------|--------|
| Tiempo de Punta en horas                    | tp=           | 1.77   |
| Duración de la Lluvia en Horas              | D=            | 0.35   |
| Tiempo de Retardo                           | tl=0.6*tc     | 1.59   |
| Tiempo de Concentración TEMEZ               | tc=           | 2.66   |
| Longitud Cuenca en km                       | L=            | 6.27   |
| Pendiente                                   | p=            | 0.02   |
| Diferencia Cota Cuenca en metros            | Cota más Alta | 730.45 |
|   | Cota más Baja | 630.00 |
| Área en Km cuadrados                        | A=            | 18.15  |
| Tiempo de Punta en horas                    | tp=           | 1.77   |
| Caudal Punta                                | Qp=           | 43.80  |

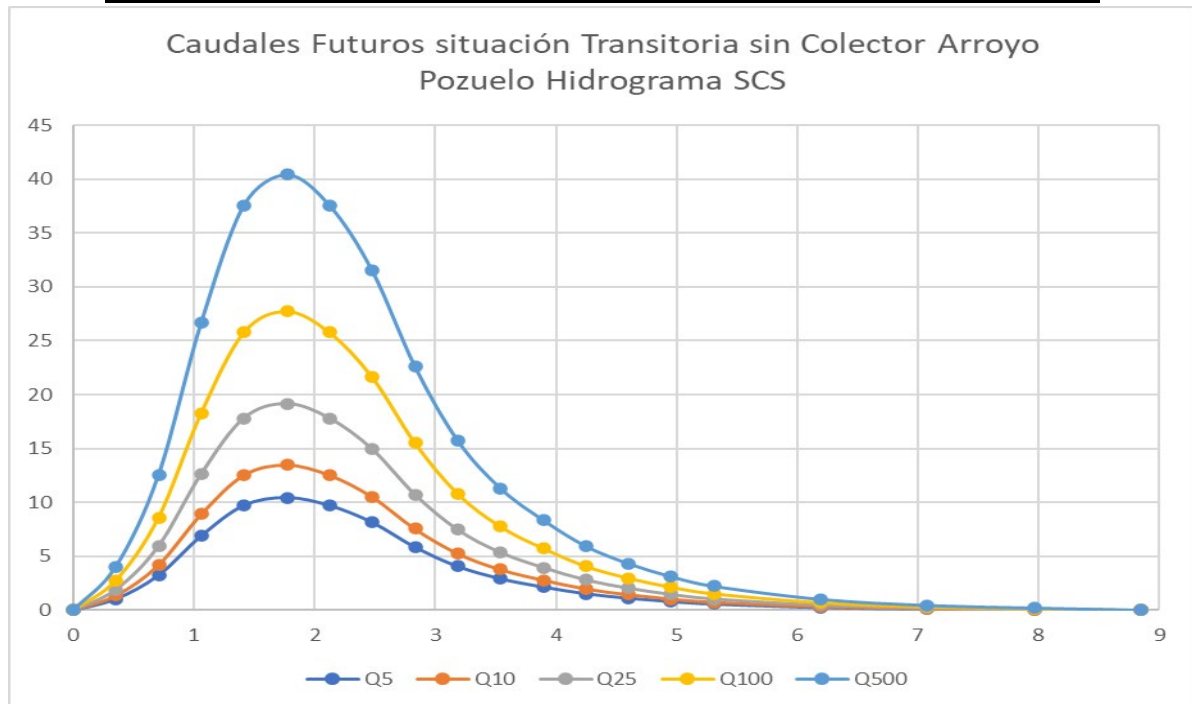
Parámetros del Hidrograma Unitario aplicado a la cuenca del Arroyo Pozuelo hasta la urbanización del Plan Parcial APR-4.2-02

| Hidrogramas de Caudales Actuales Arroyo Pozuelo (m <sup>3</sup> /s) |       |        |        |        |        |
|---|-------|--------|--------|--------|--------|
| SCS (h)   | Q5    | Q10    | Q25    | Q100   | Q500   |
| 0.00  | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 0.35  | 0.905 | 1.169  | 1.658  | 2.403  | 3.504  |
| 0.71  | 2.805 | 3.624  | 5.140  | 7.450  | 10.861 |
| 1.06  | 5.972 | 7.715  | 10.943 | 15.861 | 23.124 |
| 1.42  | 8.416 | 10.871 | 15.420 | 22.350 | 32.584 |
| 1.77  | 9.049 | 11.690 | 16.581 | 24.032 | 35.036 |
| 2.12  | 8.416 | 10.871 | 15.420 | 22.350 | 32.584 |
| 2.48  | 7.058 | 9.118  | 12.933 | 18.745 | 27.328 |
| 2.83  | 5.067 | 6.546  | 9.285  | 13.458 | 19.620 |
| 3.19  | 3.529 | 4.559  | 6.466  | 9.372  | 13.664 |
| 3.54  | 2.534 | 3.273  | 4.643  | 6.729  | 9.810  |
| 3.89  | 1.873 | 2.420  | 3.432  | 4.975  | 7.253  |
| 4.25  | 1.330 | 1.718  | 2.437  | 3.533  | 5.150  |
| 4.60  | 0.968 | 1.251  | 1.774  | 2.571  | 3.749  |
| 4.96  | 0.697 | 0.900  | 1.277  | 1.850  | 2.698  |
| 5.31  | 0.498 | 0.643  | 0.912  | 1.322  | 1.927  |
| 6.19  | 0.226 | 0.292  | 0.415  | 0.601  | 0.876  |
| 7.08  | 0.100 | 0.129  | 0.182  | 0.264  | 0.385  |
| 7.96  | 0.045 | 0.058  | 0.083  | 0.120  | 0.175  |
| 8.85  | 0.000 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  |



*Hidrogramas de Cálculo Hidráulico empleados en las simulaciones 2D del estudio hidráulico de inundabilidad actual del Arroyo Pozuelo. Situación actual.*

| Hidrogramas de Caudales Futuros Situación Transitoria sin Colector<br>Arroyo Pozuelo (m <sup>3</sup> /s) |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| SCS (h)  | Q5     | Q10    | Q25    | Q100   | Q500   |
| 0.00   | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 0.35   | 1.131  | 1.349  | 1.913  | 2.772  | 4.040  |
| 0.71   | 3.507  | 4.182  | 5.930  | 8.593  | 12.524 |
| 1.06   | 7.465  | 8.904  | 12.625 | 18.294 | 26.664 |
| 1.42   | 10.520 | 12.546 | 17.790 | 25.778 | 37.573 |
| 1.77   | 11.311 | 13.490 | 19.129 | 27.718 | 40.401 |
| 2.12   | 10.520 | 12.546 | 17.790 | 25.778 | 37.573 |
| 2.48   | 8.823  | 10.523 | 14.920 | 21.620 | 31.513 |
| 2.83   | 6.334  | 7.555  | 10.712 | 15.522 | 22.624 |
| 3.19   | 4.411  | 5.261  | 7.460  | 10.810 | 15.756 |
| 3.54   | 3.167  | 3.777  | 5.356  | 7.761  | 11.312 |
| 3.89   | 2.341  | 2.793  | 3.960  | 5.738  | 8.363  |
| 4.25   | 1.663  | 1.983  | 2.812  | 4.075  | 5.939  |
| 4.60   | 1.210  | 1.443  | 2.047  | 2.966  | 4.323  |
| 4.96   | 0.871  | 1.039  | 1.473  | 2.134  | 3.111  |
| 5.31   | 0.622  | 0.742  | 1.052  | 1.524  | 2.222  |
| 6.19   | 0.283  | 0.337  | 0.478  | 0.693  | 1.010  |
| 7.08   | 0.124  | 0.148  | 0.210  | 0.305  | 0.444  |
| 7.96   | 0.057  | 0.067  | 0.096  | 0.139  | 0.202  |
| 8.85   | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  |



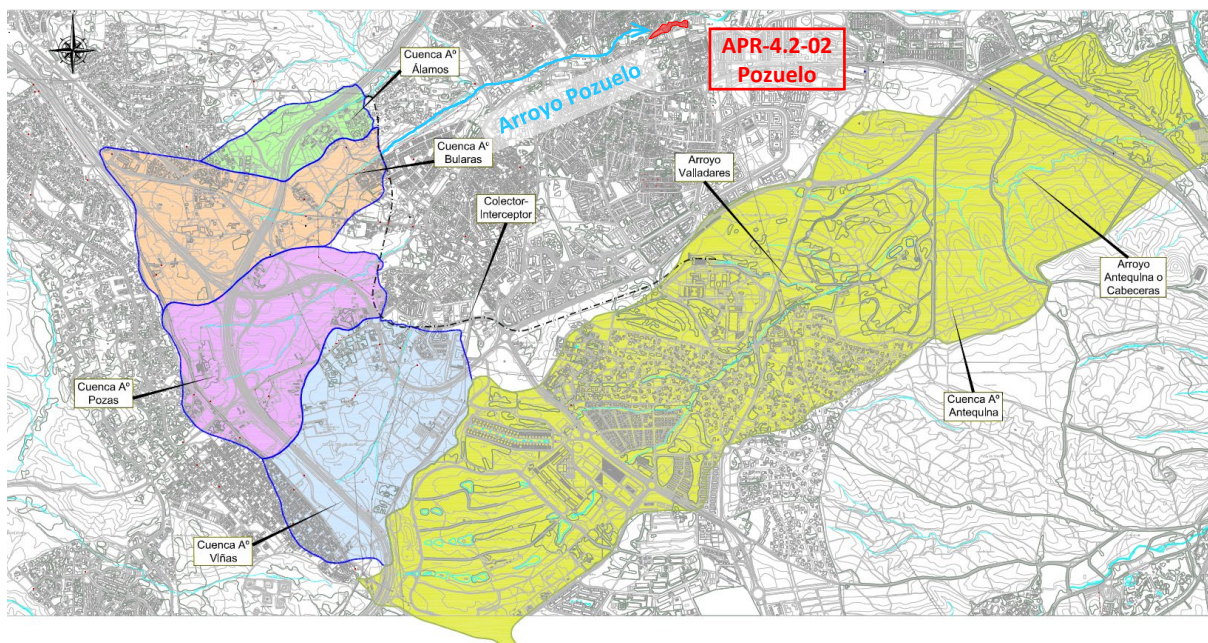
*Hidrogramas de Cálculo Hidráulico empleados en las simulaciones 2D del estudio hidráulico de inundabilidad actual del Arroyo Pozuelo. Prognosis de caudales futuros según +15% CC situación transitoria sin Colector*

#### 4. ESCENARIO FUTURO. INFLUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR - INTERCEPTOR EN LOS CAUDALES DE AVENIDA DEL ARROYO POZUELO

Como ya se ha indicado en la Introducción, la construcción del Colector – Interceptor en la parte alta de la cuenca del Arroyo Pozuelo reducirá los caudales de avenida de los arroyos Los Álamos, Bularas, las Pozas y las Viñas (todos afluentes del Arroyo Pozuelo) hacia el Arroyo Valladares, afluente del Antequina, arroyo que cuenta con menos problemas de afecciones por crecidas que el Arroyo Pozuelo, que se haya en gran parte en zona urbana.

Habiéndose consultado el PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR – INTERCEPTOR EN POZUELO DE ALARCÓN (MADRID), se han obtenido los hidrogramas desviados para cada periodo de retorno, los cuales, si se deducen de los hidrogramas obtenidos en la situación futura transitoria sin colector, resultarán en los hidrogramas de avenida finales definitivos del Arroyo Pozuelo a su paso por el Sector de estudio en su situación futura definitiva, una vez esté completamente operativa la infraestructura hidráulica.

En la planta adjunta se puede ver el trazado de esta infraestructura de desvío, así como las cuencas que intercepta, la situación de la cuenca receptora y la del tramo restante del Arroyo Pozuelo hasta el Sector APR-4.2-02:



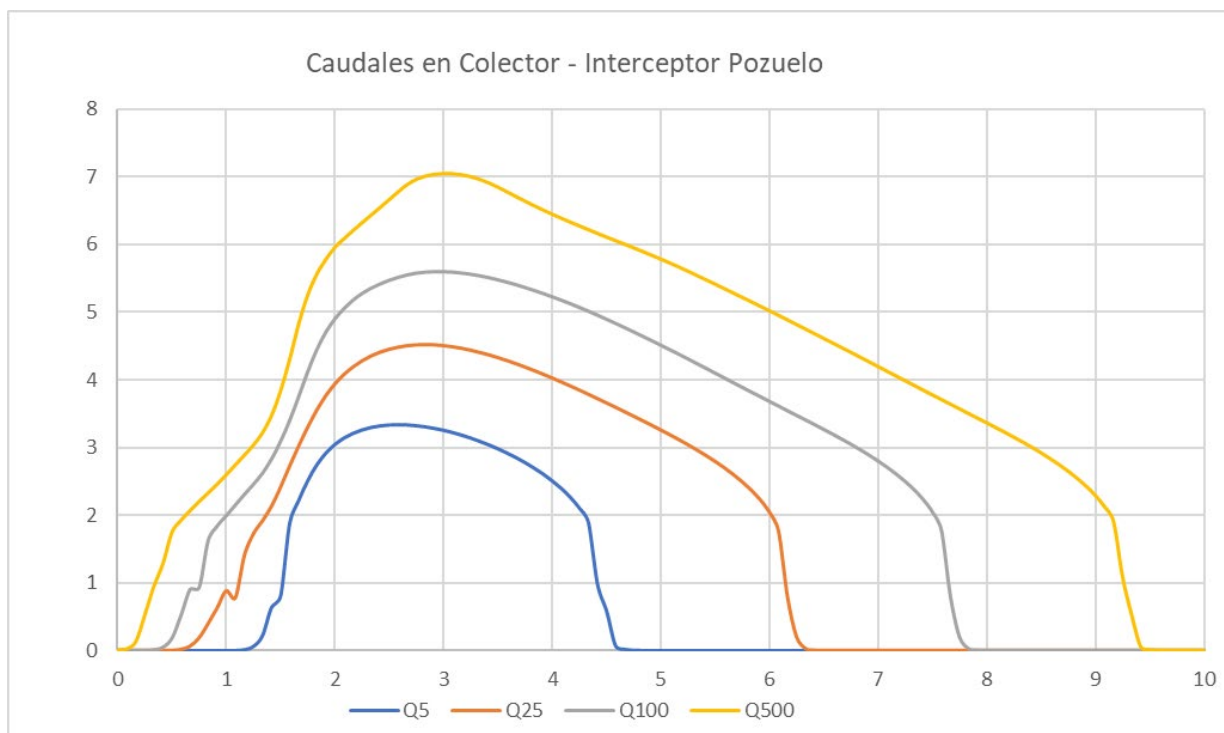
*Situación del Colector – Interceptor respecto a las cuencas iniciales del Arroyo Pozuelo, su cauce y el sector APR-4.2-02*

Según el proyecto constructivo, el Colector - Interceptor será capaz de recoger gran parte de la escorrentía de las cuencas de cabecera de los arroyos afluentes del Arroyo Pozuelo, siendo los caudales punta para los escenarios de período de retorno considerados los siguientes:

| Escenario                | Q5   | Q25  | Q100 | Q500 |
|--------------------------|------|------|------|------|
| QMAX (m <sup>3</sup> /s) | 3.34 | 4.53 | 5.59 | 7.05 |

*Caudales máximos interceptados por el Colector – Interceptor Pozuelo para los 4 escenarios de período de retorno considerados en el Proyecto Constructivo (Q5, Q25, Q100, Q500)*

Correspondiendo a cada uno de estos escenarios los siguientes hidrogramas:

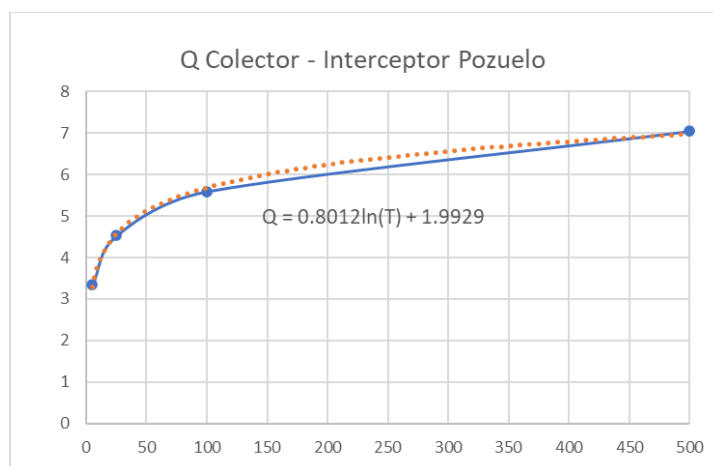


*Caudales transportados por el Colector – Interceptor Pozuelo para los 4 escenarios de período de retorno considerados en el Proyecto Constructivo (Q5, Q25, Q100, Q500)*

Si bien las hipótesis y metodologías hidrológicas seguidas en dicho Proyecto Constructivo no son exactamente iguales a las consideradas en el presente estudio, dado que se trata de ámbitos distintos, como el Colector – Interceptor se ha dimensionado para que entre en carga (es decir, el agua llenará por completo toda la sección circulando a presión), resulta admisible estimar que, para cada período de retorno, los caudales de la tabla adjunta representarán la máxima reducción posible en los caudales totales de la cuenca del Arroyo Pozuelo, es decir, el máximo caudal que esta infraestructura puede desviar de esta cuenca a la contigua, del Arroyo Antequina.

Estos caudales máximos se deducirán de los obtenidos en la Situación Futura Transitoria sin colector, consiguiendo los valores de caudales máximos de avenida en la Situación Futura Definitiva con colector.

Para obtener los caudales punta en los restantes períodos de retorno, se han extrapolado a partir de los del Proyecto, según el gráfico siguiente:



Caudales máximos Colector – Interceptor Pozuelo para los 4 escenarios de período de retorno considerados en el Proyecto Constructivo (Q5, Q25, Q100, Q500)

Obteniéndose los siguientes valores de caudales en el Colector – Interceptor:

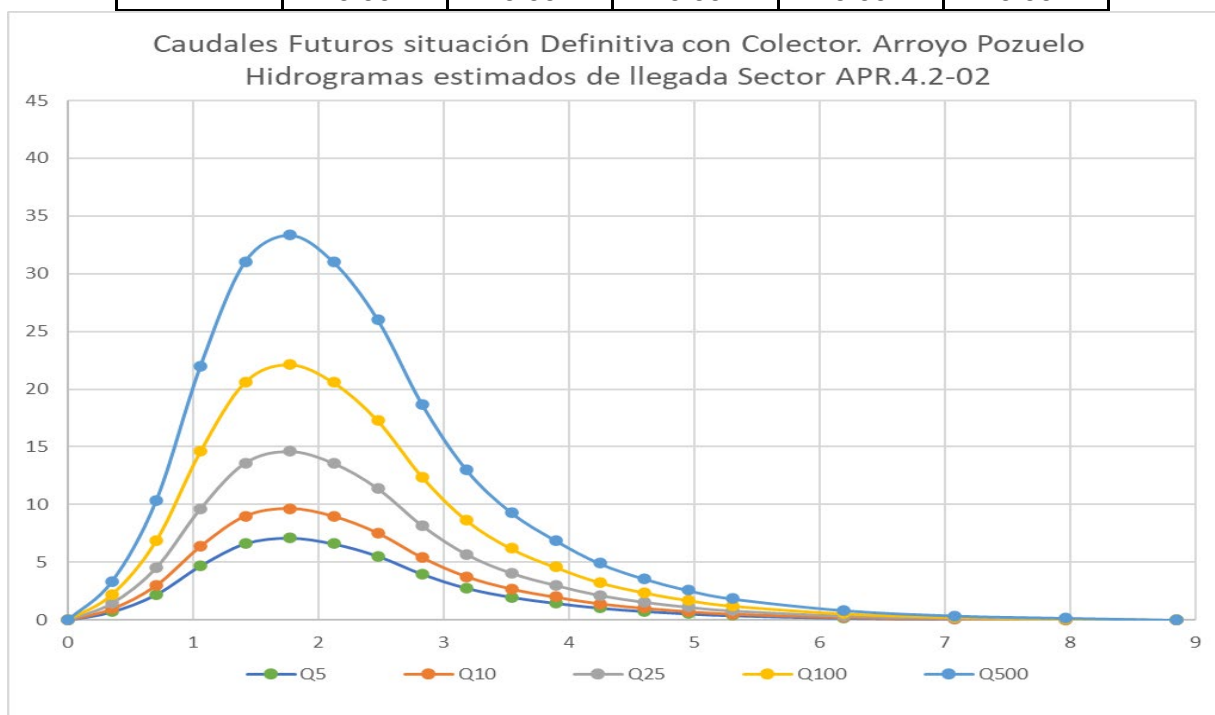
| CAUDALES MÁXIMOS (m <sup>3</sup> /s) | 2    | 5    | 10   | 15   | 25   | 50   | 100  | 500  |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Q Colector-Interceptor</b>        | 2.55 | 3.34 | 3.84 | 4.16 | 4.53 | 5.13 | 5.59 | 7.05 |

Si se restan estos caudales máximos en el Conector – Interceptor, se obtendrán los siguientes caudales punta en el Arroyo Pozuelo para la situación Futura Definitiva con Colector:

| CAUDALES PUNTA (m <sup>3</sup> /s)        | 2    | 5     | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   | 500   |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Qactual</b>                            | 4.68 | 9.05  | 11.69 | 13.85 | 16.58 | 19.72 | 24.03 | 35.04 |
| <b>Qfuturo Transitorio (sin Colector)</b> | 5.41 | 10.45 | 13.49 | 15.98 | 19.13 | 22.75 | 27.72 | 40.40 |
| <b>Qfuturo Definitivo (con Colector)</b>  | 2.86 | 7.10  | 9.65  | 11.82 | 14.60 | 17.63 | 22.12 | 33.35 |

Finalmente, los hidrogramas considerados en dicho escenario futuro definitivo, con el Colector – Interceptor en completo funcionamiento son los que se detallan en la tabla y gráfica adjunta:

| Hidrogramas de Caudales Futuros Situación Definitiva con Colector<br>Arroyo Pozuelo (m <sup>3</sup> /s) |      |      |       |       |       |
|---|------|------|-------|-------|-------|
| SCS (h)   | Q5   | Q10  | Q25   | Q100  | Q500  |
| 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
| 0.35  | 0.71 | 0.97 | 1.46  | 2.21  | 3.34  |
| 0.71  | 2.20 | 2.99 | 4.53  | 6.86  | 10.34 |
| 1.06  | 4.69 | 6.37 | 9.64  | 14.60 | 22.01 |
| 1.42  | 6.61 | 8.98 | 13.58 | 20.58 | 31.02 |
| 1.77  | 7.10 | 9.65 | 14.60 | 22.12 | 33.35 |
| 2.12  | 6.61 | 8.98 | 13.58 | 20.58 | 31.02 |
| 2.48  | 5.54 | 7.53 | 11.39 | 17.26 | 26.02 |
| 2.83  | 3.98 | 5.41 | 8.18  | 12.39 | 18.68 |
| 3.19  | 2.77 | 3.76 | 5.69  | 8.63  | 13.01 |
| 3.54  | 1.99 | 2.70 | 4.09  | 6.19  | 9.34  |
| 3.89  | 1.47 | 2.00 | 3.02  | 4.58  | 6.90  |
| 4.25  | 1.04 | 1.42 | 2.15  | 3.25  | 4.90  |
| 4.60  | 0.76 | 1.03 | 1.56  | 2.37  | 3.57  |
| 4.96  | 0.55 | 0.74 | 1.12  | 1.70  | 2.57  |
| 5.31  | 0.39 | 0.53 | 0.80  | 1.22  | 1.83  |
| 6.19  | 0.18 | 0.24 | 0.37  | 0.55  | 0.83  |
| 7.08  | 0.08 | 0.11 | 0.16  | 0.24  | 0.37  |
| 7.96  | 0.04 | 0.05 | 0.07  | 0.11  | 0.17  |
| 8.85  | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  | 0.00  |



*Hidrogramas de Cálculo Hidráulico empleados en las simulaciones 2D del estudio hidráulico de inundabilidad actual del Arroyo Pozuelo. Prognosis de caudales futuros según +15% CC situación definitiva considerando el Colector - Interceptor proyectado*

## 5. ESTUDIO HIDRÁULICO

El objetivo de este estudio hidráulico es determinar los niveles de inundación para avenidas de diversos periodos de retorno del Arroyo Pozuelo a lo largo de su recorrido por la parcela de estudio (Plan Parcial APR-4.2-02).

El cálculo de inundabilidad se ha llevado a cabo mediante modelización bidimensional con el software InfoWorks ICM, desarrollado por Innovyze, dentro de su filial inglesa de carácter privado dedicada a la investigación y consultoría en el marco de la ingeniería hidráulica y temas relacionados con el agua en general en todo el mundo. Fundada hace más de 50 años está formada por más de 200 ingenieros, científicos, matemáticos y personal logístico. Sus ensayos físicos, modelos numéricos, estudios de gabinete y toma de datos se respaldan con una amplia investigación de laboratorio. Entre sus mayores clientes se encuentran el Gobierno del Reino Unido, la Comisión Europea y Fundaciones Internacionales.

ICM simula el flujo bidimensional en superficie mediante la integración numérica de las ecuaciones de Saint-Venant en elementos prismáticos de base triangular bajo la hipótesis de aguas poco profundas que permite aproximar correctamente la velocidad total del agua en cada elemento sin considerar la componente vertical.

Cabe destacar que los cálculos se realizan siempre en régimen variable con integración completa de las ecuaciones de Saint Venant. El programa es capaz de pasar en las tuberías de lámina libre a presión y viceversa automáticamente, permitiendo la modelización de sifones, compuertas, bombeos y todos los elementos de una red de saneamiento y EDAR. Tanto para los cálculos hidráulicos como hidrológicos hay que indicar que se basa en el uso de SIG (MapInfo; ArcView, etc.) y permite el uso de datos de telemetría y SCADA.

El motor de simulación de InfoWorks ICM es reconocido mundialmente por su rapidez, y por el control que proporciona al usuario a lo largo del proceso de la simulación.

### *5.1.1. INFOWORKS ICM 2D –MALLADO TRIANGULAR SUPERFICIAL (ZONA 2D)*

El flujo bidimensional, denominado así porque se produce en todas las direcciones de un plano (caso de las calles sobre las que se mueve el agua de la precipitación) se resuelve mediante la utilización de una malla de elementos triangulares que abarca toda la superficie en la que se va a modelizar el flujo. Dicha malla se apoya sobre el modelo del terreno empleado, disponiendo cada elemento triangular con solera igual a la media de las cotas de los vértices, de manera que el fondo es horizontal, como se puede apreciar en la imagen 3D adjunta. Las ecuaciones de energía del agua se resuelven asumiendo que se trata de un flujo poco profundo y plano.

De este modo, cada elemento de la malla tiene, en todo su prisma de agua (producto de su superficie  $Z_B$  por su calado  $h$ ) la misma velocidad  $V$ .

En las imágenes siguientes se puede apreciar el modelo digital del terreno y la malla de elementos 2D para el cálculo hidráulico que se ha dispuesto sobre éste.



*Disposición de los elementos de cálculo bidimensional sobre el modelo digital del terreno de la zona modelizada*



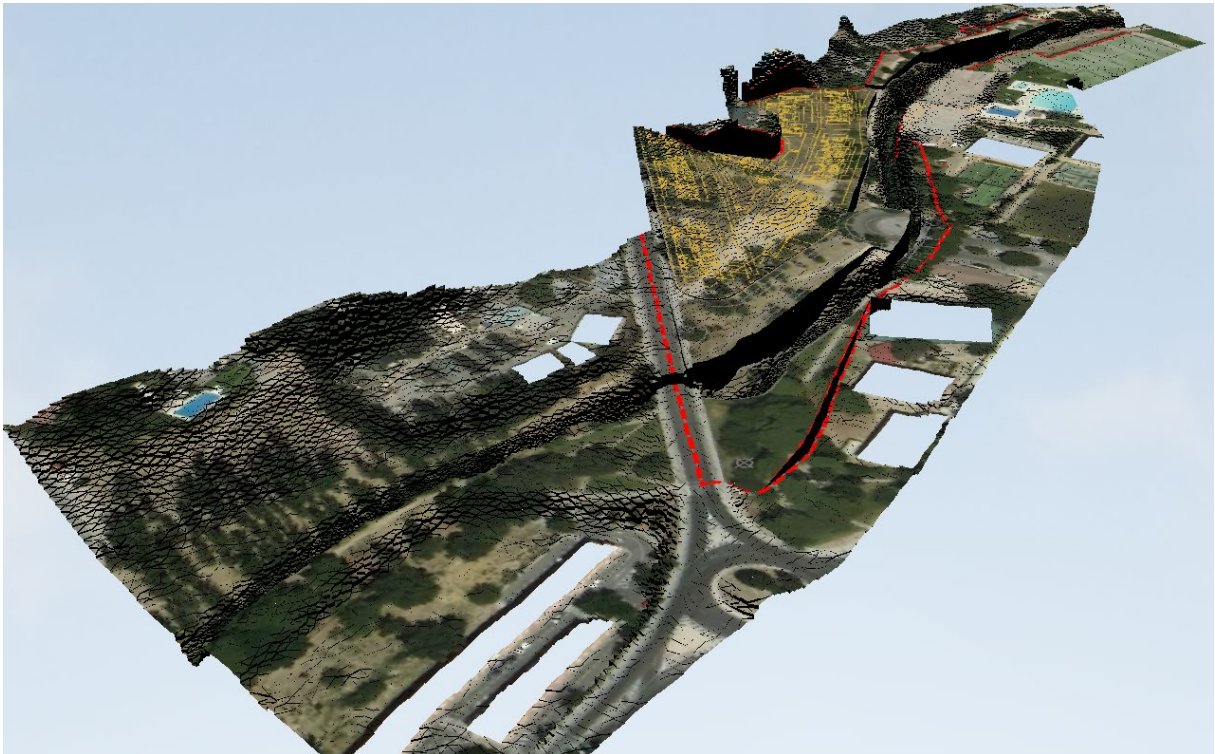
*Vista 3D en dirección O-E de la parcela sobre el modelo digital del terreno, apreciándose el cauce del Arroyo Pozuelo en la parte sur de la parcela. Exageración Vertical 5:1*



*Vista del modelo digital del terreno orientado de N-S. Exageración Vertical 2:1*



*Vista del modelo digital del terreno de la parcela del ámbito y el arroyo sobre ortofoto desde el Norte. Exageración Vertical 5:1*



Creación de los elementos de malla en el modelo 2D y vista 3D. Exageración Vertical 5:1

### 5.1.2. ECUACIONES FUNDAMENTALES

El movimiento del agua sobre la superficie terrestre tiene fundamentalmente dos componentes, por lo que se puede considerar el movimiento en un plano; este tipo de movimiento si se considera de poco espesor, no está afectado de forma sustancial por la componente vertical del movimiento, de forma que el vector velocidad  $V(u,v,w)$  puede ser aproximado por su variante bidimensional  $V(u,v)$ .

Para exponer las consideraciones teóricas de este tipo de movimiento se puede utilizar la siguiente notación:

Coordenadas cartesianas con ejes  $x$ ,  $y$  horizontales,  $z$  vertical.

Velocidad  $V(x,y)$

Superficie del fondo  $Z_B(x,y)$

Calado  $h(x,y)$

Superficie libre del agua  $L = Z_B + h$

Aceleración de la gravedad  $g$

“n” de Manning  $n$

La ecuación general del movimiento de un flujo poco profundo con superficie libre puede escribirse en la forma.

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \nabla F = S_b + S_f \quad (1)$$

Donde los vectores de flujo  $U$ ,  $S_b$  y  $S_f$  tienen la expresión:

$$U = \begin{bmatrix} h \\ hu \\ hv \end{bmatrix} \quad S_b = -gh \begin{bmatrix} 0 \\ \partial Z_b / \partial x \\ \partial Z_b / \partial y \end{bmatrix} \quad S_f = -\frac{g n^2 \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \begin{bmatrix} 0 \\ u \\ v \end{bmatrix}$$

Y  $F$  tiene la expresión:

$$F = (E, G) = \begin{bmatrix} hu & hv \\ h u^2 + g h^2 / 2 & h u v \\ h u v & h u^2 + g h^2 / 2 \end{bmatrix}$$

La ecuación de conservación de energía es:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + v \cdot \text{grad } H = g \frac{\partial h}{\partial t}$$

Siendo  $H(x, y)$  la energía según la expresión:

$$H = \frac{1}{2} V \cdot V + g(Z_b + h)$$

### 5.1.3. INTEGRACIÓN NUMÉRICA

La integración de la ecuación (1) en un volumen finito  $V_k$  se puede escribir (según F. Alcrudo y J. Mulet), en la forma:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{V_k} \mathbf{U} + dV + \oint_{S_k} \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} dS = \int_{V_k} (\mathbf{S}_b + \mathbf{S}_f) dV \quad (2)$$

Los autores usan el método clásico de TVD (Total Variation Diminishing), empleado para resolver ecuaciones diferenciales parciales a partir de la aproximación Roe de la solución de Riemann para extrapolar volúmenes finitos de doble paso, con precisión de segundo orden e integración explícita en el tiempo. Se ha comprobado que el método es estable y preciso en muchas aplicaciones, pudiéndose aplicar en mallas estructuradas y no estructuradas de elementos tanto triangulares como rectangulares.

La ecuación anterior puede discretizarse en la forma:

$$\mathbf{U}_k^{n+1/2} = \mathbf{U}_k^n - \frac{\Delta t}{2V_k} \sum_{wk=1}^{wk=nk} \mathbf{F}_{wk}^{*n} \cdot \mathbf{n}_{wk} \Delta s_{wk} + \frac{\Delta t}{2} (\mathbf{S}_{bk}^{*n} + \mathbf{S}_{fk}^{n+1/2})$$

$$\mathbf{U}_k^{n+1} = \mathbf{U}_k^n - \frac{\Delta t}{V_k} \sum_{wk=1}^{wk=nk} \mathbf{F}_{wk}^{*n+1/2} \cdot \mathbf{n}_{wk} \Delta s_{wk} + \Delta t (\mathbf{S}_{bk}^{*n+1/2} + \mathbf{S}_{fk}^{n+1}) \quad (3)$$

Donde  $U_k$  es el valor medio de las variables conservativas sobre el volumen finito  $V_k$  (ya que en el plano bidimensional,  $V_k$  es el área de una superficie), que está limitada por la superficie  $S_k$  (en el plano bidimensional, una línea).

$S_k$  se descompone en muros planos (segmentos de líneas en 2D) con áreas de superficie  $\Delta s_{wk}$ . El subíndice  $wk$  se refiere al muro del plano correspondiente en el que  $S_k$  se subdivide. El vector normal en sentido exterior de  $wk$  es  $n_{wk}$ .

Los superíndices  $n$ ,  $n+1/2$  y  $n+1$ , se refieren a sucesivos pasos temporales, con  $\Delta t$  el incrementode tiempo entre los niveles  $n$  y  $n+1$ .

$F^*$  representa el tensor numérico y  $S_b^*$  el vector numérico fuente, que corresponde sólo a la pendiente del lecho.

Las fuerzas de fricción  $S_f$  son directamente calculadas a partir de la expresión (4), que primero tiene que ser linealizada para evitar resolver un sistema no lineal; así:

$$S_{fk}^{n+1} \approx S_{fk}^n + \left[ \frac{\partial S_f}{\partial U} \right]_k^n (U_k^{n+1} - U_k^n) \quad (4)$$

El tensor numérico proyectado sobre el vector unitario normal al muro de la celda  $w_k$ , puede expresarse como:

$$F_{wk}^{*n} \cdot n_{wk} = \frac{1}{2} \left[ (F_R^n \cdot n)_{wk} + (F_L^n \cdot n)_{wk} - |\tilde{A}_{RLwk}| (U_R^n - U_L^n)_{wk} \right]$$

con:

$$F \cdot n = En_x + Gn_y$$

Donde  $n_{x,y}$  son los componentes  $x$  e  $y$  del vector unitario usual en las formulaciones de volúmenes finitos, y:

$$F_{R,L}^n = F(U_{R,L}^n)$$

$U_{R,L}^n$  es apropiado para aproximaciones al valor de  $U$ , respectivamente a la derecha (R) y a la izquierda (L) del punto medio del muro de la celda  $w_k$ . Estas aproximaciones se calculan a partir de las medias de las celdas de las celdas adyacentes y las pendientes tienen que ser limitadas para asegurar que la solución no tenga un comportamiento oscilatorio. En la literatura (Sleigh P.A., Gaskell P.H., Berzins M., Wright N.G., "An unstructured finite-volume algorithm for predicting flow in rivers and estuaries", *Computers & Fluids* 1998), (Darwish M.S., Moukalled F., "TVD schemes for unstructured grids", *In.j. Heat & Mass Transfer*. 2003) se pueden encontrar diferentes esquemas que respeten esas condiciones para mallas sin estructura. Se ha considerado que el lado izquierdo, L, del muro de la celda  $w_k$ , se encuentra dentro del volumen finito  $k$ , mientras que el derecho, R, es externo a éste. Esto equivale a recorrer los bordes del volumen finito en el sentido de las agujas del reloj para numerarlos.

$|\tilde{A}_{RLwk}|$  es la matriz cuyos autovalores son los módulos de los que en la matriz Roe (aproximación Roe de la solución de Riemann) corresponden al flujo normal y las diferencias variables a lo largo del muro de la celda  $w_k$ , habitualmente en esquema implícito:

$$(F_R^n \cdot n)_{wk} - (F_L^n \cdot n)_{wk} = \tilde{A}_{RLwk} \cdot (U_R - U_L)_{wk}$$

Para poder obtener el balance correcto entre la variación del primer término y el segundo término de la ecuación anterior, la función de la pendiente del lecho queda en la forma de la expresión siguiente:

$$S_{bk}^{*n} = \sum_{wk=1}^{wk=nk} \left[ \frac{1}{2} \left( I - \left| \tilde{A}_{RL_{wk}} \right| \cdot \tilde{A}_{RL_{wk}}^{-1} \right) \cdot \tilde{S}_{wk} + \tilde{S}_{Lk} \right]$$

Por otro lado, el término de evaluación,  $S_{wk}$  se calcula a partir de los valores medios de la aproximación de Roe, a fin de conseguir la compatibilidad entre ambos términos, según:

$$\tilde{S}_{wk} = -g\Delta s_{wk} \frac{h_R + h_L}{2} (z_{B_{wk}} - z_{B_k}) \begin{bmatrix} 0 \\ (n_{wk})_x \\ (n_{wk})_y \end{bmatrix}$$

Donde de nuevo, los subíndices L y R denotan la extrapolación de h a la izquierda (l) y a la derecha (R) del muro  $w_k$ , considerando que de acuerdo al criterio previamente indicado, L corresponde al interior de la celda k, y R al exterior. La expresión  $(z_{B_{wk}} - z_{B_k})$  corresponde a la diferencia entre la elevación del muro externo de la celda (R)  $w_k$ ,  $z_{B_{wk}}$ , y la elevación a considerar de la celda  $z_{B_k}$ . Finalmente,  $(n_{wk})_{xy}$  son los componentes x e y del vector unitario normal externo a la cara  $w_k$ . El último término de la ecuación es:

$$\tilde{S}_{Lk} = -g\Delta s_{wk} \frac{h_L + h_k}{2} (z_{B_{wk}} - z_{B_k}) \begin{bmatrix} 0 \\ (n_{wk})_x \\ (n_{wk})_y \end{bmatrix}$$

Donde  $h_k$  es el calado del agua en el centro de la celda k.

#### 5.1.4. IMPORTACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN ICM

InfoWorks ICM funciona de un modo muy similar a un GIS. Existen tablas de los distintos elementos donde se definen sus propiedades.

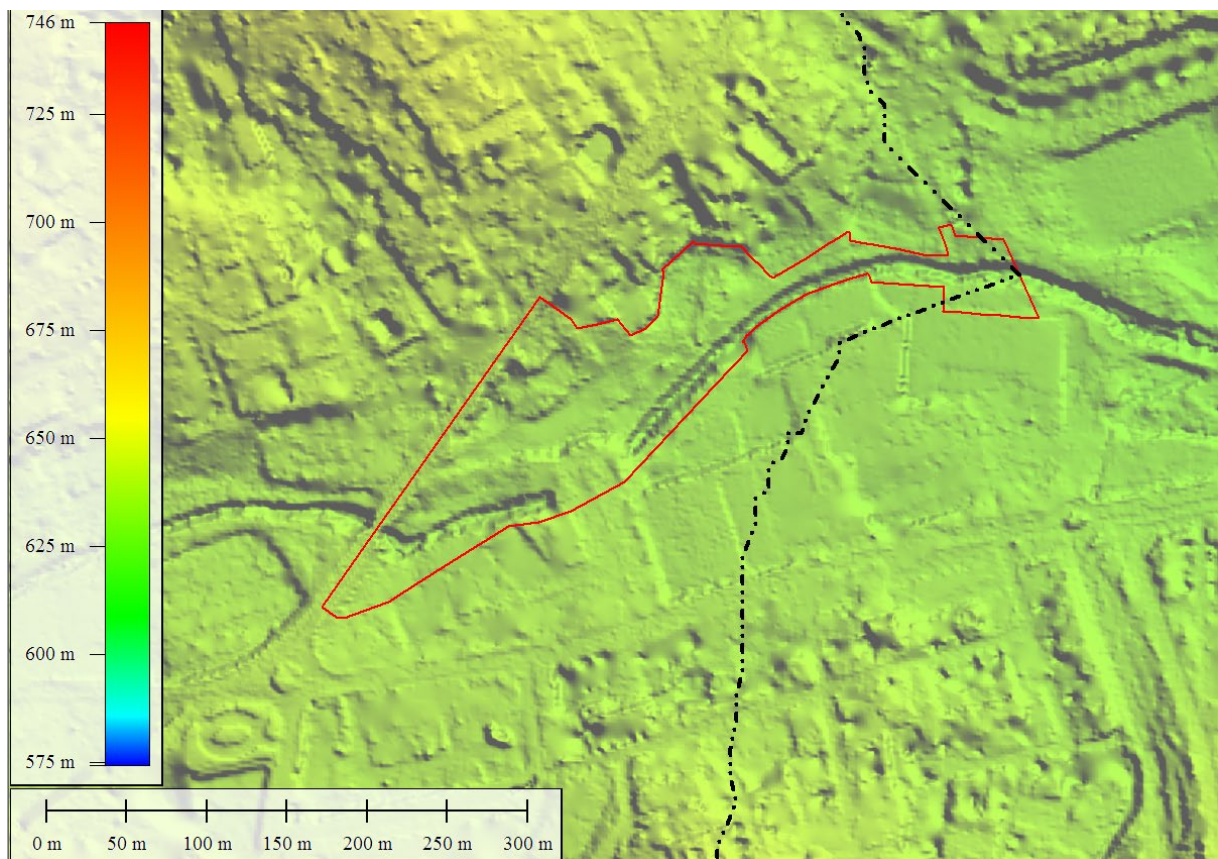
La información de partida puede estar en diferentes formatos para su importación, siendo el .shp uno de los más directos y que menos pasos requiere. Este proceso es bidireccional, en el sentido en que cualquier elemento con y sin resultados puede ser exportado directamente a formato .shp manteniendo toda la información. La importación y exportación de datos se lleva a cabo mediante el centro de importado/exportado de datos donde la asignación de campos entre el archivo .shp e ICM es directa.

## 5.2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Se ha llevado a cabo una modelización hidráulica bidimensional incorporando los datos de topografía disponibles del levantamiento de la parcela junto con los caudales obtenidos en el estudio hidrológico.

### 5.2.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

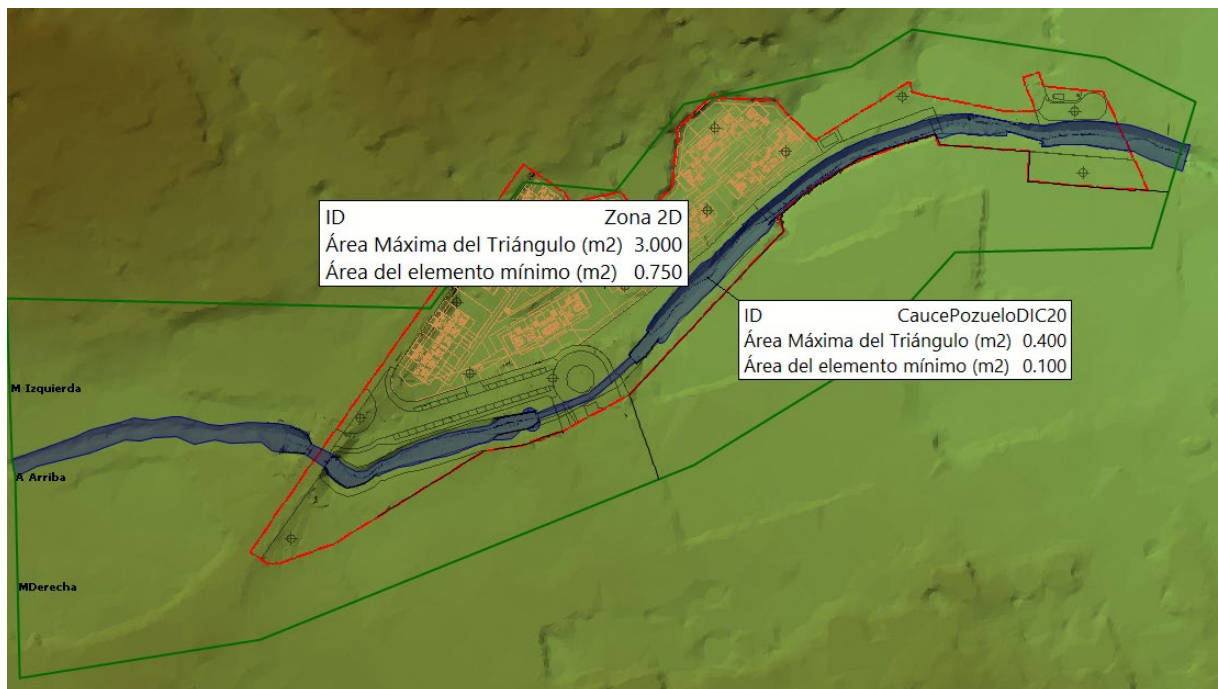
Con los datos de topografía disponibles se ha generado un modelo digital del terreno que representa la parcela de estudio, el cauce del arroyo Pozuelo contiguo, y una cierta extensión aguas arriba y aguas abajo en el cauce para que los resultados sean más objetivos:



Vista general del MDT de trabajo

### 5.2.2. MALLA DE ELEMENTOS 2D

El mallado se ha dispuesto alrededor del Arroyo Pozuelo, incorporando dos zonas de distinto tamaño de elementos: la del Cauce, de 0.1 a 0.4 m<sup>2</sup> y la llanura de inundación, de 0.75 a 3 m<sup>2</sup>.



Distintos tamaños de Mallado 2D considerado en los cálculos

### 5.2.3. HIDROGRAMAS DE ENTRADA

Los hidrogramas de entrada son los obtenidos des estudio hidrológico, que se incluyen de nuevo aquí:

| T           | Q5          | Q10          | Q25          | Q100         | Q500         | Q5           | Q10          | Q25          | Q100         | Q500         |
|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0.00        | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |
| 0.35        | 0.90        | 1.17         | 1.66         | 2.40         | 3.50         | 1.04         | 1.35         | 1.91         | 2.77         | 4.04         |
| 0.71        | 2.81        | 3.62         | 5.14         | 7.45         | 10.86        | 3.24         | 4.18         | 5.93         | 8.59         | 12.52        |
| 1.06        | 5.97        | 7.72         | 10.94        | 15.86        | 23.12        | 6.89         | 8.90         | 12.62        | 18.29        | 26.66        |
| 1.42        | 8.42        | 10.87        | 15.42        | 22.35        | 32.58        | 9.71         | 12.55        | 17.79        | 25.78        | 37.57        |
| <b>1.77</b> | <b>9.05</b> | <b>11.69</b> | <b>16.58</b> | <b>24.03</b> | <b>35.04</b> | <b>10.45</b> | <b>13.49</b> | <b>19.13</b> | <b>27.72</b> | <b>40.40</b> |
| 2.12        | 8.42        | 10.87        | 15.42        | 22.35        | 32.58        | 9.71         | 12.55        | 17.79        | 25.78        | 37.57        |
| 2.48        | 7.06        | 9.12         | 12.93        | 18.74        | 27.33        | 8.15         | 10.52        | 14.92        | 21.62        | 31.51        |
| 2.83        | 5.07        | 6.55         | 9.29         | 13.46        | 19.62        | 5.85         | 7.55         | 10.71        | 15.52        | 22.62        |
| 3.19        | 3.53        | 4.56         | 6.47         | 9.37         | 13.66        | 4.07         | 5.26         | 7.46         | 10.81        | 15.76        |
| 3.54        | 2.53        | 3.27         | 4.64         | 6.73         | 9.81         | 2.92         | 3.78         | 5.36         | 7.76         | 11.31        |
| 3.89        | 1.87        | 2.42         | 3.43         | 4.97         | 7.25         | 2.16         | 2.79         | 3.96         | 5.74         | 8.36         |
| 4.25        | 1.33        | 1.72         | 2.44         | 3.53         | 5.15         | 1.54         | 1.98         | 2.81         | 4.07         | 5.94         |
| 4.60        | 0.97        | 1.25         | 1.77         | 2.57         | 3.75         | 1.12         | 1.44         | 2.05         | 2.97         | 4.32         |
| 4.96        | 0.70        | 0.90         | 1.28         | 1.85         | 2.70         | 0.80         | 1.04         | 1.47         | 2.13         | 3.11         |
| 5.31        | 0.50        | 0.64         | 0.91         | 1.32         | 1.93         | 0.57         | 0.74         | 1.05         | 1.52         | 2.22         |
| 6.19        | 0.23        | 0.29         | 0.41         | 0.60         | 0.88         | 0.26         | 0.34         | 0.48         | 0.69         | 1.01         |
| 7.08        | 0.10        | 0.13         | 0.18         | 0.26         | 0.39         | 0.11         | 0.15         | 0.21         | 0.30         | 0.44         |
| 7.96        | 0.05        | 0.06         | 0.08         | 0.12         | 0.18         | 0.05         | 0.07         | 0.10         | 0.14         | 0.20         |
| 8.85        | 0.00        | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         | 0.00         |

## 5.3. PARÁMETROS DE MODELIZACIÓN

### 5.3.1. CONDICIONES DE CONTORNO

La entrada de los distintos caudales (5, 10, 25, 100 y 500 años) se ha modelizado mediante un hidrograma sintético SCS (cuyos parámetros se han calculado en el apartado 3.6) introducido en la sección central del cauce del Arroyo Pozuelo situada al inicio del tramo modelizado.

La sección de salida se corresponde con el límite este de la zona modelizada, habiéndose dispuesto condición normal del flujo, lo cual significa que el agua mantiene la misma pendiente de energía al salir de la frontera de la malla 2D.

En la planta siguiente se adjunta una planta en la que se aprecia:

1. La sección de entrada de caudales, correspondiente a la sección de aguas bajas del Arroyo Pozuelo al oeste del ámbito.
2. La zona de salida del agua del modelo 2D, en la parte Este del ámbito.
3. La zona de aguas bajas del cauce, sombreada en azul.
4. Los límites del ámbito, en línea discontinua roja.
5. La extensión del modelo hidráulico 2D, bordeado en amarillo.



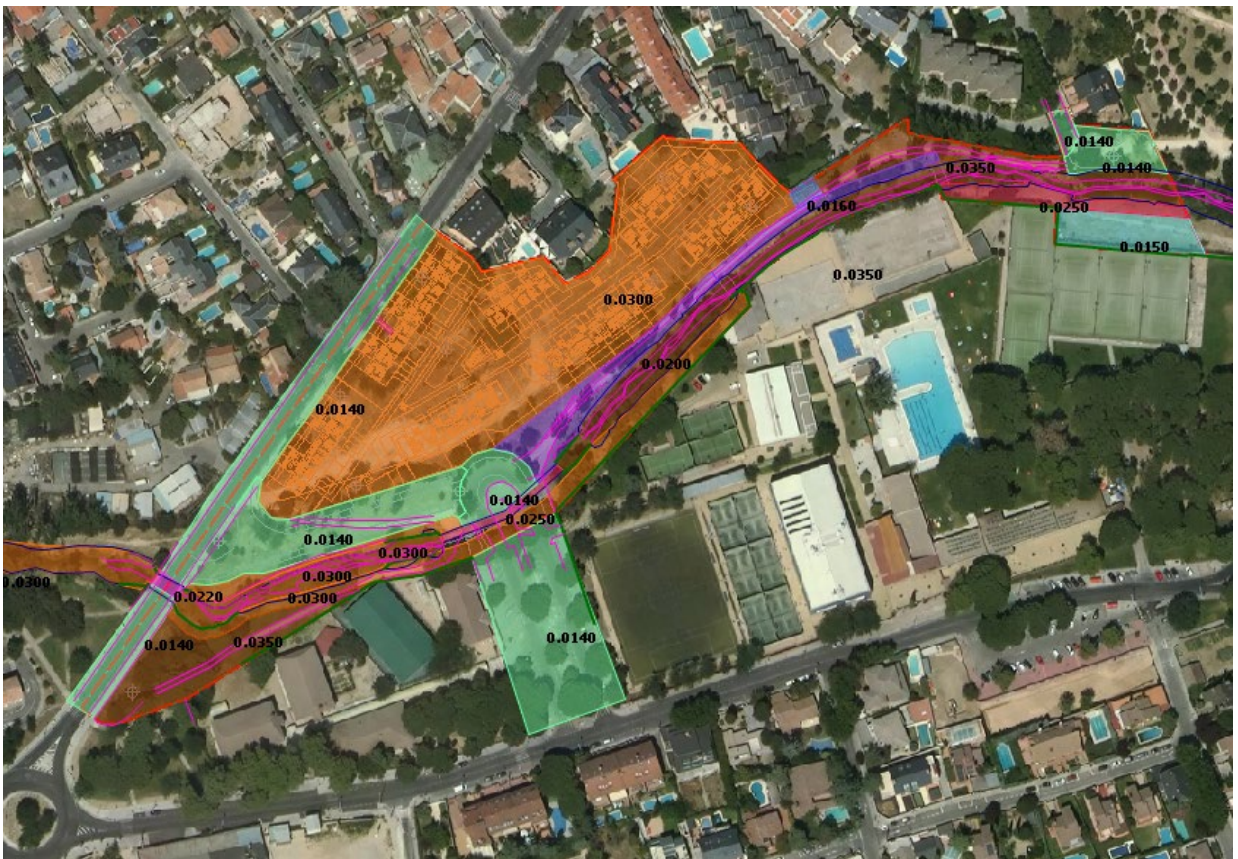
*Secciones de entrada y de salida de caudales al Arroyo Pozuelo*

### 5.3.2. RUGOSIDAD: NÚMERO DE MANNING

Los valores que se han utilizado para la modelación del tramo de estudio se han extraído de *Open-ChannelHydraulics* (CHOW, 1959). Se ha preferido emplear rugosidades altas para no imprimir un sesgo de menor riesgo al estudio hidráulico de inundabilidad.

| Zona   | Rugosidad de Manning considerada |
|--|----------------------------------|
| Zonas de Servicios Urbanos                     | 0.015-0.016                      |
| Viario pavimentado continuo                    | 0.014                            |
| Paso inferior Arroyo Plaza de Roma (corrugado) | 0.025                            |
| Cauce Arroyo Pozuelo                           | 0.030                            |
| Resto urbanización, bosque discontinuo         | 0.035                            |

A continuación, se incluye una planta con los valores de Manning utilizados en cada una de las zonas:



*Planta de rugosidades de Manning consideradas en los modelos*



5.4.2. Q10 situación actual

Una vez realizada la simulación para el caudal correspondiente a Q10 años, de valor punta 11.69 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>10</sub> actual. En rojo, el límite de la parcela

5.4.3. Q25 situación actual

Una vez realizada la simulación para el caudal correspondiente a Q25 años, de valor punta  $16.58 \text{ m}^3/\text{s}$ , se adjuntan los resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>25</sub> actual. En rojo, el límite de la parcela

5.4.4. *Q100 situación actual*

Una vez realizada la simulación para el caudal correspondiente a Q100 años, de valor punta 24.03 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los resultados de Inundación Máxima:



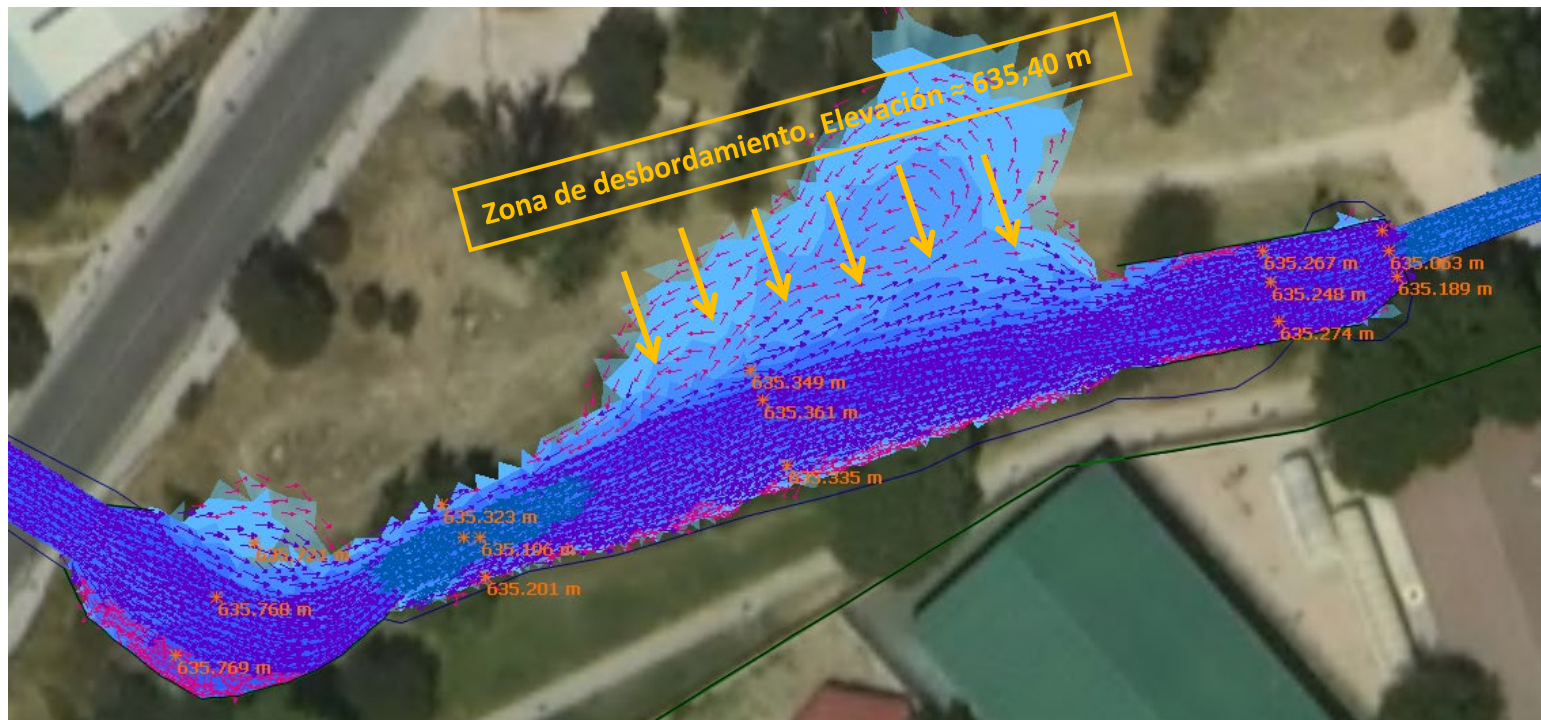
Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>100</sub> actual. En rojo, el límite de la parcela



#### 5.4.6. Actuaciones de regularización del entorno del Arroyo

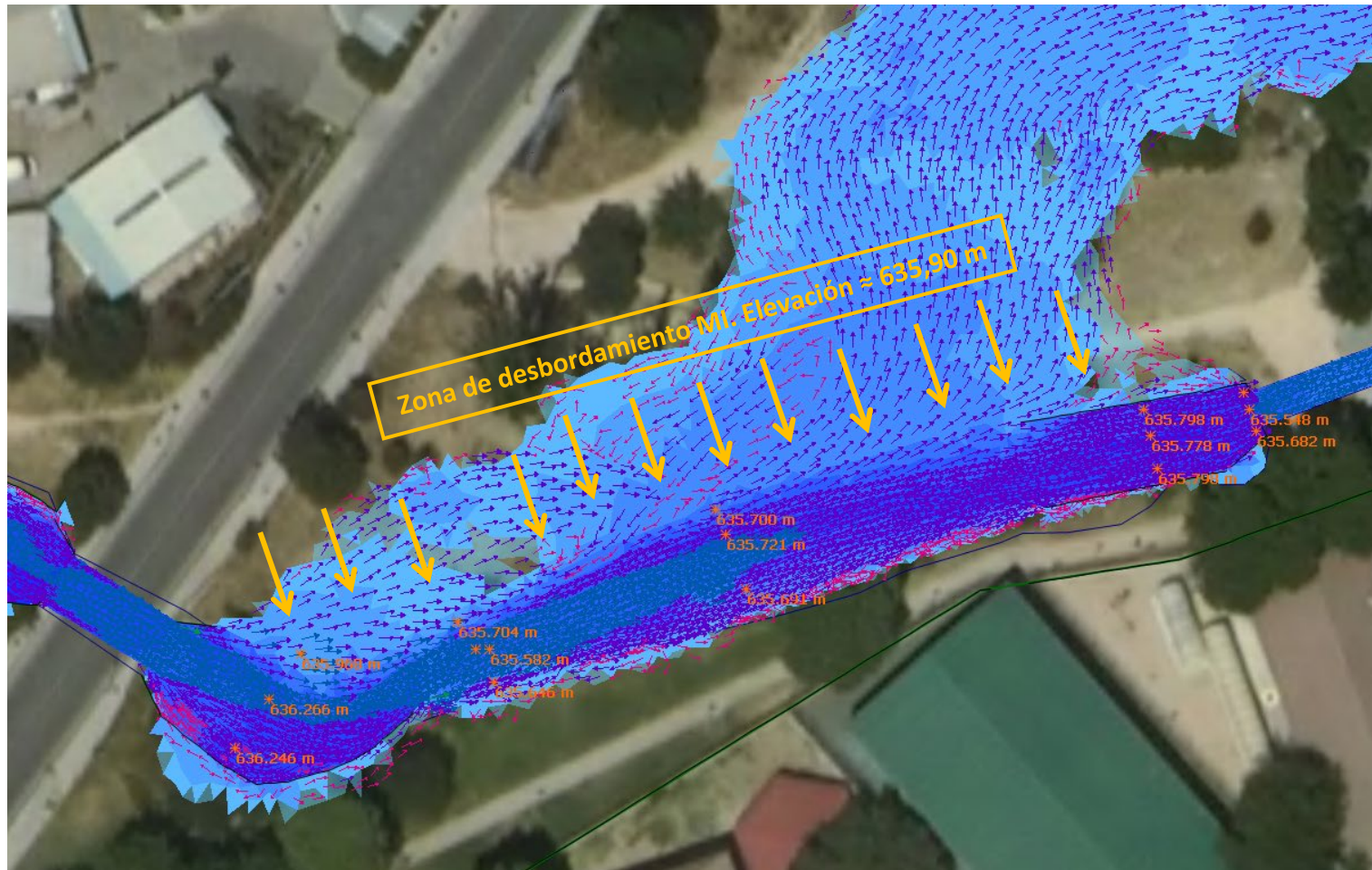
Actualmente el cauce del Arroyo Pozuelo presenta capacidad suficiente como para transportar sin desbordamiento el caudal correspondiente a la crecida máxima ordinaria (DPH), que se ha determinado en 5 años de período de retorno, así como el de la crecida de 10 años de período de retorno. Los puntos en los que se han planteado actuaciones para evitar las inundaciones en el tramo son las siguientes:

1. **Entre los cruces bajo la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, el cauce presenta problemas de desbordamiento en su margen izquierda a partir del caudal de 25 años de período de retorno, ya que el terreno en ese punto está relativamente bajo respecto al contiguo al este y oeste.**



Arroyo Pozuelo entre la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, situación actual. Desbordamiento para Q25 años del cauce en la margen izquierda

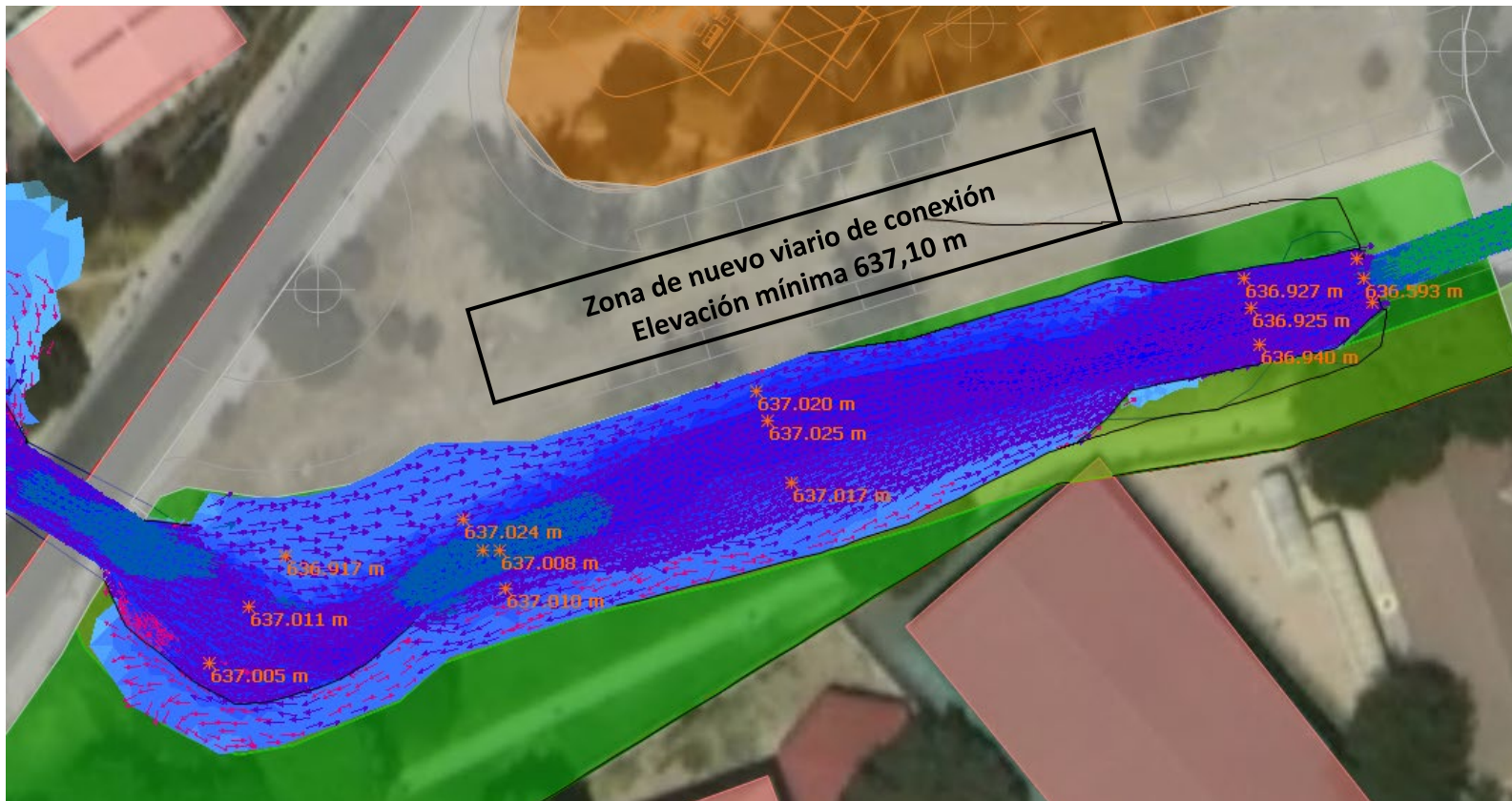
Para la inundación de Q25 años, se aprecia que la elevación del agua en este tramo está entre 635,27 y 635,50 m. La margen izquierda se encuentra aproximadamente a la cota 635,10 m.



Arroyo Pozuelo entre la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, situación actual. Desbordamiento para Q500 años del cauce en la margen izquierda

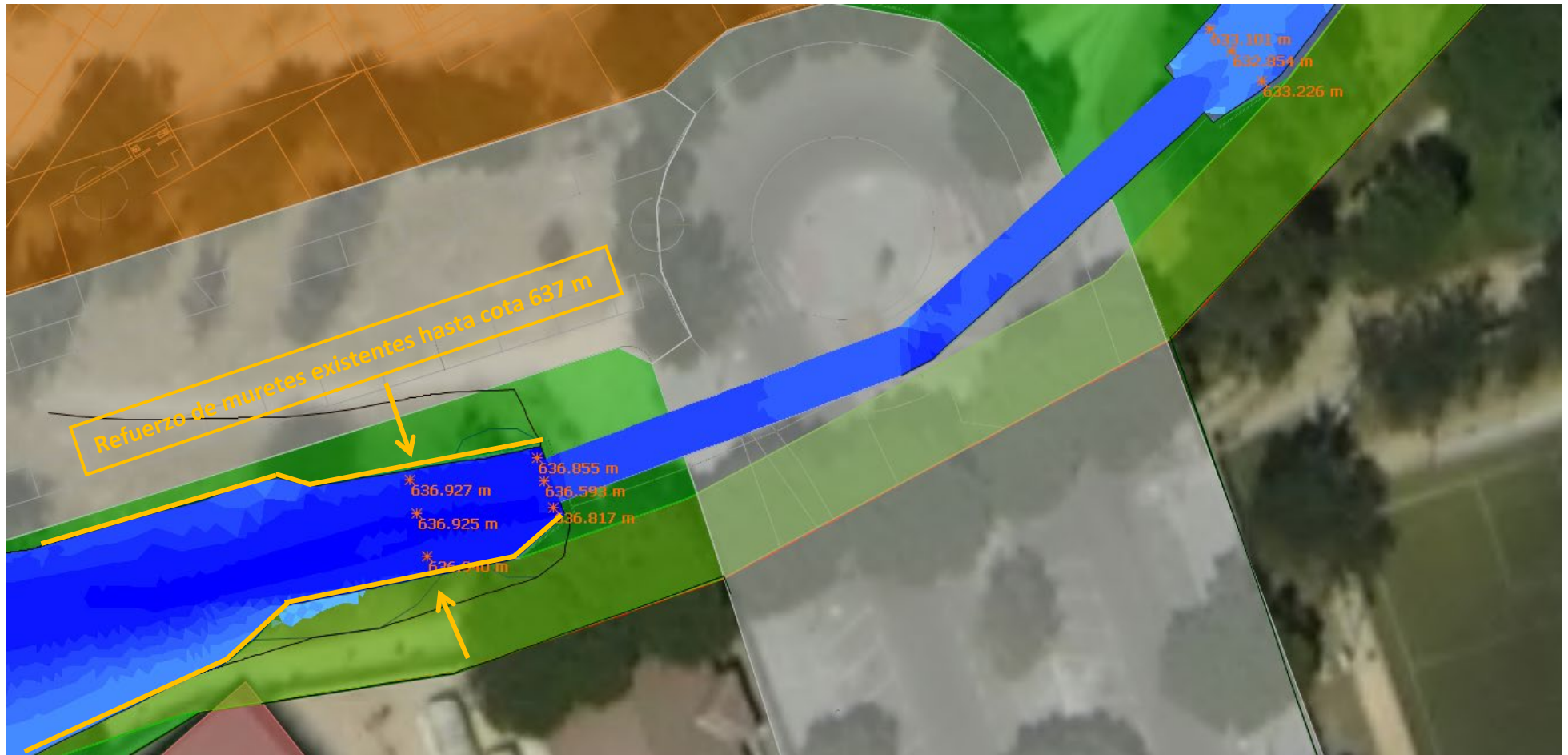
En la simulación de la avenida para Q500 años, se observa que las elevaciones máximas del agua están entre 635,90 y 635,70 m. La margen izquierda se encuentra aproximadamente a la cota 635,10 m, por lo que desborda en una longitud mayor que en el caso anterior.

En la situación futura, aunque el caudal punta de avenida sea mayor, es posible evitar el desbordamiento del cauce mediante la urbanización del sector, ya que en esta margen se va a disponer una zona de **viario, que irá ligeramente sobreelevado**, ya que debe conectar la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, ambas elevadas respecto al terreno intermedio. Este viario ha de tener **como mínimo una elevación de 637,10 m** para que no se vea afectado por las crecidas del Arroyo.



Arroyo Pozuelo entre la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, situación futura con disposición de nuevo viario, que impide que desborde el cauce.  
Simulación para Q500 años

2. En el entorno de la obra de paso bajo la Plaza de Roma, los muretes de protección presentan discontinuidades y son relativamente bajos. Se propone **tapar los huecos existentes sólo en la embocadura de aguas arriba**, en la de aguas abajo no es necesario. Además, sería preciso **recrecerlos hasta la cota 637 m**, en las localizaciones siguientes, marcadas con líneas amarillas en la planta adjunta:

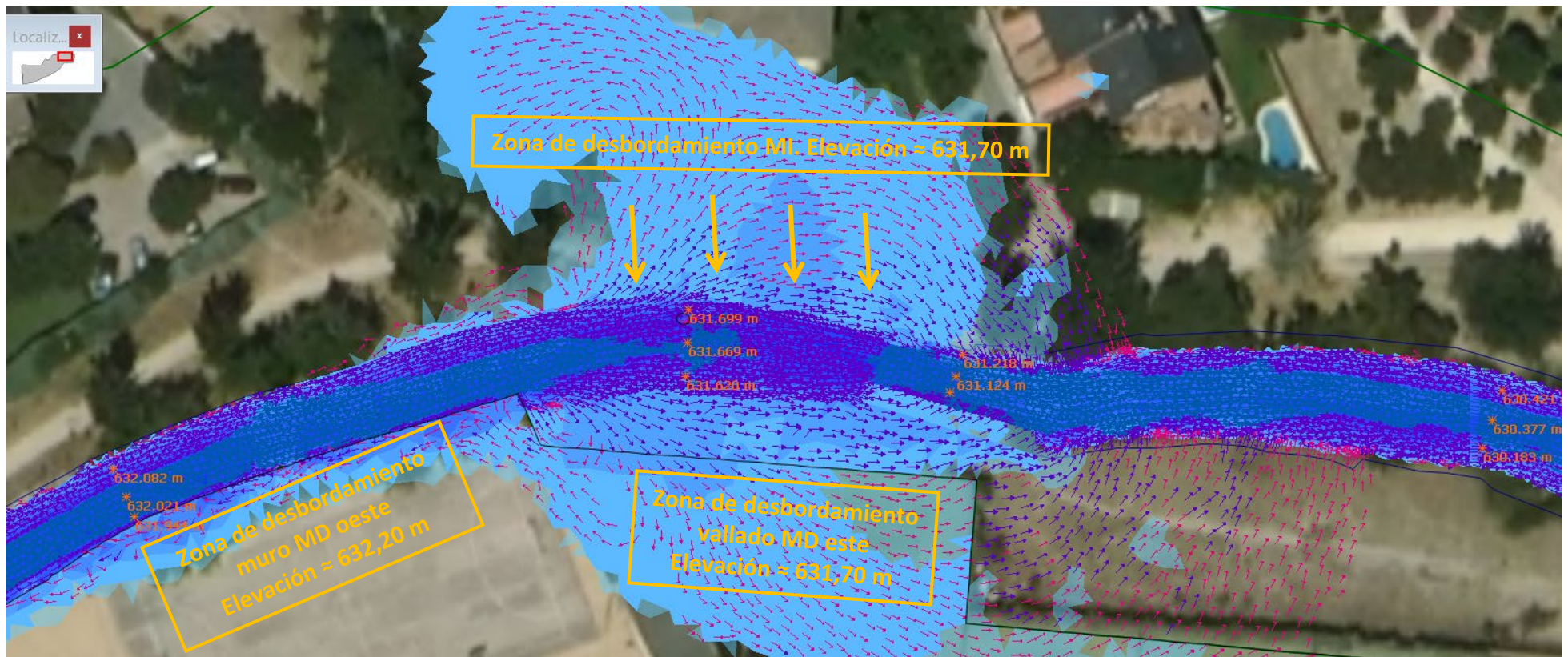


Arroyo Pozuelo a la altura de la embocadura bajo la Plaza de Roma, situación futura con refuerzo de muretes del encauzamiento, que impiden que desborde el cauce. Simulación para Q500 años

3. En el entorno del Polideportivo Carlos Ruiz se presentan problemas de inundabilidad en su parte más aguas abajo, tanto en la margen derecha como en la izquierda.

En la **margen derecha parte oeste**, el arroyo invade las pistas porque **desborda ligeramente el muro de protección** a la altura de las canchas de baloncesto. En la misma margen, pero en la **parte este**, sería necesario **disponer un pequeño murete** para proteger las pistas de pádel.

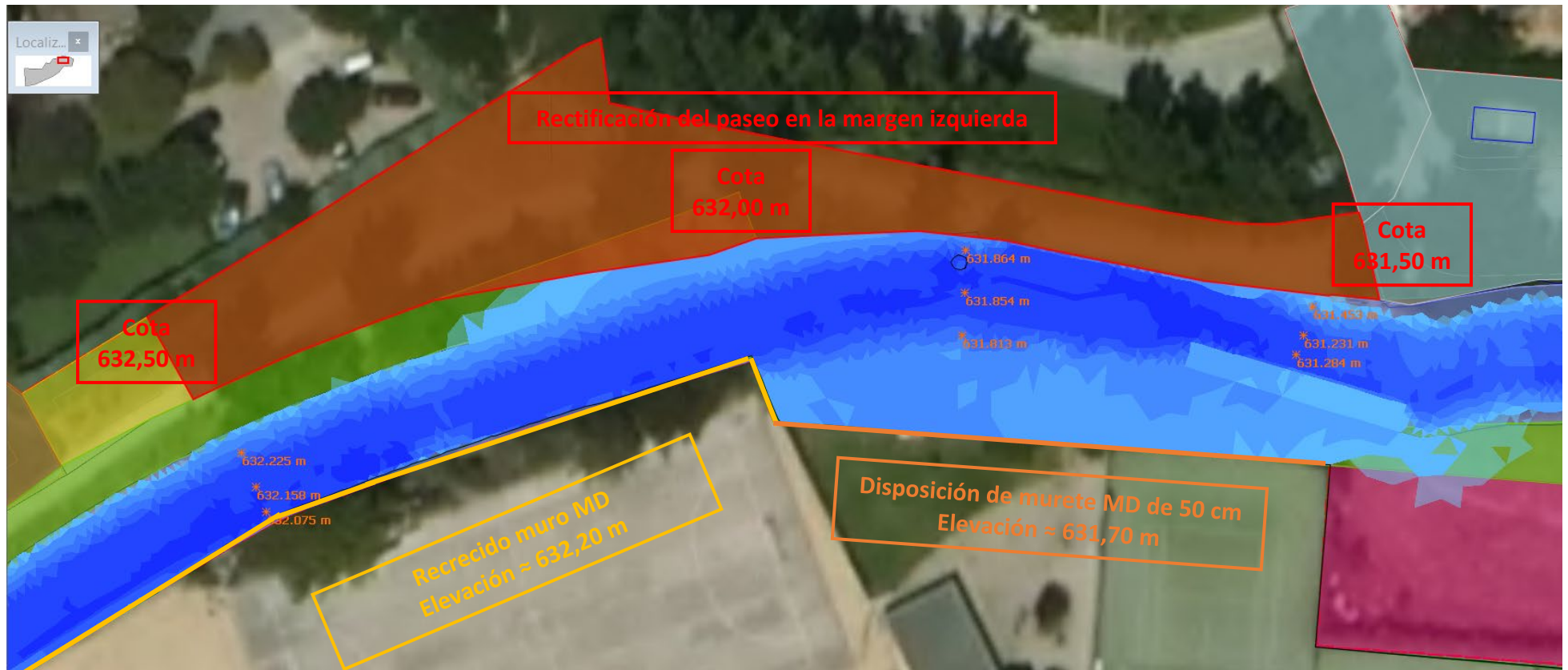
En la **margen izquierda**, el **terreno es un poco más bajo** en esa zona (cota 631,10 m, aproximadamente 60-90 cm más bajo que el terreno circundante), mientras que el arroyo alcanza una elevación en esa curva de 631,70 m, por eso desborda en esa localización.



Arroyo Pozuelo a la altura del Polideportivo Carlos Ruiz, situación actual. Desbordamiento para Q500 años del cauce en ambas márgenes

Para solucionar los problemas de desbordamiento del arroyo en esta localización se proponen las siguientes actuaciones:

- **Recrecimiento del muro de protección de la pista de baloncesto y fútbol hasta la cota 632,20 m.**
- Disposición de un **murete de 50 cm** en el perímetro de las **primeras pistas de pádel**, hasta la cota **631,9 m**.
- **Rectificación de paseo** a lo largo del arroyo en la margen izquierda para que **el terreno suba con pendiente constante de la cota 631,50 m en el extremo este hasta la 632,50 m, en el oeste**. Zona marcada en rojo en la planta adjunta:



Arroyo Pozuelo a la altura del Polideportivo Carlos Ruiz, situación futura. Actuaciones propuestas para evitar el desbordamiento para Q500 años del cauce en ambas márgenes

5.4.7. *Q5 situación futura transitoria sin Colector*

Una vez realizada la simulación para el caudal futuro de Q5 años, de valor punta  $10.45 \text{ m}^3/\text{s}$ , se adjuntan los resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para  $Q_5$  futuro transitorio. En rojo, el límite de la parcela

5.4.8. *Q10 situación futura transitoria sin Colector*

Una vez realizada la simulación para caudal futuro de Q10 años, de valor punta 13.49 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>10</sub> futuro transitorio. En rojo, el límite de la parcela

5.4.9. *Q25 situación futura transitoria sin Colector*

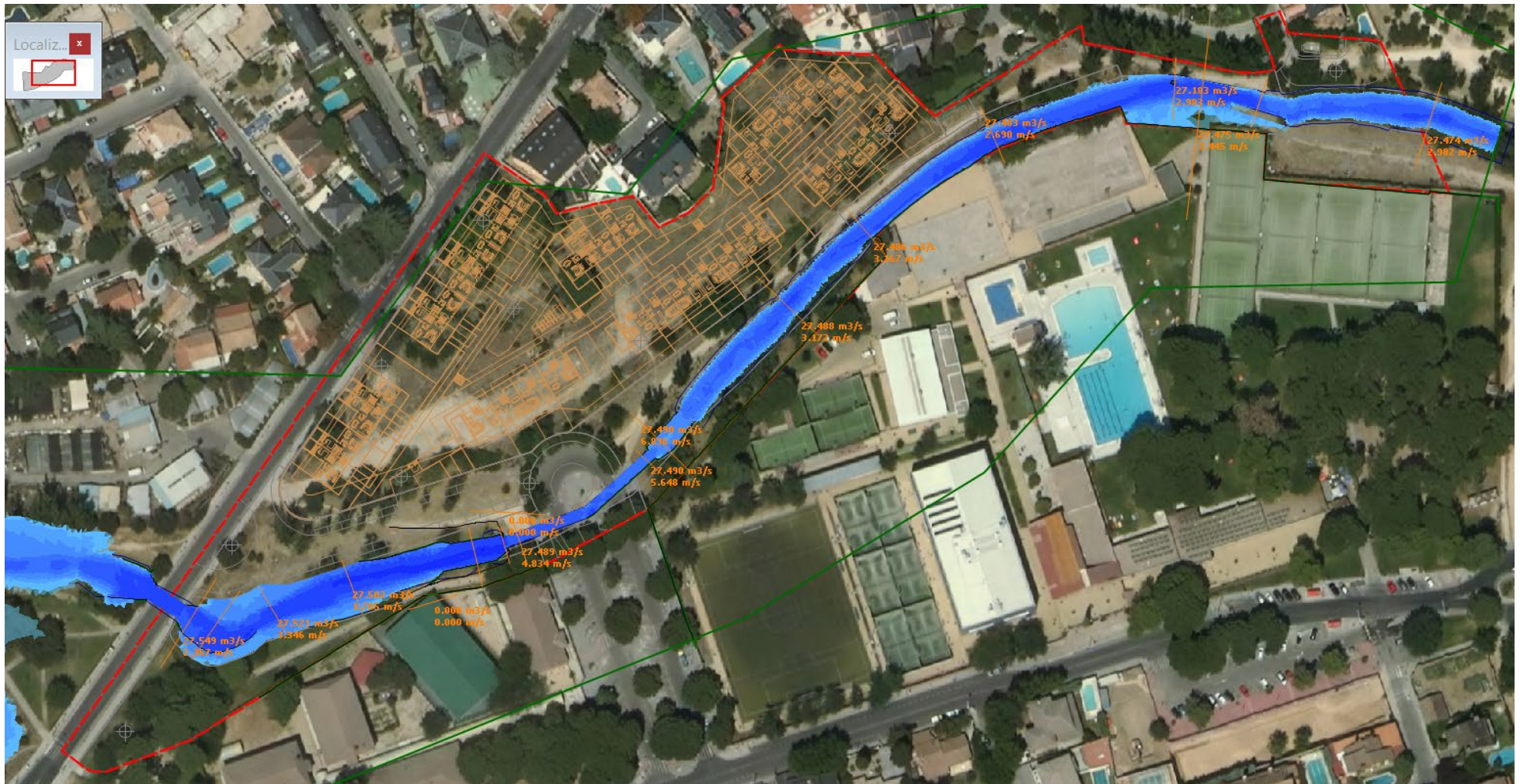
Una vez realizada la simulación para caudal futuro de Q25 años, de valor punta 19.13 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>25</sub> futuro transitorio. En rojo, el límite de la parcela

5.4.10. *Q100 situación futura transitoria sin Colector*

Una vez realizada la simulación para el caudal futuro de Q100 años, de valor punta 27.72 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>100</sub> futuro transitorio. En rojo, el límite de la parcela



5.4.12. *Q5 situación futura definitiva con Colector – Interceptor*

Una vez realizada la simulación para el caudal futuro definitivo, que incluye la intercepción de caudales del Colector, de Q5 años, de valor punta  $7.10 \text{ m}^3/\text{s}$ , se adjuntan los siguientes resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afectación de avenida para  $Q_5$  futuro definitivo. En rojo, el límite de la parcela

5.4.13. *Q10 situación futura definitiva con Colector – Interceptor*

Una vez realizada la simulación para el caudal futuro definitivo, que incluye la intercepción de caudales del Colector, de Q10 años, de valor punta  $9.65 \text{ m}^3/\text{s}$ , se adjuntan los siguientes resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para  $Q_{10}$  futuro definitivo. En rojo, el límite de la parcela

5.4.14. *Q25 situación futura definitiva con Colector – Interceptor*

Una vez realizada la simulación para el caudal futuro definitivo, que incluye la intercepción de caudales del Colector, de Q25 años, de valor punta 14.60 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los siguientes resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para Q25 futuro definitivo. En rojo, el límite de la parcela

5.4.15. *Q100 situación futura definitiva con Colector – Interceptor*

Una vez realizada la simulación para el caudal futuro definitivo, que incluye la interceptión de caudales del Colector, de Q100 años, con un valor punta de 22.12 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los siguientes resultados de Inundación Máxima:



Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>100</sub> futuro definitivo. En rojo, el límite de la parcela

5.4.16. *Q500 situación futura definitiva con Colector – Interceptor*

Una vez realizada la simulación para el caudal futuro definitivo, que incluye la intercepción de caudales del Colector, de Q500 años, con un valor punta definitivo de 33.35 m<sup>3</sup>/s, se adjuntan los siguientes resultados de Inundación Máxima:

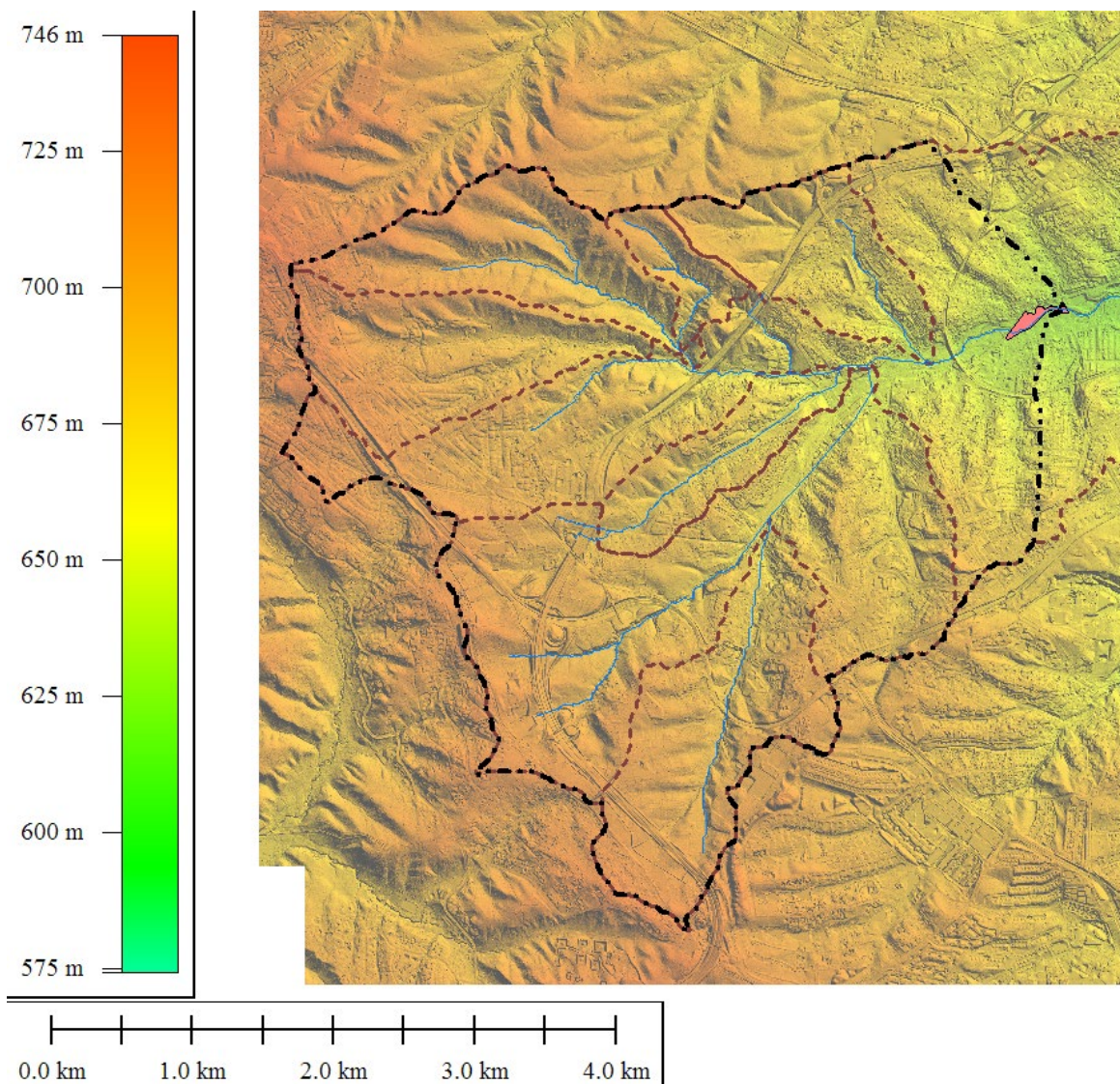


Vista general de la zona de afección de avenida para Q<sub>500</sub> futuro definitivo. En rojo, el límite de la parcela

## 6. CONCLUSIONES

Se ha realizado el estudio hidrológico e hidráulico del Arroyo Pozuelo, a su paso al sur de la parcela correspondiente al Plan Parcial de reforma interior del APR-4.2.

Este arroyo tiene una cuenca hasta el punto de salida del Plan Parcial con las siguientes características:



*MDT de situación con ubicación de la parcela del APR-4.2-02 (en rosa), el límite de cuenca del Arroyo Pozuelo hasta la parcela (en negro)*

| Cuenca           | Longitud (km) | Cota máxima (m) | Cota mínima (m) | Pendiente (m / m) | Área (km <sup>2</sup> ) | Tc (h) |
|------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------------|--------|
| Hasta APR-4.2-02 | 6.27          | 730.5           | 630.0           | 0.0160            | 18.15                   | 2.65   |

Del estudio Hidrológico se han obtenido los siguientes caudales punta del Arroyo Pozuelo, en situación actual, futura transitoria y futura definitiva teniendo en cuenta la reducción de caudales punta provocada por la construcción y puesta en funcionamiento del Colector Interceptor de Pozuelo.

| CAUDALES PUNTA<br>ARROYO POZUELO (m <sup>3</sup> /s) | 2    | 5     | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   | 500   |
|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Qactual  | 4.68 | 9.05  | 11.69 | 13.85 | 16.58 | 19.72 | 24.03 | 35.04 |
| Qfuturo Transitorio (sin Colector)                   | 5.41 | 10.45 | 13.49 | 15.98 | 19.13 | 22.75 | 27.72 | 40.40 |
| Qfuturo Definitivo (con Colector)                    | 2.86 | 7.10  | 9.65  | 11.82 | 14.60 | 17.63 | 22.12 | 33.35 |

Como caudal de Crecida Ordinaria (DPH) se ha tenido en cuenta el de 5 años de período de retorno.

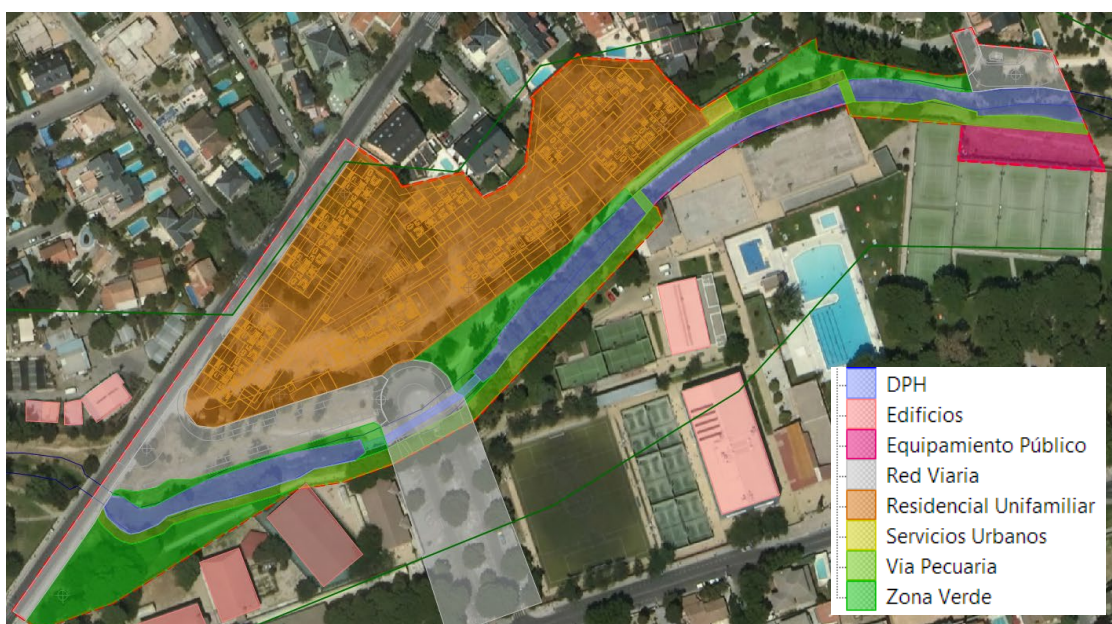
Análisis de la situación futura a efectos hidrológicos y de afección por avenidas:

- No se prevé una variación significativa en los usos del suelo de la cuenca del Arroyo, aun así, se ha tenido en cuenta la nueva urbanización, que aumenta en 0.028 km<sup>2</sup> la superficie urbanizada total.
- Adicionalmente, se ha considerado un factor de amplificación de las intensidades de precipitación de +15%, compatible con las previsiones de *Escenarios de Cambio Climático para Eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid, 2018 (Canal de Isabel II)*.



Actuaciones propuestas en Arroyo Pozuelo para evitar los desbordamientos en Q500 años

- a) Se han incluido en el modelo hidráulico las nuevas explanaciones y regularizaciones del terreno, así como una serie de rectificaciones y refuerzos en 3 zonas problemáticas del encauzamiento del arroyo Pozuelo, los cuales mejoran la inundabilidad en la zona, evitando posibles desbordamientos en este tramo.
- b) Se ha mantenido la sección actual de la obra de paso bajo la Plaza de Roma, al constatar que cuenta con la capacidad hidráulica suficiente como para permitir el paso de las avenidas futuras de T= 500 años.
- c) La ordenación futura de la urbanización del APR-4.2-02 es la que se adjunta en la planta adjunta:



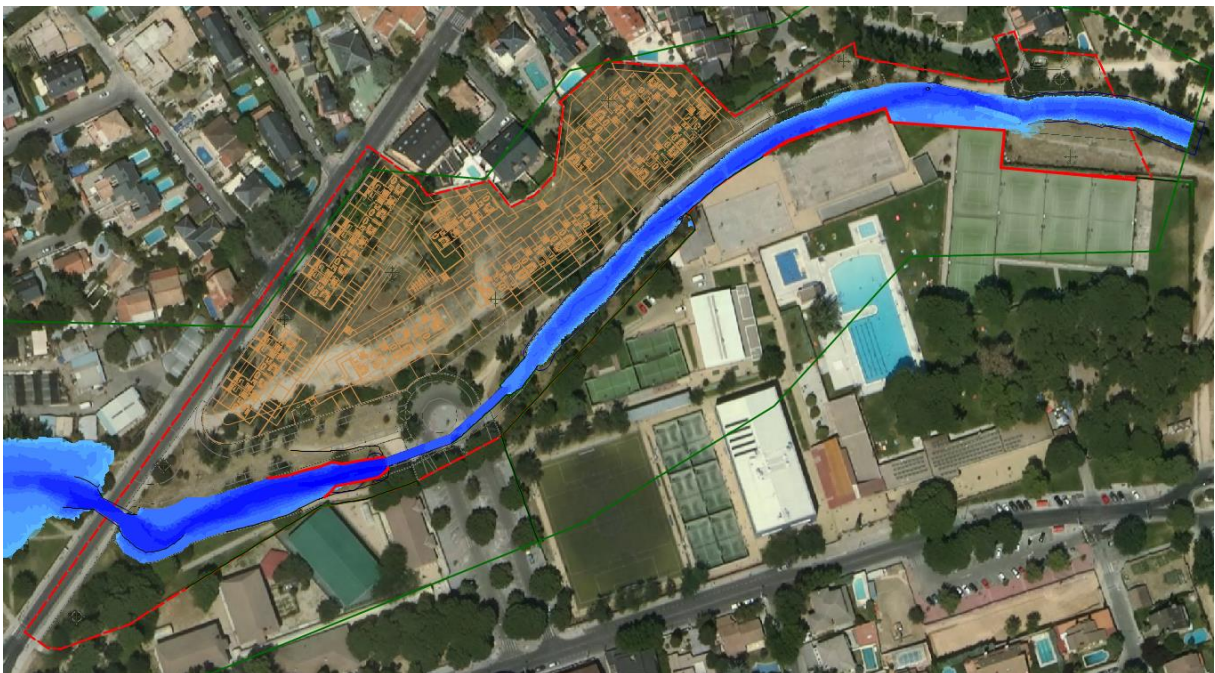
*Zonificación futura del Plan Parcial*

De los resultados obtenidos en las simulaciones se puede concluir que:

- El cauce actual presenta capacidad suficiente para transportar la avenida ordinaria, puesto que el DPH, correspondiente al caudal de 5 años de período de retorno no desborda el encauzamiento actual, ni en situación actual ni futura transitoria o futura definitiva:
- Las inundaciones para períodos de retorno de 10, 25, 100 y 500 años, tampoco alcanzan la parte de nueva urbanización unifamiliar de la parcela, sino que quedan restringidas al cauce, zonas verdes y equipamientos deportivos contiguos. En la imagen siguiente se comprueba este hecho en la planta de inundación máxima previsible para T=500 años, a pesar de considerar un +15% de factor de amplificación por el Cambio Climático.



*Resultados de Inundación Máxima para T=5 años en situación futura transitoria (Q=10.45 m<sup>3</sup>/s), más desfavorable que la futura tras la construcción del Colector - Interceptor*



*Resultados de Inundación Máxima para T=500 años en situación futura (Q=40.40 m<sup>3</sup>/s), más desfavorable que la futura tras la construcción del Colector - Interceptor*

Por tanto, se concluye que el presente Plan Parcial de reforma interior del APR-4.2-02, se ha planteado de una forma respetuosa con el cauce y las zonas de inundación del Arroyo Pozuelo, no presentando problemas futuros de inundabilidad ni un obstáculo al flujo de las crecidas que se presenten.

Paloma M<sup>ª</sup> Batanero Akerman  
Dr. ICCP Colegiado N<sup>º</sup>: 18975

Paloma M<sup>a</sup> Batanero Akerman

Dr. Ingeniero de Caminos

C/ Rafael Calvo 9, 2<sup>o</sup> E

28010 MADRID

**PLAN PARCIAL DE REFORMA INTERIOR DEL  
APR-4.2-02 (POZUELO DE ALARCÓN,  
MADRID)**



**JULIO DE 2020**

## ÍNDICE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | CUESTIONES CUMPLIMIENTO DECRETO 170/98.....  | 1  |
| 1.1.  | Cómputo de la superficie edificada real, expresada en metros cuadrados, de los usos pormenorizados establecidos por la ordenación del ámbito o ámbitos, en cualquier posición de la edificación, ya sean lucrativos y no lucrativos, así como computables o no a efectos de edificabilidad y en su caso, número máximo de viviendas de cada tipología, si el uso global es residencial. .... | 1  |
| 1.2.  | Justificación del caudal de aguas residuales, según los usos del suelo, generados en los ámbitos (medio y máximo). ....  | 2  |
| 1.3.  | Justificación del caudal de pluviales producido dentro del ámbito para el máximo aguacero, con periodos de retorno de quince y cinco años, con una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, teniendo en cuenta los diferentes regímenes de escorrentía generados por el cambio en los usos del suelo. ....  | 3  |
| 1.4.  | Justificación de los caudales de pluviales generados aguas arriba del ámbito de estudio y que evacuan en el mismo. ....  | 6  |
| 1.5.  | Definición y cuantificación de los caudales a conectar a infraestructuras de saneamiento de la Comunidad de Madrid.....  | 7  |
| 1.6.  | Infraestructuras de saneamiento y depuración en servicio y/o en proyecto, que se prevé den servicio al ámbito. Titularidad patrimonial de las mismas.....  | 8  |
| 1.7.  | Plano completo donde figuren todas las infraestructuras de saneamiento, tanto las previstas por el Planeamiento General como la propia red del ámbito y su conexionado a la red general. Ubicación de los puntos de vertido a cauce público.....   | 8  |
| 1.8.  | Elección del tipo de red de saneamiento separativa de residuales o negras y pluviales. Si se elige red unitaria se debe justificar adecuadamente.....  | 10 |
| 1.9.  | Destino de las aguas (residuales y pluviales). ....  | 10 |
| 1.10. | Planos topográficos de localización del ámbito a escala 1:25.000 ó, preferiblemente 1:10.000. ....   | 10 |
| 1.11. | Planos de las cuencas de escorrentía en que se ubican los ámbitos, a escala adecuada. ....   | 11 |
| 1.12. | Plano a escala adecuada, en función del instrumento de planeamiento que se informa, de clasificación y, en su caso, calificación del suelo.....  | 1  |
| 1.13. | Planos de ordenación del planeamiento donde queden recogidas las redes de saneamiento, y sus condiciones para la posterior ejecución. ....   | 3  |
| 1.14. | Elección del tipo de red de saneamiento separativa de residuales o negras y pluviales. Si se elige red unitaria se debe justificar adecuadamente.....  | 4  |
| 1.15. | Artículos de las Normas Urbanísticas del planeamiento relativos a las condiciones que ha de cumplir la red de saneamiento, así como sus elementos. ....  | 4  |
| 1.16. | Estudio económico-financiero donde se reflejen los costes de las infraestructuras de saneamiento propias del sector y, en su caso, aquellos derivados de la ampliación, mejora o nueva ejecución de la red general a la que deberá conectarse. ....  | 5  |

## 1. CUESTIONES CUMPLIMIENTO DECRETO 170/98

1.1. *Cómputo de la superficie edificada real, expresada en metros cuadrados, de los usos pormenorizados establecidos por la ordenación del ámbito o ámbitos, en cualquier posición de la edificación, ya sean lucrativos y no lucrativos, así como computables o no a efectos de edificabilidad y en su caso, número máximo de viviendas de cada tipología, si el uso global es residencial.*

### Uso característico: Residencial unifamiliar

Número de viviendas: 32.

Aprovechamiento Tipo.

(AT) = 0,288 m<sup>2</sup>c/m<sup>2</sup>s.

Suelo no generador de aprovechamiento: 9.422 m<sup>2</sup>

Suelo generador de aprovechamiento 19.066 m<sup>2</sup>.

Aprovechamiento total: 19.066 m<sup>2</sup>s x 0,288 m<sup>2</sup>c/m<sup>2</sup>s = 5.491,00 m<sup>2</sup>c.

Las viviendas se encuentran en una única manzana lucrativa con una superficie de 12.082 m<sup>2</sup> de suelo para edificación con la ordenanza acorde a la de tipología de vivienda unifamiliar en fila: Zona 4, Grado 6. De acuerdo con las condiciones de edificación de la Zona 4, Grado 6, se puede desarrollar el siguiente conjunto de viviendas:

- Vivienda Unifamiliar.
- Parcela Mínima 250 m<sup>2</sup>.
- Ocupación Máxima: 35%.
- Edificabilidad: 5.491 m<sup>2</sup>.
- Altura máxima: 7 m (2 plantas).
- Frente mínimo de parcela: 6 m.

### Superficies y edificabilidades del ámbito

|  | Superficie           | Aprovechamiento     |
|--|----------------------|---------------------|
| Residencial unifamiliar grado 6                              | 12082 m <sup>2</sup> | 5491 m <sup>2</sup> |
| <i>Número de Viviendas</i>                                   | 32                   |                     |
| Equipamiento público: ampliación "Polideportivo Carlos Ruiz" | 825 m <sup>2</sup>   | Sin aprovechamiento |
| Zona verde   | 4084 m <sup>2</sup>  | Sin aprovechamiento |
| Red viaria (compatible con servicios urbanos existentes)     | 5084 m <sup>2</sup>  | Sin aprovechamiento |
| DPH  | 3649 m <sup>2</sup>  | Sin aprovechamiento |
| Red Pública Supramunicipal (vía pecuaria en el ámbito) total | 2675 m <sup>2</sup>  | Sin aprovechamiento |
| <i>Vía pecuaria sobre DPH existente</i>                      | 72 m <sup>2</sup>    |                     |

|  | Superficie                 | Aprovechamiento           |
|--|----------------------------|---------------------------|
| Vía pecuaria compatible con viario existente Plaza de Roma | 240 m <sup>2</sup>         |                           |
| Vía pecuaria integrada en el parque lineal                 | 2.363 m <sup>2</sup>       |                           |
| Servicios Urbanos  | 89 m <sup>2</sup>          | Sin aprovechamiento       |
| <b>TOTAL Superficie APR 4.2-0.2</b>                        | <b>28488 m<sup>2</sup></b> | <b>5491 m<sup>2</sup></b> |

1.2. *Justificación del caudal de aguas residuales, según los usos del suelo, generados en los ámbitos (medio y máximo).*

Según las Normas para Redes de Abastecimiento (2012) y las Normas para Redes de Saneamiento (2016), de Canal de Isabel II, el cálculo de los caudales de aguas residuales generados en el ámbito es el siguiente:

|   |  |                                    |   |                                   |
|---|--|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| MUNICIPIO:  | Pozuelo de Alarcón                       |                                    |   |                                   |
| ÁMBITO:   | APR - 4.2-02                             |                                    |   |                                   |
| SUPERFICIE (ha):  | 2.85                                     |                                    |   |                                   |
| <b>RESIDENCIAL</b>  |  |                                    |   |                                   |
|   | <b>Superf. Edif.<br/>(m<sup>2</sup>)</b> | <b>Coefficiente<br/>de Retorno</b> | <b>Dotación<br/>(l/m<sup>2</sup>/día)</b> | <b>Qm<br/>(m<sup>3</sup>/día)</b> |
| <b>MULTIFAMILIARES</b>  |  |                                    |   |                                   |
| Sv≤120  | 0  | 0.950                              | 8.00                                      | 0.00                              |
| 120<Sv≤180  | 0  | 0.950                              | 8.00                                      | 0.00                              |
| Sv≥180  | 0  | 0.950                              | 8.00                                      | 0.00                              |
| <b>UNIFAMILIARES</b>  |  |                                    |   |                                   |
| Sp≤200  | 12,082                                   | 0.800                              | 9.50                                      | 91.82                             |
| 200<Sp≤1000   | 0  | 0.800                              | 9.50                                      | 0.00                              |
| Sp≥1000   | 0  | 0.800                              | 9.50                                      | 0.00                              |
| <b>TOTAL RESIDENCIAL</b>  | <b>12,082</b>                            |                                    |   | <b>91.82</b>                      |
| <b>Caudal medio aguas residuales domésticas (l/s)</b>   |  |                                    |   | <b>1.063</b>                      |
| <b>Caudal mínimo aguas residuales domésticas (l/s)</b>  |  |                                    |   | <b>0.266</b>                      |
| <b>TERCIARIO, DOTACIONAL E INDUSTRIAL</b>   |  |                                    |   |                                   |
|   | <b>Superf. Edif.<br/>(m<sup>2</sup>)</b> | <b>Coefficiente<br/>de Retorno</b> | <b>Dotación<br/>(l/m<sup>2</sup>/día)</b> | <b>Qm<br/>(m<sup>3</sup>/día)</b> |
| <b>TOTAL T. D. I.</b>   | <b>825</b>                               | <b>0.855</b>                       | <b>8.00</b>                               | <b>5.64</b>                       |
| A falta de datos concretos se consideran 24 horas de demanda al día                                     |  |                                    |   |                                   |
| Nota: No se incluye el uso de zonas verdes al considerarse un coeficiente de retorno de 0 para el mismo |  |                                    |   |                                   |
| <b>Caudal medio aguas residuales industriales (l/s)</b>   |  |                                    |   | <b>0.065</b>                      |
| <b>Caudal mínimo aguas residuales industriales (l/s)</b>  |  |                                    |   | <b>0.016</b>                      |
| <b>Caudal medio aguas residuales (l/s)</b>  |  |                                    |   | <b>1.128</b>                      |
| <b>Caudal medio aguas residuales (m<sup>3</sup>/día)</b>  |  |                                    |   | <b>97.47</b>                      |
| <b>Caudal mínimo aguas residuales (l/s)</b>   |  |                                    |   | <b>0.016</b>                      |
| <b>Caudal punta (l/s)</b>   |  |                                    |   | <b>3.384</b>                      |

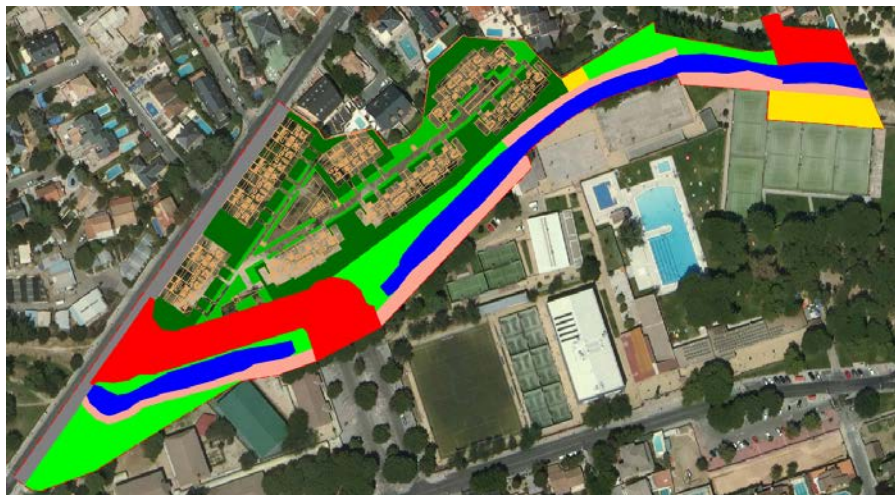
1.3. *Justificación del caudal de pluviales producido dentro del ámbito para el máximo aguacero, con periodos de retorno de quince y cinco años, con una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, teniendo en cuenta los diferentes regímenes de escorrentía generados por el cambio en los usos del suelo.*



*Planta de clasificación de usos del suelo del ámbito del APR-4.2.0.2 de Pozuelo de Alarcón sobre ortofoto actual*

Para el cálculo de los caudales de aguas pluviales generados dentro del ámbito, se ha tenido en cuenta las siguientes premisas:

- a. La cuenca interior del Plan Parcial, de la cual se considera que desagua solo la parte de urbanización, es decir la parcela de Residencial unifamiliar grado 6 (12082 m<sup>2</sup>), más la parte de nuevo viario, que se corresponde con los polígonos marcados en rojo en la planta siguiente (3901 m<sup>2</sup>), no teniéndose en cuenta la superficie correspondiente a la Avenida Leonardo Calvo Sotelo, que ya cuenta con su sistema de recogida de pluviales.



*Nuevo viario considerado para el cómputo de caudales de escorrentía de pluviales generados en el APR-4.2-02*

- b. El resto: Zonas verdes contiguas al arroyo, DPH y vía pecuaria que recorre el cauce se considera que verterá de forma natural al Arroyo Pozuelo, dada su proximidad al mismo. En todo caso, se han tenido en cuenta estas áreas como parte de la cuenca aportante en los cálculos hidrológicos del Arroyo.
- c. Las zonas que generan caudales de aguas pluviales se han dividido en 3, dado que en la realidad funcionarán como cuencas independientes, cada una con un sistema de recogida propio:

- Cuenca 1: Viviendas Unifamiliares

| Categoría                              | Área (m <sup>2</sup> ) | Coefficiente de Escorrentía | Coefficientes parciales | Tiempo de Concentración (min) |
|--|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| <b>Residencial unifamiliar grado 6</b> | <b>12082</b>           |                             |                         | <b>5 min</b>                  |
| Césped Privado                         | 3633                   | 0.2                         | 0.060                   |                               |
| Césped Publico                         | 1189                   | 0.2                         | 0.020                   |                               |
| Pavimentado                            | 7260                   | 0.75                        | 0.451                   |                               |
| <b>TOTAL</b>                           |                        |                             | <b>0.530</b>            |                               |

- Cuenca 2: Viario Principal de acceso

| Categoría         | Área (m <sup>2</sup> ) | Coefficiente de Escorrentía | Tiempo de Concentración (min) |
|-------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <b>Red viaria</b> | <b>3200</b>            | <b>0.9</b>                  | <b>&lt; 5 min</b>             |

- Cuenca 3: Viario Este

| Categoría         | Área (m <sup>2</sup> ) | Coefficiente de Escorrentía | Tiempo de Concentración (min) |
|-------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| <b>Red viaria</b> | <b>702</b>             | <b>0.9</b>                  | <b>&lt; 5 min</b>             |



*Cuencas de generación de pluviales consideradas dentro del APR-4.2-02*

Dado que las tres cuencas son de reducido tamaño, se considera que las 3 tienen un tiempo de concentración de 5 minutos, y por tanto se emplea en el cálculo de los caudales generados las intensidades de lluvia de 5 minutos para  $T = 5$  y 15 años, siguiendo el método del hidrograma triangular y empleando los coeficientes de escorrentía unitarios anteriores, se han determinado los caudales punta que se recogen en la tabla final siguiente:

El caudal máximo anual  $Q_T$  ( $m^3/s$ ), correspondiente a un período de retorno  $T$ , se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A}{3.6}$$

| Intervalo (minutos) | Periodos de retorno (años)/Intensidades mm/h |             |      |             |      |       |       |       |       |
|---------------------|--|-------------|------|-------------|------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 2  | 5           | 10   | 15          | 25   | 50    | 100   | 200   | 500   |
| 5 min               | 38.1   | <b>59.1</b> | 75.3 | <b>83.0</b> | 98.2 | 117.3 | 137.3 | 159.2 | 188.8 |
| 10 min              | 30.5   | 45.8        | 56.3 | 61.7        | 72.5 | 84.9  | 98.2  | 113.5 | 132.5 |
| 15 min              | 25.7   | 38.1        | 46.7 | 50.8        | 59.1 | 68.7  | 79.1  | 90.6  | 106.8 |
| 20 min              | 21.9   | 31.5        | 38.1 | 41.7        | 48.6 | 56.3  | 65.8  | 74.4  | 87.7  |
| 30 min              | 17.2   | 25.7        | 31.5 | 34.3        | 40.0 | 47.7  | 54.4  | 62.9  | 73.4  |
| 60 (1 h.)           | 11.6   | 16.7        | 20.6 | 22.3        | 25.8 | 30.2  | 34.7  | 39.7  | 46.3  |
| 120 (2 h.)          | 7.3  | 10.2        | 12.3 | 13.3        | 15.4 | 17.6  | 20.2  | 22.8  | 26.5  |
| 150 (1.5 h)         | 6.2  | 8.5         | 10.2 | 11.0        | 12.6 | 14.5  | 16.6  | 18.6  | 21.7  |
| 180 (3 h.)          | 5.5  | 7.5         | 9.1  | 9.7         | 11.2 | 12.8  | 14.6  | 16.4  | 19.1  |
| 360 (6 h.)          | 3.4  | 4.7         | 5.5  | 5.9         | 6.8  | 7.7   | 8.9   | 9.9   | 11.4  |
| 720 (12 h.)         | 1.9  | 2.6         | 3.1  | 3.3         | 3.8  | 4.5   | 5.1   | 5.6   | 6.6   |
| 18 h                | 1.43   | 1.91        | 2.22 | 2.40        | 2.76 | 3.13  | 3.50  | 3.92  | 4.56  |
| 24 h                | 1.15   | 1.54        | 1.87 | 2.00        | 2.27 | 2.58  | 2.94  | 3.30  | 3.81  |
| 36 h                | 0.85   | 1.13        | 1.37 | 1.47        | 1.67 | 1.91  | 2.17  | 2.44  | 2.83  |
| 48 h                | 0.68   | 0.92        | 1.10 | 1.18        | 1.35 | 1.54  | 1.76  | 1.98  | 2.31  |
| 72 h                | 0.51   | 0.72        | 0.88 | 0.94        | 1.09 | 1.25  | 1.43  | 1.63  | 1.88  |

*Cuencas de generación de pluviales consideradas dentro del APR-4.2-02*

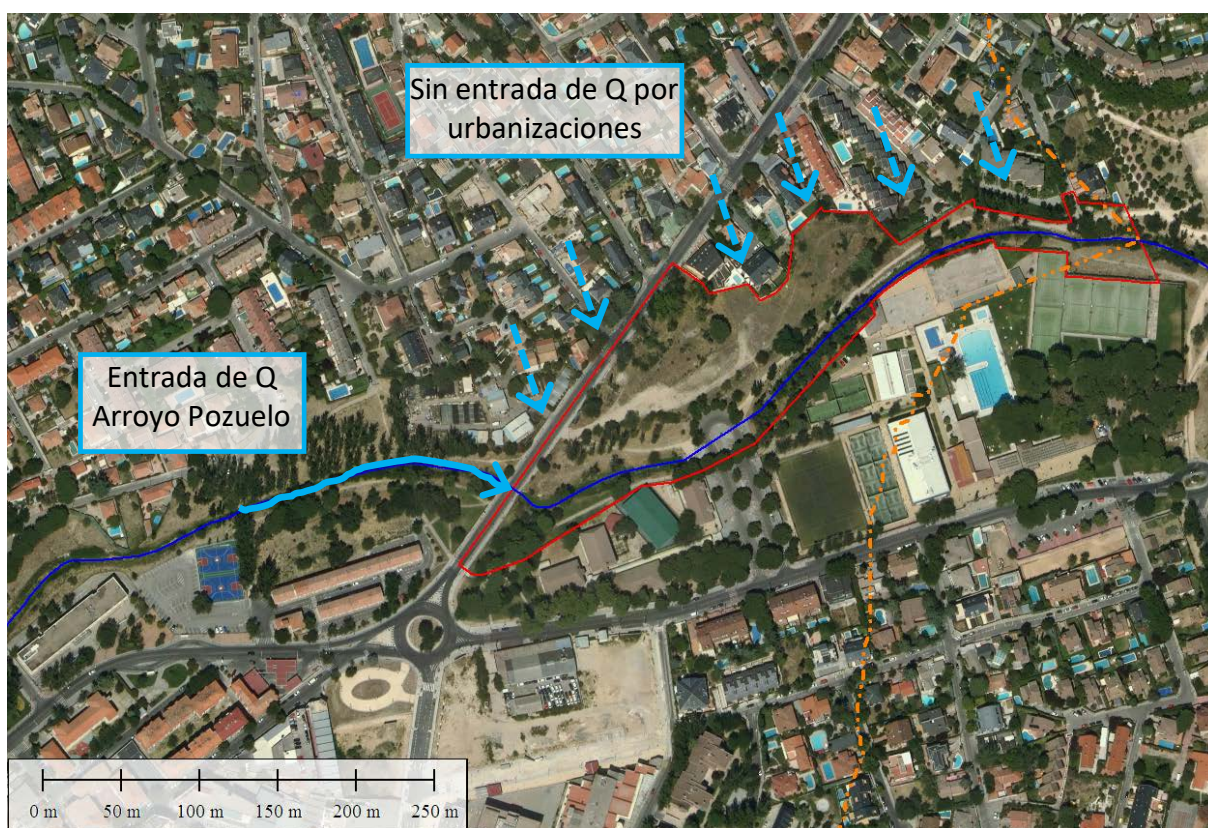
| Cuenca         | Caudales máximos generados en las cuencas de pluviales del ámbito (l/s) |              |       |              |       |       |       |       |       |
|----------------|---|--------------|-------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 2   | 5            | 10    | 15           | 25    | 50    | 100   | 200   | 500   |
| C <sub>1</sub> | 67.8  | <b>105.2</b> | 134.0 | <b>147.6</b> | 174.7 | 208.6 | 244.2 | 283.2 | 335.8 |
| C <sub>2</sub> | 30.5  | <b>47.3</b>  | 60.3  | <b>66.4</b>  | 78.6  | 93.8  | 109.8 | 127.4 | 151.0 |
| C <sub>3</sub> | 6.7   | <b>10.4</b>  | 13.2  | <b>14.6</b>  | 17.2  | 20.6  | 24.1  | 27.9  | 33.1  |
| TOTAL          | 105.0   | <b>162.8</b> | 207.5 | <b>228.5</b> | 270.5 | 323.0 | 378.2 | 438.6 | 520.0 |

*Caudales máximos de pluviales generados en las 3 cuencas consideradas dentro del APR-4.2-02*

1.4. *Justificación de los caudales de pluviales generados aguas arriba del ámbito de estudio y que evacuan en el mismo.*

La parcela del Plan Parcial APR-4.2-02 es atravesada, en su parte sur por el Arroyo Pozuelo. Los caudales de pluviales provenientes del exterior sólo pueden provenir, por la propia disposición de la parcela, desde el oeste, por el cauce del Arroyo Pozuelo.

La entrada de caudales por la parte norte del ámbito no resulta posible por el grado de urbanización completo de las parcelas colindantes, que cuentan con su propio sistema de recogida de aguas pluviales, además de estar valladas perimetralmente (salvo en el caso de los viales). En todo caso, en el cómputo de caudales de avenida del Arroyo Pozuelo, se han tenido en cuenta también estas zonas, ya que forman parte de la cuenca hasta el límite del Plan Parcial.



*Planta de situación sobre ortofoto del Plan Parcial APR-4.2-02 con indicación de las posibles entradas de caudales de pluviales, de las cuales solo se puede tener en cuenta el cauce del Arroyo Pozuelo*

Los caudales obtenidos en el estudio hidrológico de la cuenca han sido los siguientes:

| CAUDALES PUNTA (m <sup>3</sup> /s) | 2    | 5     | 10    | 15    | 25    | 50    | 100   | 500   |
|------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Q                                  | 4.68 | 9.05  | 11.69 | 13.85 | 16.58 | 19.72 | 24.03 | 35.04 |
| Qfuturo (+25% CC)                  | 5.85 | 11.31 | 14.61 | 17.31 | 20.73 | 24.66 | 30.04 | 43.80 |

*Nota: Para la obtención de los caudales en situación futura se ha considerado un coeficiente de variación de las intensidades máximas de precipitación de +15%, siguiendo las recomendaciones de la publicación "Escenarios de Cambio Climático para Eventos pluviométricos severos en la Comunidad de Madrid", de 2018.*

Del estudio hidráulico de inundabilidad del Plan Parcial se comprueba que las zonas de afección de avenidas de períodos de retorno de 10, 25, 100 y 500 años, no llegan a afectar a la parte de nueva urbanización unifamiliar de la parcela, sino que quedan restringidas al cauce, zonas verdes y equipamientos deportivos contiguos. En la imagen siguiente se comprueba este hecho en la planta de inundación máxima previsible para T=500 años, a pesar de considerar un +25% de factor de amplificación por el Cambio Climático.



Resultados de Inundación Máxima para T=500 años en situación futura ( $Q=43.8 \text{ m}^3/\text{s}$ )

1.5. *Definición y cuantificación de los caudales a conectar a infraestructuras de saneamiento de la Comunidad de Madrid.*

Tal y como se ha justificado en los apartados anteriores, se van a conectar los siguientes caudales a las infraestructuras de la Comunidad de Madrid:

| Caudales de aguas residuales generados en el ámbito       |             |
|---|-------------|
| Caudal medio aguas residuales (l/s)                       | 1.13        |
| Caudal medio aguas residuales ( $\text{m}^3/\text{día}$ ) | 97.5        |
| Caudal mínimo aguas residuales (l/s)                      | 0.02        |
| <b>Caudal punta (l/s)</b>                                 | <b>3.38</b> |

| Cuenca         | Caudales máximos generados en las cuencas de pluviales del ámbito (l/s) |              |
|----------------|---|--------------|
|                | 5   | 15           |
| C <sub>1</sub> | 105.2   | 147.6        |
| C <sub>2</sub> | 47.3  | 66.4         |
| C <sub>3</sub> | 10.4  | 14.6         |
| <b>TOTAL</b>   | <b>162.8</b>  | <b>228.5</b> |

1.6. *Infraestructuras de saneamiento y depuración en servicio y/o en proyecto, que se prevé den servicio al ámbito. Titularidad patrimonial de las mismas.*

El destino final de las aguas pluviales y residuales generadas en el ámbito PP APR-4.2-02 es la EDAR de Viveros de la Villa. Situada en el noroeste del municipio de Madrid, trata los vertidos de una amplia zona residencial en la que se incluyen los barrios de Mirasierra, Peñagrande, Ciudad de los Periodistas, La Vaguada, etc., así como algunos pueblos de la periferia como El Pardo, Majadahonda y Pozuelo, es de titularidad de Canal de Isabel II,

| EDAR de Viveros de la Villa (Canal de Isabel II) |                 |
|--|-----------------|
| Importancia                                      | Nº 10 en España |
| Provincia  | Madrid (nº 6)   |
| Municipio  | Madrid          |
| Caudal de entrada                                | 496.578 h.e.    |
| Población de diseño                              | 1.064.448 h.e.  |

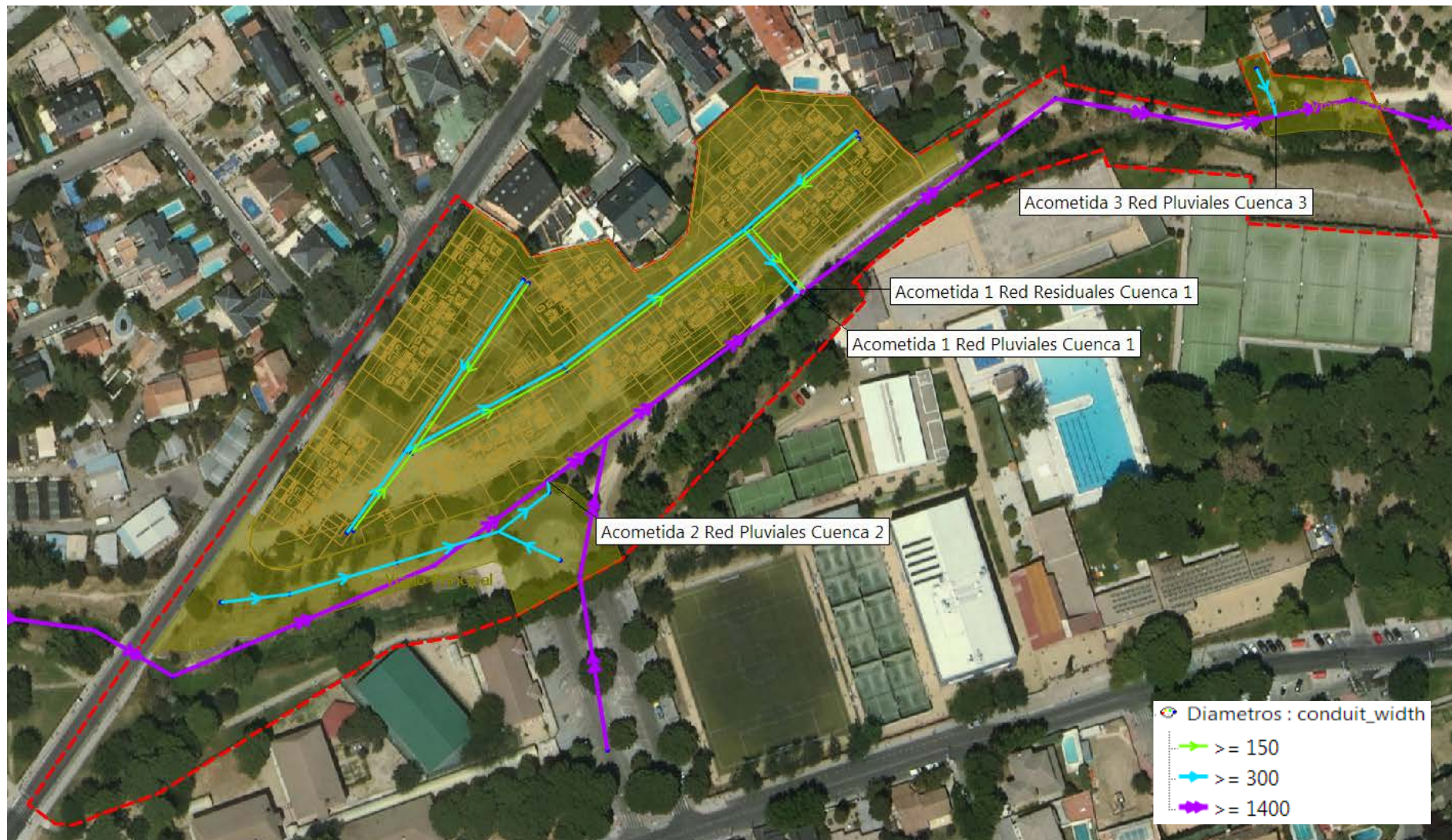
1.7. *Plano completo donde figuren todas las infraestructuras de saneamiento, tanto las previstas por el Planeamiento General como la propia red del ámbito y su conexión a la red general. Ubicación de los puntos de vertido a cauce público.*

Para la evacuación de las aguas residuales y pluviales del ámbito se prevén 4 acometidas al colector ovoide existente de 1400 mm de ancho por 2100 mm de alto que discurre sensiblemente paralelo al Arroyo Pozuelo, en su margen izquierda:

- 3 acometidas para el vertido de las correspondientes cuencas de pluviales del ámbito.
- 1 acometida adicional para la recogida de las aguas residuales de las viviendas proyectadas, en paralelo con la acometida de aguas pluviales de las viviendas.

No existen puntos de vertido a cauce público.

Las redes internas de saneamiento del ámbito, así como los puntos de acometida al colector ovoide existente se pueden ver en la planta adjunta:



Planta de redes internas de recogida de aguas de saneamiento (en verde, diámetro 150 mm) y pluviales (en azul, diámetro 300 mm) y acometidas externas al colector ovoide existente

1.8. *Elección del tipo de red de saneamiento separativa de residuales o negras y pluviales. Si se elige red unitaria se debe justificar adecuadamente.*

Se ha elegido un sistema de saneamiento separativo, con redes independientes para la recogida de las aguas pluviales y residuales, si bien se prevé que, dado lo reducido de los caudales generados en el ámbito, y la organización de saneamiento unitario en el área donde se ubica el ámbito, que ambas redes se van a conectar al colector unitario ovoide existente.

1.9. *Destino de las aguas (residuales y pluviales).*

Las aguas pluviales y residuales generadas dentro del ámbito se prevén desagüen en el colector ovoide existente de 1400 mm de ancho por 2100 mm de alto que discurre sensiblemente paralelo al Arroyo Pozuelo, en su margen izquierda.

El destino final de este emisario es la EDAR de Viveros de la Villa, situada a 4 km al este del ámbito.

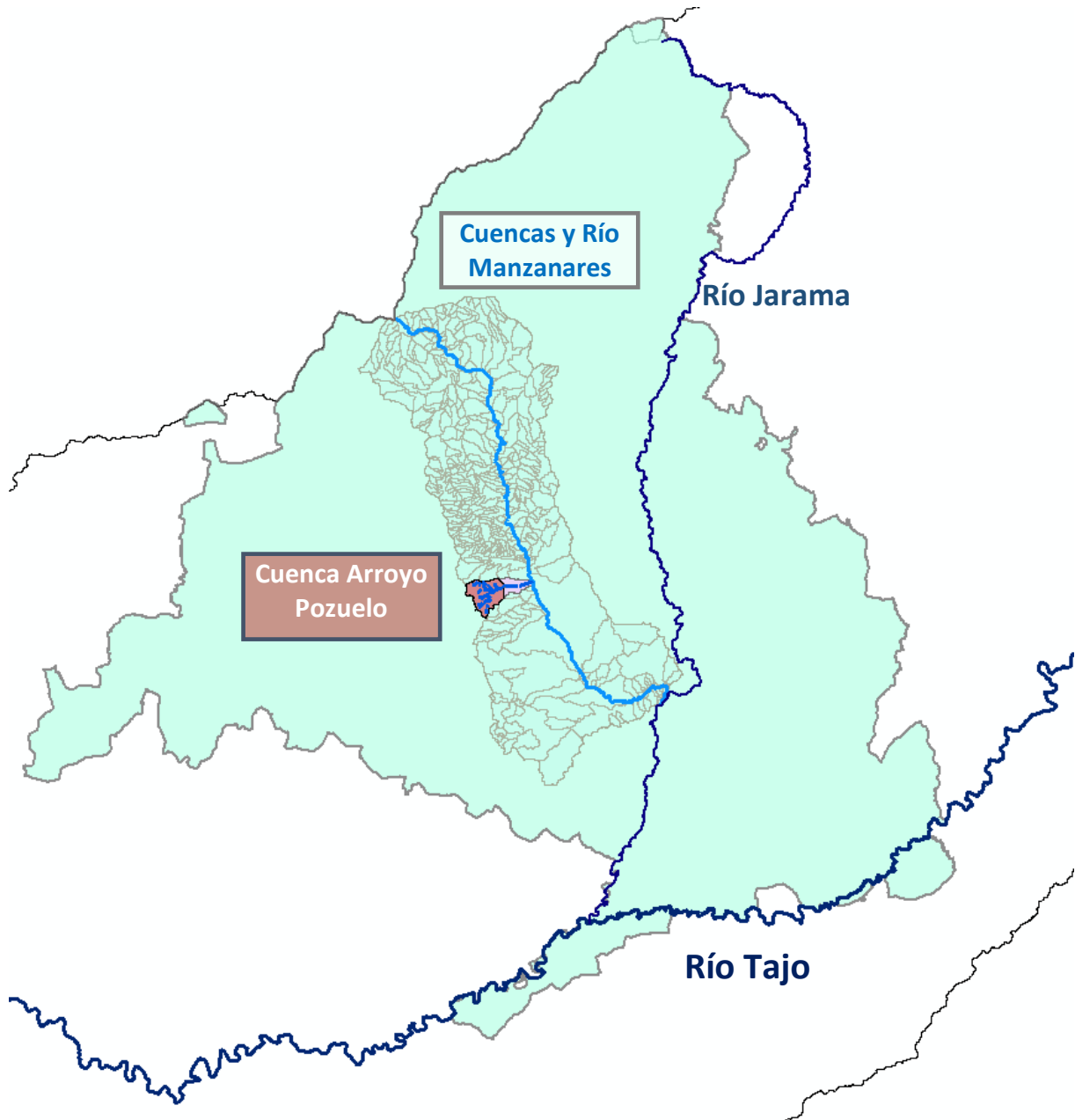


*Situación relativa del Plan Parcial APR-4.2-02 de Pozuelo y EDAR de destino (Viveros de la Villa)*

1.10. *Planos topográficos de localización del ámbito a escala 1:25.000 o, preferiblemente*

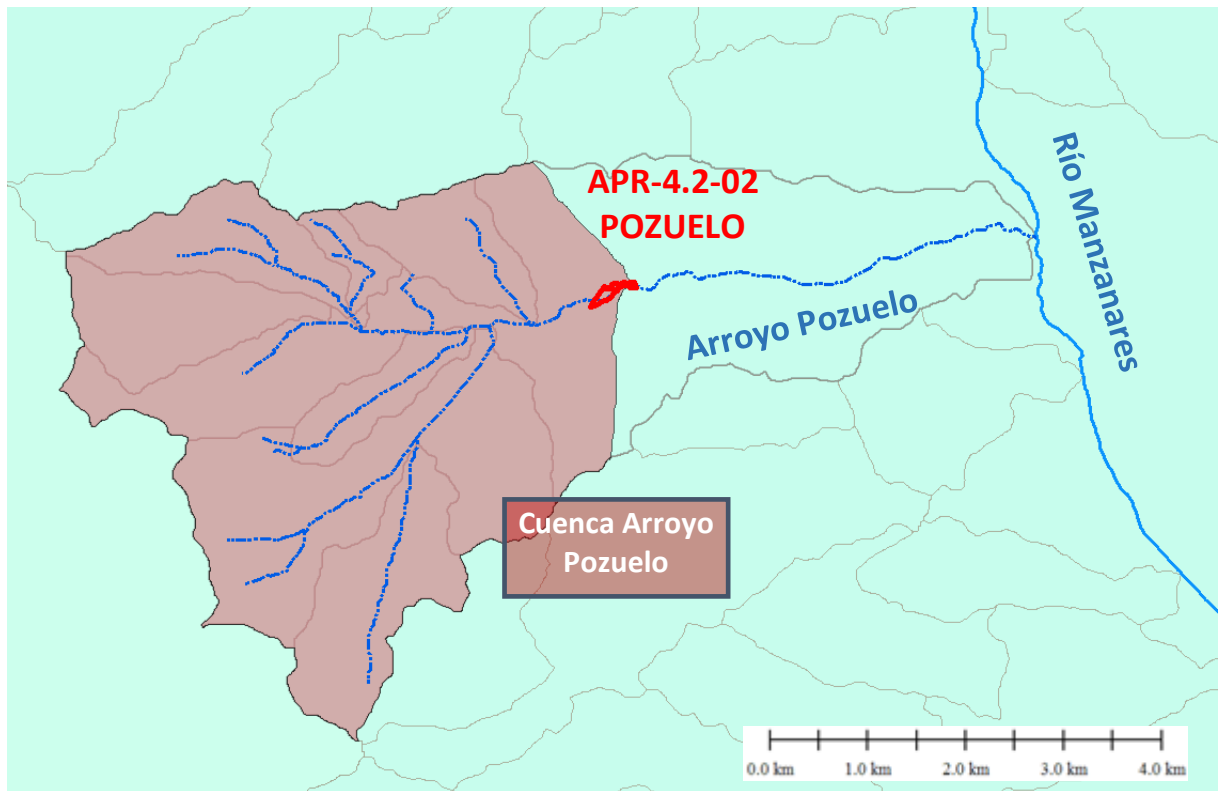
1:10.000.

1.11. Planos de las cuencas de escorrentía en que se ubican los ámbitos, a escala adecuada.

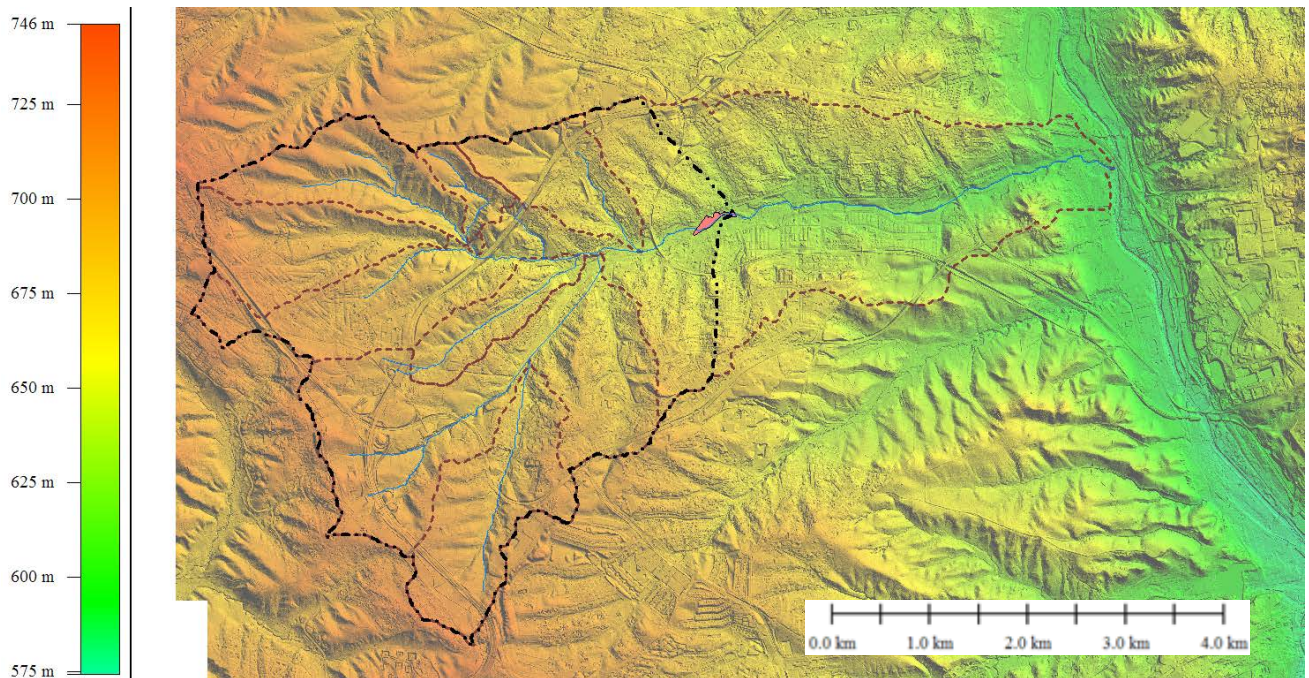


*Situación de la cuenca del Arroyo Pozuelo dentro de las cuencas del Río Manzanares, Comunidad de Madrid, Ríos Jarama y Tajo.*

| Cuenca                          | Longitud (km) | Cota máxima (m) | Cota mínima (m) | Pendiente (m / m) | Área (km <sup>2</sup> ) | Tiempo de concentración (h) |
|---------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Arroyo Pozuelo Hasta APR-4.2-02 | 6.27          | 730.5           | 630.0           | 0.0160            | 18.15                   | 2.65                        |



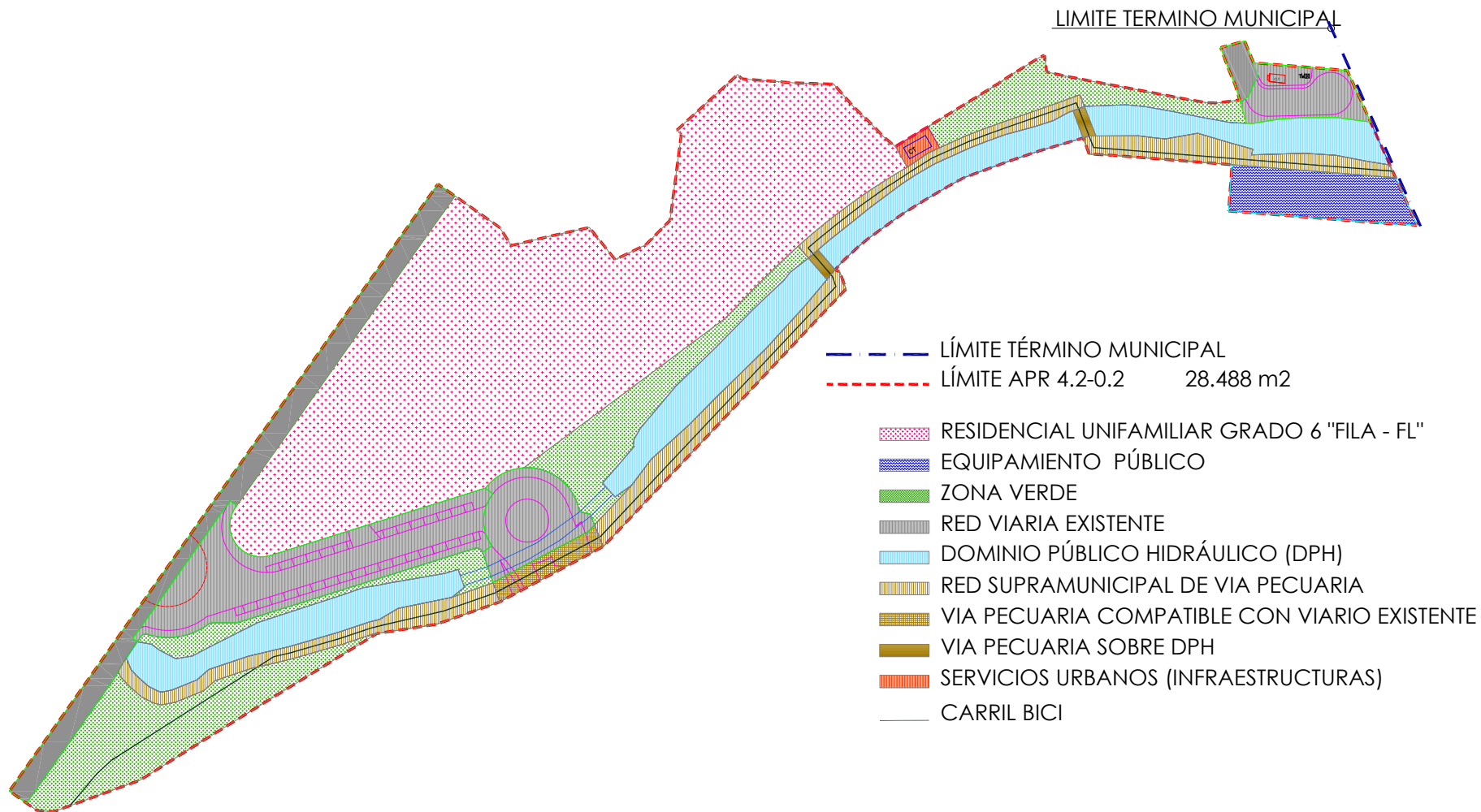
*Detalle de situación de la cuenca del Arroyo Pozuelo hasta el APR-4.2-02 y resto de cuenca hasta la desembocadura en el Río Manzanares*



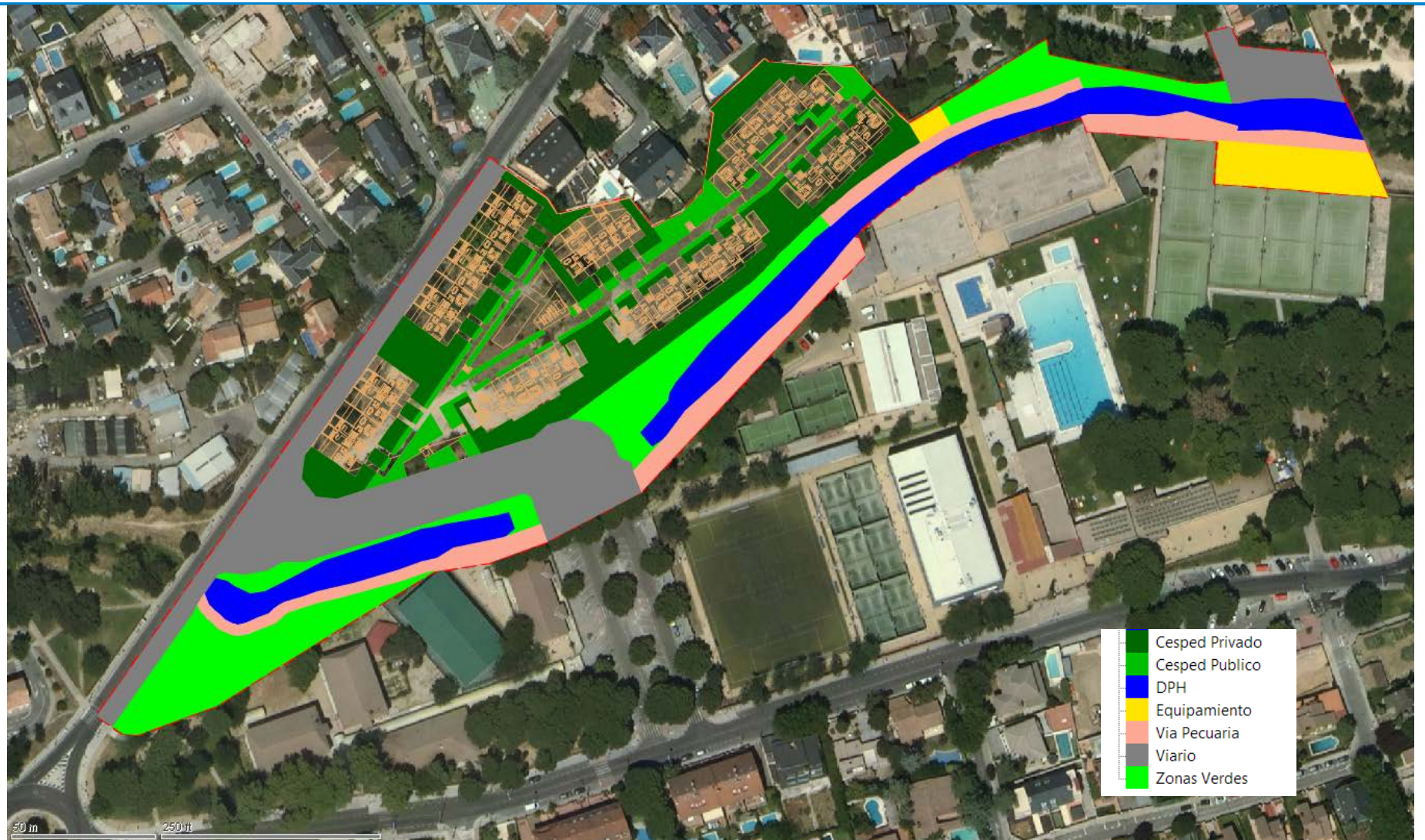
*MDT de cuenca del Arroyo Pozuelo con ubicación de la parcela del APR-4.2-02 (en rosa), límite de cuenca aportante de caudales aguas arriba hasta la parcela (en negro) y cuenca completa del Arroyo hasta la desembocadura en el Manzanares (en marrón)*

Las características de la cuenca del Arroyo Pozuelo hasta el APR-4.2.02 son:

1.12. Plano a escala adecuada, en función del instrumento de planeamiento que se informa, de clasificación y, en su caso, calificación del suelo.



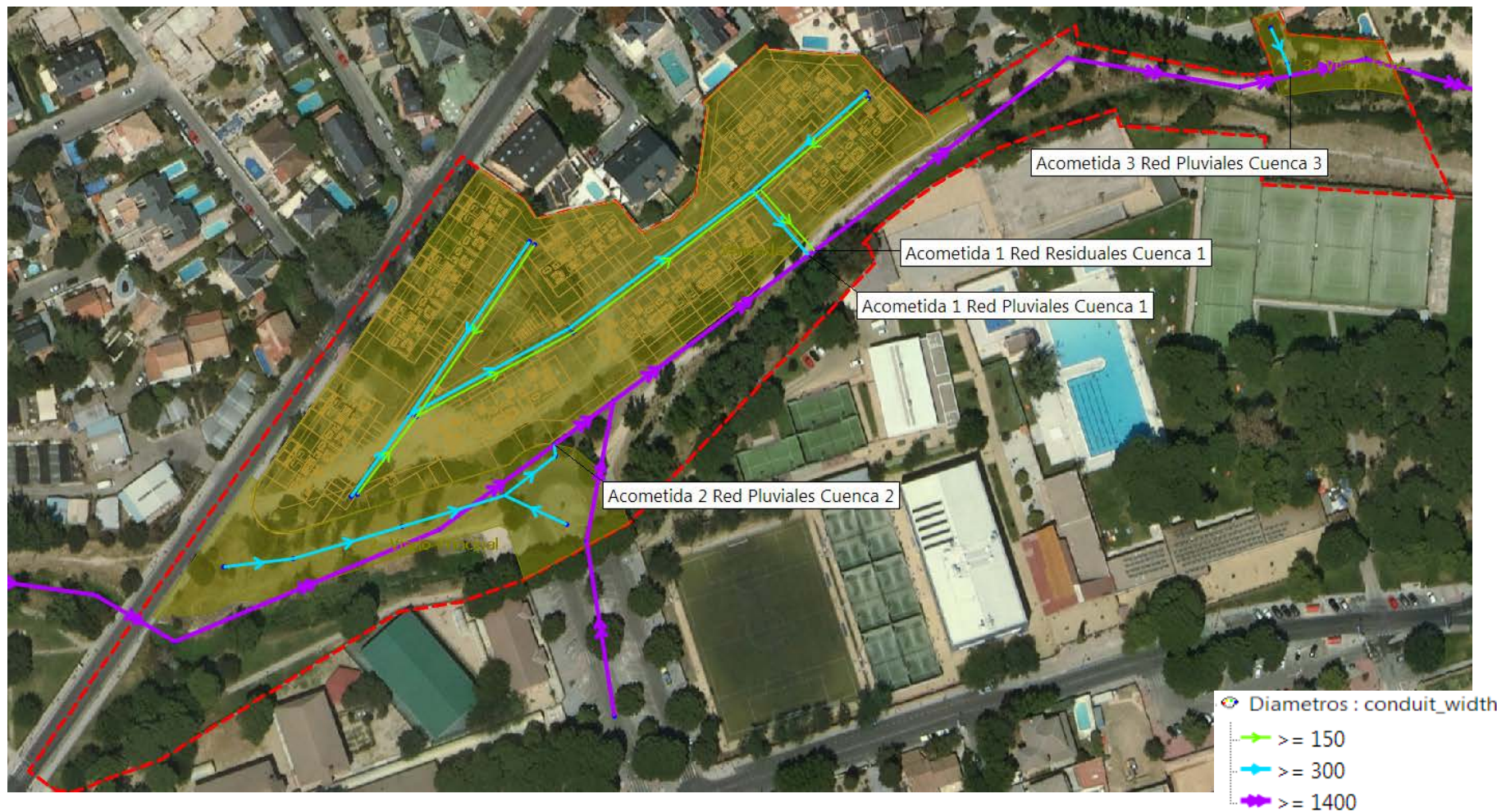
Planta de clasificación de usos del suelo del ámbito del APR-4.2.0.2 de Pozuelo de Alarcón



*Planta de clasificación de usos del suelo del ámbito del APR-4.2.0.2 de Pozuelo de Alarcón sobre ortofoto actual*

1.13. Planos de ordenación del planeamiento donde queden recogidas las redes de saneamiento, y sus condiciones para la posterior ejecución.

Las redes internas de saneamiento del ámbito, así como los puntos de acometida al colector ovoide existente se pueden ver en la planta adjunta:



Planta de redes internas de recogida de aguas de saneamiento (en verde, diámetro 150 mm) y pluviales (en azul, diámetro 300 mm) y acometidas externas al colector ovoide existente

Como condicionantes para su ejecución se seguirán los siguientes criterios:

1. Los colectores serán circulares, de diámetros mínimos de 300 mm para pluviales y 150 mm para saneamiento, de PVC con un rozamiento de Manning de 0.012.
2. La velocidad mínima no será menor de 0.5 m/s y se procurará que supere los 0.6 m/s para asegurar que no hay sedimentación de arenas.
3. La velocidad máxima no superará los 3 m/s.
4. Las pendientes estarán limitadas entre el 1 % y el 4.
5. La profundidad mínima deseable entre la clave de la tubería y el suelo es de 1.2 m.
6. Se dispondrán pozos de registro en alineaciones cada 50 m como máximo.

1.14. *Elección del tipo de red de saneamiento separativa de residuales o negras y pluviales. Si se elige red unitaria se debe justificar adecuadamente.*

La red interna del ámbito será de carácter separativo, no obstante, dado lo reducido de los caudales generados en el ámbito, y la organización de saneamiento unitario en el área donde se ubica el ámbito, que ambas redes desagüen al colector unitario ovoide existente que discurre por la margen izquierda del cauce del arroyo Pozuelo.

1.15. *Artículos de las Normas Urbanísticas del planeamiento relativos a las condiciones que ha de cumplir la red de saneamiento, así como sus elementos.*

#### 6.1.3. Red de evacuación

Se prohíbe expresamente el uso de fosas sépticas en el suelo urbano y urbanizable. Los Proyectos de las redes de evacuación deberán cumplir las siguientes condiciones mínimas:

1. Velocidad del agua a sección llena: 0,5 a 3,00 m/seg.
2. Cámaras de descarga automáticas en cabecezas con capacidad de 0,5 m para las alcantarillas de diámetro igual o menor a 300 mm y de 1,00 m para las restantes.
3. Pozos de registro visitables en entronques de ramales o en distancias superiores a 50 m.
4. La sección mínima de la red será de 300 mm y su trazado seguirá el de la red viaria y espacios libres de uso público.
5. Los nuevos sectores de uso predominante industrial previstos en la clase de suelo urbanizable dispondrán de una estación depuradora para purificar las aguas residuales antes de su vertido a cauce público o conexión a la red general.
6. Los sectores residenciales de suelo urbanizable verterán a la red general de alcantarillado, debiendo colaborar, en su caso, y en la medida que les corresponda, a las actuaciones de mejora de la misma, así como de las estaciones depuradoras, que resulten necesarias.
7. Será de obligado cumplimiento, con carácter complementario, la normativa existente sobre materia de vertidos en la actual legislación.
8. El saneamiento se diseñará con red separativa de evacuación en todos los nuevos ámbitos urbanizables cuya localización permita el vertido de las pluviales a cauce, previo pozo de filtrado.

*1.16. Estudio económico-financiero donde se reflejen los costes de las infraestructuras de saneamiento propias del sector y, en su caso, aquellos derivados de la ampliación, mejora o nueva ejecución de la red general a la que deberá conectarse.*

No se prevén actuaciones de ampliación o nueva ejecución de la red general a la que se conecta. Los costes de las infraestructuras de saneamiento del ámbito se hayan incluidos dentro de la ejecución y promoción del desarrollo urbanístico proyectado, y resulta económicamente viable, asumiendo tanto la inversión inicial como el mantenimiento y conservación de las citadas obras, servicios e infraestructuras los propietarios conforme al convenio suscrito.

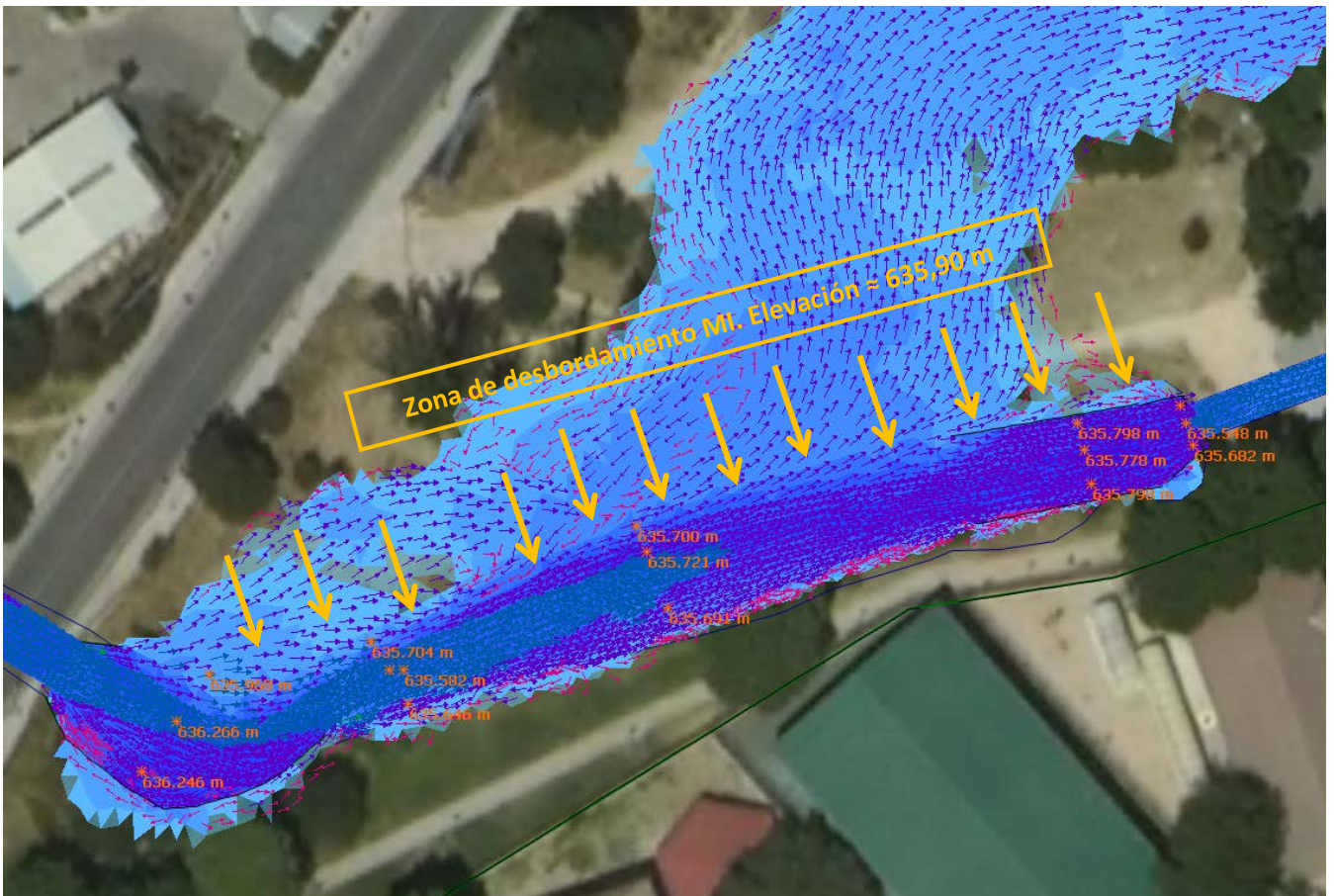
**ZONAS CON RIESGOS DE DESBORDAMIENTO E INUNDABILIDAD EN EL ENTORNO DEL  
ARROYO, MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y ESTIMACIÓN ECONÓMICA**

## 1. ZONAS CON RIESGOS DE DESBORDAMIENTO E INUNDABILIDAD EN EL ENTORNO DEL ARROYO, MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y ESTIMACIÓN ECONÓMICA

Actualmente el cauce del Arroyo Pozuelo presenta capacidad suficiente como para transportar sin desbordamiento el caudal correspondiente a la crecida máxima ordinaria (DPH), que se ha determinado en 5 años de período de retorno, así como el de la crecida de 10 años de período de retorno. No obstante, a partir de la avenida de 25 años de período de retorno, hay riesgo de desbordamiento en 3 puntos del arroyo, que se detallan a continuación.

1. **Entre los cruces bajo la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, el cauce presenta problemas de desbordamiento en su margen izquierda** a partir del caudal de 25 años de período de retorno, ya que el terreno en ese punto está relativamente bajo respecto al contiguo al este y oeste.

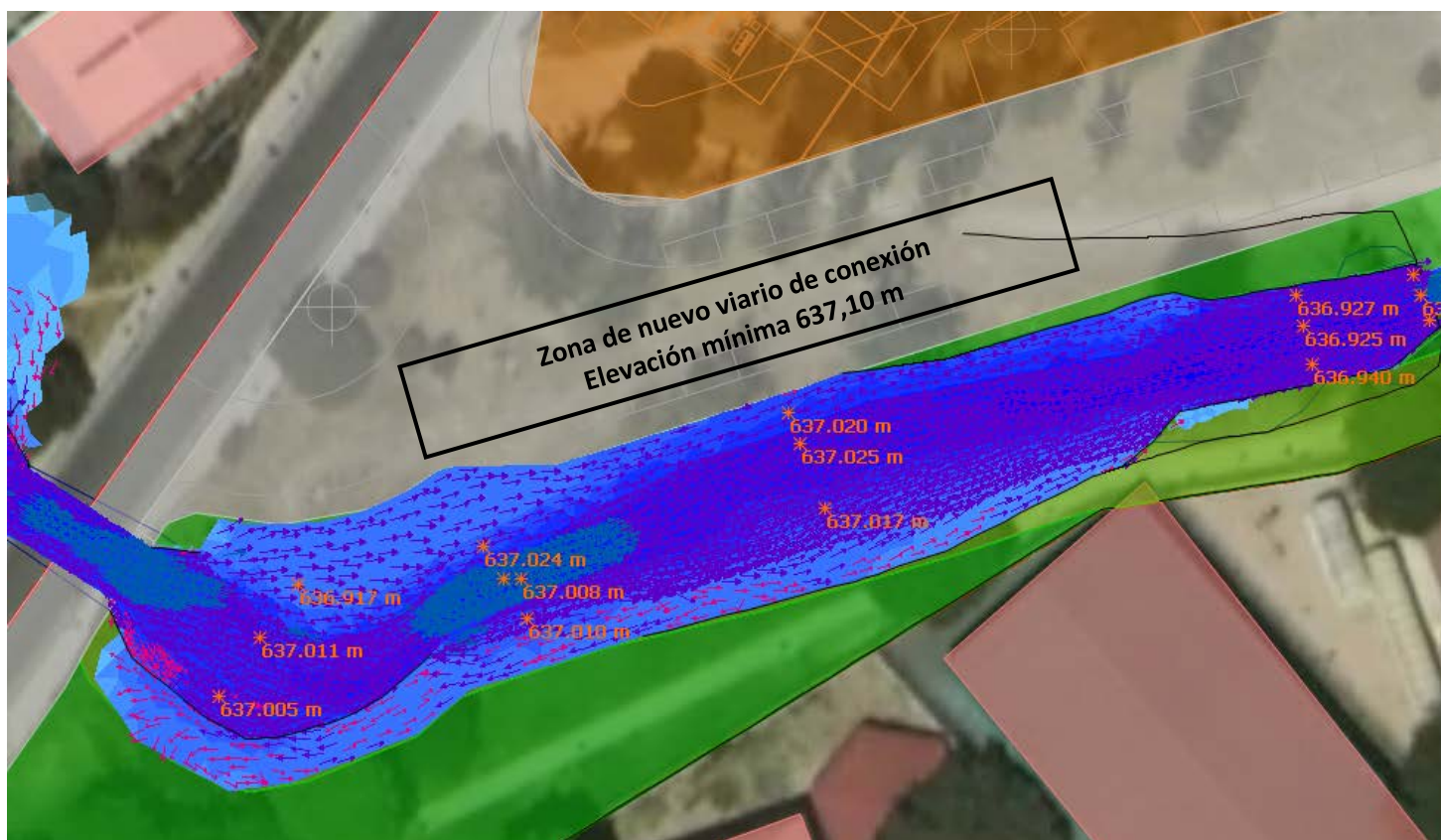
En la simulación de la avenida para Q500 años, se observa que las elevaciones máximas del agua están entre 635,90 y 635,70 m. La margen izquierda se encuentra aproximadamente a la cota 635,10 m, por lo que desborda en una longitud de unos 80 m, tal y como se aprecia en la imagen adjunta.



*Arroyo Pozuelo entre la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, situación actual. Desbordamiento para Q500 años del cauce en la margen izquierda*

En la situación futura se evitará el desbordamiento del cauce mediante la urbanización del sector, ya que en esta margen se va a disponer una zona de **viario, que irá ligeramente sobreelevado**, ya que debe conectar la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, ambas elevadas respecto al terreno

intermedio. Este viario ha de tener **como mínimo una elevación de 637,10 m** para que no se vea afectado por las crecidas del Arroyo.



*Arroyo Pozuelo entre la Avenida Calvo Sotelo y la Plaza de Roma, situación futura con disposición de nuevo viario, que impide que desborde el cauce. Simulación para Q500 años*

Para ello, y como medida de contención de tierras, se dispondrá un **Muro de gaviones de 58,3 m de longitud**, lo más naturalizado e integrado en el entorno, con **altura media de 1,5 m**, similar al de las imágenes siguientes.



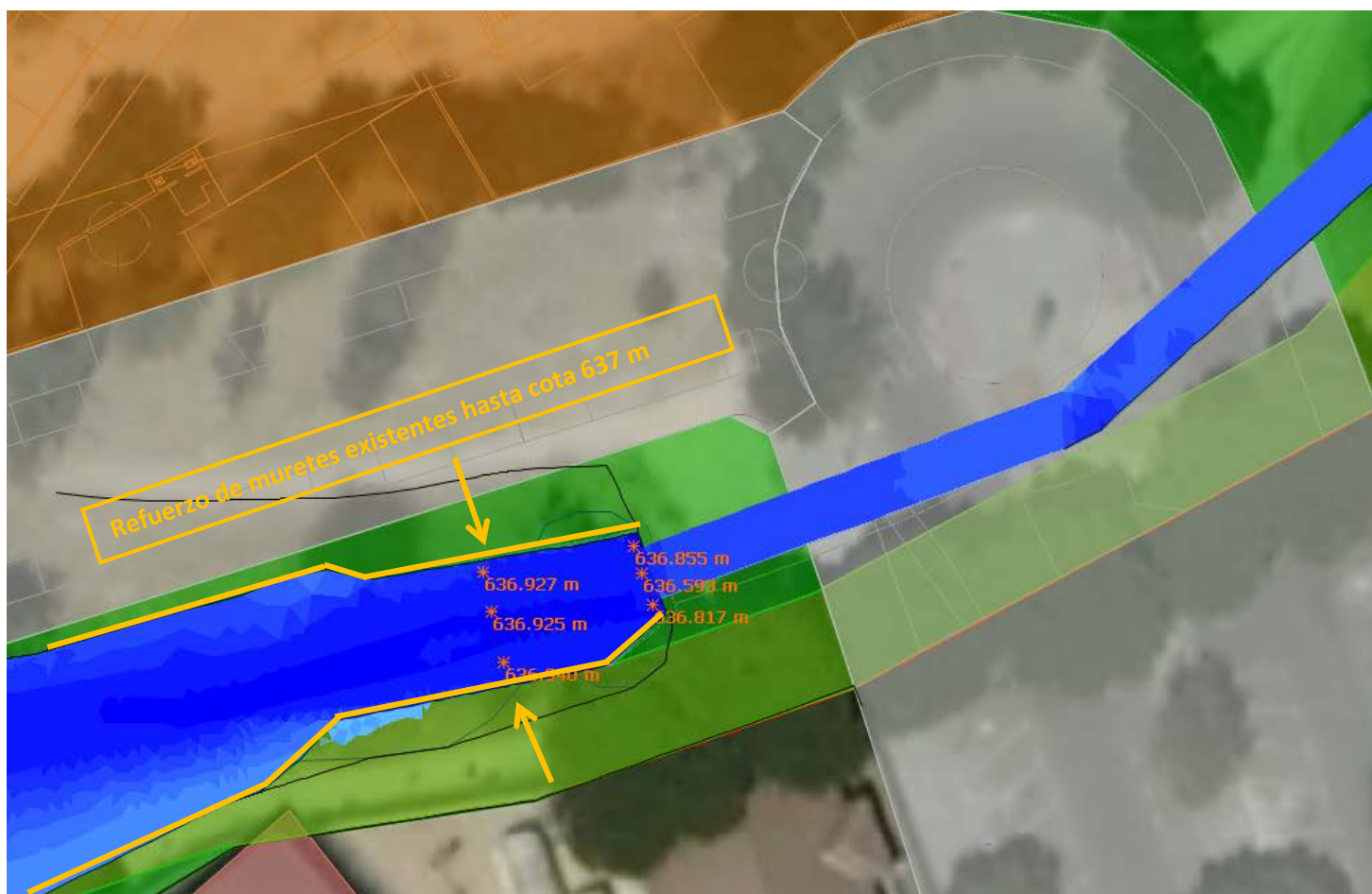
*Ejemplos de muros de gaviones naturalizados*

La medición y presupuesto aproximado de esta medida de protección (a sumar a los movimientos de tierras propios del Proyecto de Urbanización) se incluye a continuación:

### Zona 1 Muro de contención de gaviones:

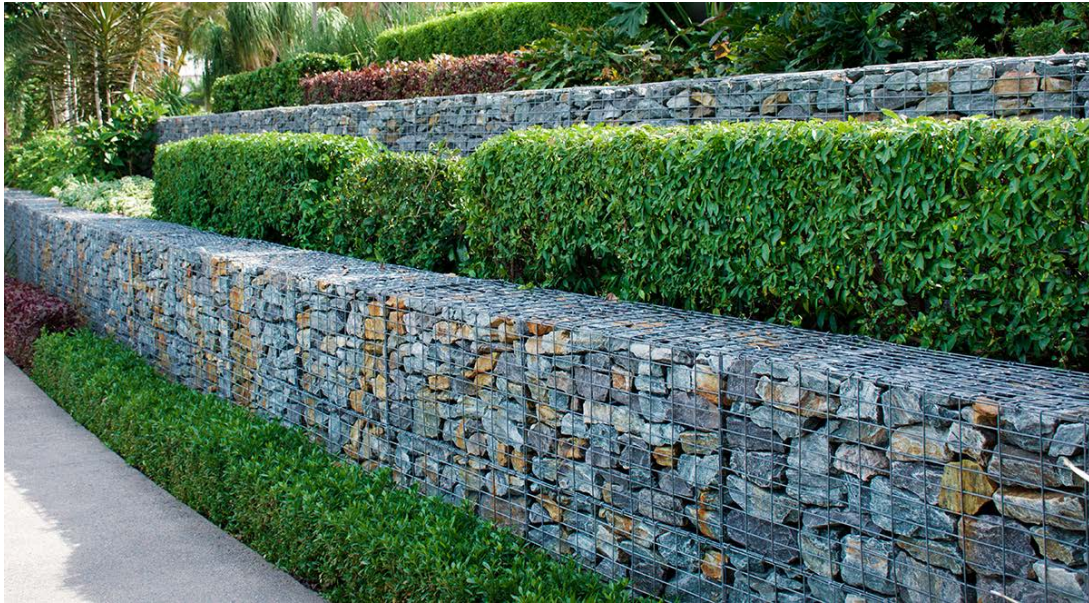
|                            |     |       |        |        |      |                 |
|----------------------------|-----|-------|--------|--------|------|-----------------|
| Punto:                     | 1   | 2     | 3      | 4      | 5    |                 |
| Longitud:                  | 0   | 10,2  | 24,4   | 32,8   | 58,3 |                 |
| Cota:                      | 637 | 635,7 | 635,75 | 635,65 | 635  |                 |
| Altura:                    | 1   | 1,8   | 1,35   | 1,45   | 2    |                 |
| <b>Volumen (2 m ancho)</b> |     | 28,6  | 44,7   | 23,5   | 88,0 | <b>184,8</b>    |
| <b>Presupuesto aprox.</b>  |     |       |        |        |      | <b>18.500 €</b> |

2. En el entorno de la obra de paso bajo la Plaza de Roma, los muretes de protección presentan discontinuidades y son relativamente bajos. Se propone **tapar los huecos existentes sólo en la embocadura de aguas arriba**, en la de aguas abajo no es necesario. Además, sería preciso **recrecerlos hasta la cota 637 m**, en las localizaciones siguientes, marcadas con líneas amarillas en la planta adjunta:



*Arroyo Pozuelo a la altura de la embocadura bajo la Plaza de Roma, situación futura con refuerzo de muretes del encauzamiento, que impiden que desborde el cauce. Simulación para Q500 años*

Para ello se dispondrá un **muro bajo de gaviones de 97 m de longitud** (contando ambas márgenes), **con altura media de 1,3 m**, y de menor espesor que en la zona anterior, ya que no precisa contener grandes taludes de tierra, integrándose lo más posible en el entorno del cauce y sus veredas. La solución será similar al de la imagen siguiente.



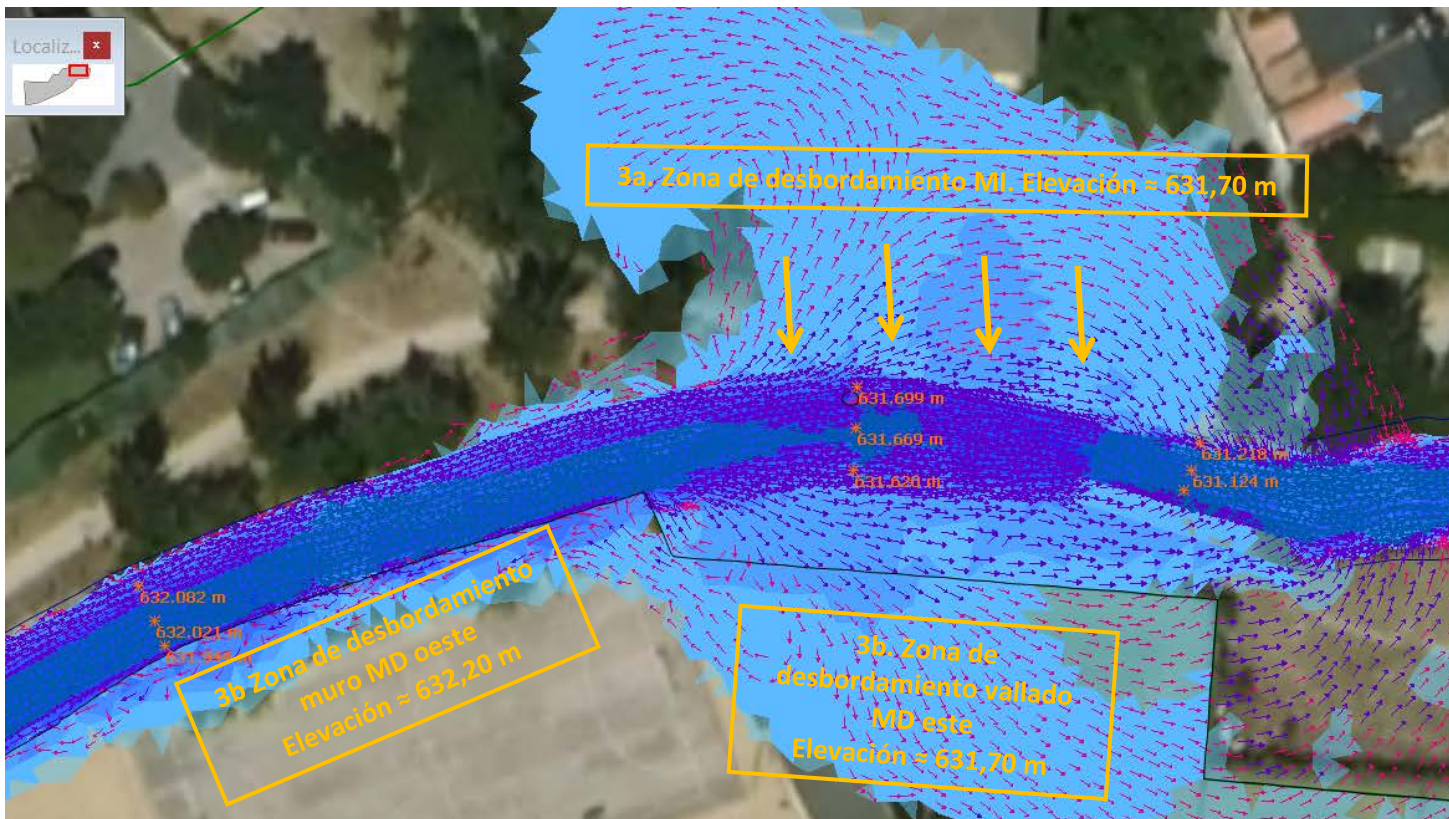
*Ejemplo de muro bajo de gaviones naturalizado*

La medición y presupuesto aproximado de esta medida de protección se incluye a continuación:

**Zona 2 Recrecimiento de muretes de contención**

|                            |       |      |      |       |       |       |       |       |       |       |                 |
|----------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| Punto:                     | 1     | 2    | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |                 |
| Longitud:                  | 0     | 17   | 31,5 | 42,5  | 46,8  | 52,3  | 57,5  | 74,9  | 77,4  | 97    |                 |
| Cota:                      | 635,1 | 635  | 635  | 635,6 | 636,2 | 636,1 | 635,7 | 635,7 | 636,4 | 636,4 |                 |
| Altura:                    | 1,9   | 2    | 2    | 1,4   | 0,8   | 0,9   | 1,3   | 1,3   | 0,6   | 0,6   |                 |
| <b>Volumen (1 m ancho)</b> |       | 33,1 | 29,0 | 18,7  | 4,7   | 4,7   | 5,7   | 22,6  | 2,4   | 11,8  | <b>132,7</b>    |
| <b>Presupuesto (aprox)</b> |       |      |      |       |       |       |       |       |       |       | <b>13.300 €</b> |

3. En el entorno del Polideportivo Carlos Ruiz se presentan problemas de inundabilidad en su parte más aguas abajo, tanto en la margen derecha como en la izquierda.



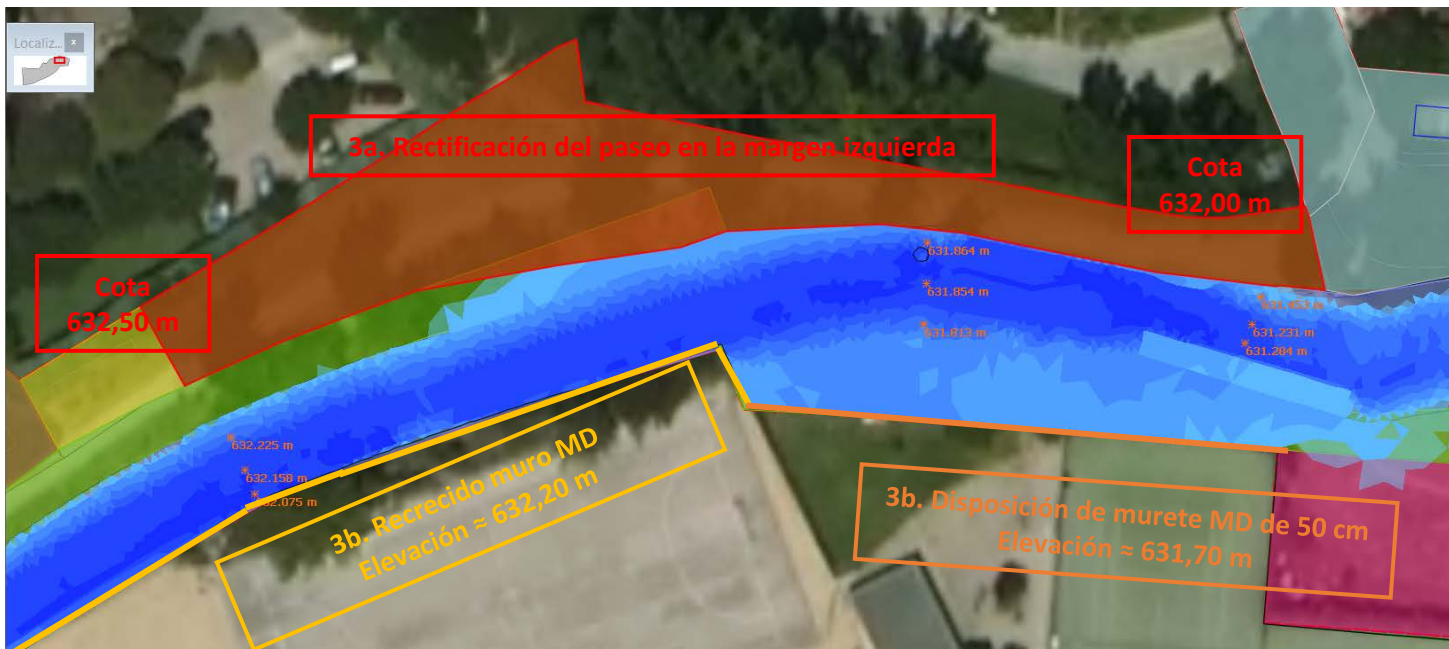
Arroyo Pozuelo a la altura del Polideportivo Carlos Ruiz, situación actual. Desbordamiento para Q500 años del cauce en ambas márgenes

3a. En la **margen izquierda**, el **terreno es un poco más bajo** en esa zona (cota 631,10 m, aproximadamente 60-90 cm más bajo que el terreno circundante), mientras que el arroyo alcanza una elevación en esa curva de 631,70 m, por lo que desborda de forma localizada.

La medida de protección propuesta en la margen izquierda es la **Rectificación del paseo** contiguo al arroyo de manera que éste suba con pendiente constante desde la cota 631,50 m en el extremo este hasta la 632,50 m, en el oeste, correspondiente a la zona marcada en rojo en la planta adjunta. Para ello, y como medida de contención de tierras, se dispondrá un **Muro bajo de gaviones**, lo más naturalizado posible, de **96,4 m de longitud y 75 cm de altura media**.

La solución final será similar a esta:





Arroyo Pozuelo a la altura del Polideportivo Carlos Ruiz, situación futura. Actuaciones propuestas para evitar el desbordamiento para Q500 años del cauce en ambas márgenes

En la **margen derecha**, el arroyo invade las pistas porque **desborda ligeramente el muro de protección** a la altura de las canchas de baloncesto, y porque en la zona de las pistas de pádel no existe un vallado impermeable.

Para solucionar los problemas de desbordamiento del arroyo en esta localización se proponen las siguientes actuaciones, ambas en **Muro de piedra** natural (en este caso no es posible disponer gaviones, pues estos no son impermeables al paso del agua):

- **Recrecimiento del muro de protección de la pista de baloncesto y fútbol hasta la cota 632,20 m. Longitud total 47 m y altura media 20 cm.**
- Disposición de un **murete de piedra** en el perímetro de las **primeras pistas de pádel**, hasta la cota **631,9 m. Longitud total 27 m y altura media 50 cm.**

Su aspecto final será similar a este:



Muro bajo de piedra natural

La medición y presupuesto aproximado de esta medida de protección se incluye a continuación:

**Zona 3b Muro bajo:**

|                            |       |        |      |       |       |                |
|----------------------------|-------|--------|------|-------|-------|----------------|
| Punto:                     | 1     | 2      | 3    | 4     | 5     |                |
| Longitud:                  | 0     | 23,3   | 36,5 | 47    | 74    |                |
| Cota:                      | 632,5 | 631,75 | 632  | 631,5 | 631,5 |                |
| Altura:                    | 0     | 0,45   | 0,2  | 0,2   | 0,5   |                |
| <b>Volumen (2 m ancho)</b> |       | 10,5   | 8,6  | 4,2   | 18,9  | <b>42,2</b>    |
| <b>Presupuesto (aprox)</b> |       |        |      |       |       | <b>6.500 €</b> |

### **1.1. Justificación de la solución adoptada para refuerzos y contención de tierras:**

#### **Gaviones**

En ingeniería, los gaviones consisten en una caja o cesta de forma prismática rectangular, rellena de piedra o tierra, de mimbre o mallas metálicas de acero inoxidable o hierro galvanizado con bajo contenido de carbono.

Como las operaciones de armado y relleno de piedras no requieren ninguna pericia, con los gaviones se pueden ejecutar obras que de otro modo requerirían mucho más tiempo y operarios especializados.

Por su permeabilidad, permiten que los atraviese el agua, aliviando las grandes tensiones por presión hidrostática que se acumulan detrás de los muros.

Otra particularidad de estas estructuras es la muy buena integración al ambiente, permitiendo el desarrollo de la vegetación y la vida de la fauna autóctona del lugar.

#### Ventajas

- Presentan una amplia adaptabilidad a diversas condiciones, ya que son fáciles de construir aun en zonas inundadas.
- Funcionan como presas filtrantes que permiten el flujo normal del agua y la retención de azolves.
- Debido a que los cajones de gaviones forman una sola estructura tienen mayor resistencia al volteo y al deslizamiento.
- Controlan eficientemente la erosión en cárcavas de diferentes tamaños.
- Tienen costos relativamente bajos, en comparación con las presas de mampostería.
- Tienen una alta eficiencia y durabilidad.

#### Usos

- Muros de contención: los muros de gaviones están diseñados para mantener una diferencia en los niveles de suelo en sus dos lados constituyendo un grupo importante de elementos de soporte y protección cuando se localiza en lechos de ríos.
- Conservación del suelo: la erosión hídrica acelerada es considerada sumamente perjudicial para los suelos, pues debido a este fenómeno, grandes superficies de suelos fértiles se pierden; ya que el material sólido que se desprende en las partes media y alta de la cuenca provoca el azolvamiento de la infraestructura hidráulica, eléctrica, agrícola y de comunicaciones que existe en la parte baja.
- Control de ríos: en ríos, el gavión acelera el estado de equilibrio del cauce. Evita erosiones, transporte de materiales y derrumbamientos de márgenes, además el gavión controla crecientes protegiendo valles y poblaciones contra inundaciones.
- Decorativos: se han utilizado como un nuevo recurso con grandes posibilidades de integración en entornos de parque urbano.



*Ejemplo del uso de gaviones en parque urbano*

## **Fotos ilustrativas**



