

**PLAN PARCIAL DE ORDENACIÓN DEL  
APR 3.5-01 "ZONA DE SERVICIOS M-503"  
DEL PGOU DE POZUELO DE ALARCÓN.**

**Estudio Hidrológico-Hidráulico  
Anexo IV del Documento Ambiental Estratégico (DAE)**

**SEPTIEMBRE 2023**

## **INDICE GENERAL**

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO .....	3
1. OBJETO .....	3
2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES .....	3
3. CONDICIONANTES DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA .....	3
4. CONTENIDO GENERAL DEL ANEXO .....	5
5. PLANTEAMIENTO DEL ANEXO .....	6
6. LOCALIZACIÓN DEL APR 3.5-01 .....	6
7. MEDIO FÍSICO .....	9
8. ARROYO DE LAS VIÑAS .....	16
9. ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO DE LAS VIÑAS .....	23
9.1. FINALIDAD DEL ESTUDIO .....	23
9.2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO .....	24
9.3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO .....	25
9.4. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN .....	27
9.5. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN .....	27
9.6. CÁLCULO CON LA HERRAMIENTA CAUMAX .....	32
9.7. CAUDALES DE AVENIDA EN EL ESTADO ACTUAL .....	38
10. PLANTEAMIENTO DE LA RED DE DRENAJE DEL ÁMBITO .....	38
11. CAUDALES DE AVENIDA EN EL ESTADO FUTURO .....	39
12. ESTUDIO HIDRÁULICO DEL ARROYO de LAS VIÑAS .....	43
12.1. FINALIDAD .....	43
12.2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	43
12.3. TRAMO DE ESTUDIO .....	44
12.4. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO .....	45
13. DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO .....	54
14. ZONA DE FLUJO PREFERENTE .....	57
14.1. ZONA INUNDADA POR LA AVENIDA DE 100 AÑOS .....	58
14.2. estudio de la Zona de flujo preferente .....	59
15. ZONA INUNDABLE EN ESTADO PREOPERACIONAL .....	68
16. ORDENACIÓN PLANTEADA .....	72
17. ZONA INUNDABLE EN ESTADO POSTOPERACIONAL .....	75
18. INCORPORACIÓN DESDE LA RED DE PLUVIALES .....	81
18.1. CARACTERIZACIÓN DEL CAUDAL VERTIDO AL ARROYO .....	82
18.2. EFECTOS SOBRE EL FLUJO HIDRÁULICO .....	83
19. CONCLUSIONES .....	85
20. CONSIDERACIÓN FINAL .....	87
21. PLANOS .....	88
APÉNDICES DEL ANEXO .....	89

## **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO**

### **1. OBJETO**

El objeto del presente Anexo se centra en el estudio y análisis del arroyo de Las Viñas y su caracterización en relación con las actuaciones previstas tras el desarrollo del Plan Parcial de Ordenación del Área de Planeamiento Remitido APR 3.5-01 "Zona de Servicios M-503", localizado en el término municipal de Pozuelo de Alarcón (Madrid).

Para ello, en esencia, el documento contiene un Estudio Hidrológico del citado arroyo a fin de determinar los caudales previsibles en el mismo para distintas avenidas y un Estudio Hidráulico para determinar las zonas de inundación por los caudales deducidos y, de esta manera, conocer las afecciones respecto al ámbito a desarrollar.

El estudio se redacta como complemento al documento «PLAN PARCIAL DE ORDENACIÓN DEL APR 3.5-01 "ZONA DE SERVICIOS M-503" DEL PGOU DE POZUELO DE ALARCÓN».

Con el documento se pretende completar la información disponible a fin de obtener la aprobación del referido Plan Parcial y, en particular, el informe sectorial correspondiente y la autorización de la Confederación Hidrográfica del Tajo.

### **2. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES**

Como se ha dicho, el Anexo se redacta como complemento al Plan Parcial del ámbito mencionado.

En lo que respecta a la aprobación urbanística correspondiente, con independencia de la tramitación que se sigue ante la Administración con la competencia sustantiva, se deben obtener informes sectoriales y/o autorizaciones de diversas administraciones y, entre ellas, de la Administración hidráulica cuyas competencias ostentan los Organismos de cuenca, en este caso la Confederación Hidrográfica del Tajo.

En este sentido, en cumplimiento de lo establecido en la vigente legislación de aguas, concretada en el Texto Refundido de la Ley de Aguas aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, se establece la necesidad de que los planes urbanísticos deben ser informados por las Confederaciones Hidrográficas en cuyo ámbito geográfico se sitúan los posteriores desarrollos.

### **3. CONDICIONANTES DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA**

Como se ha referido en el epígrafe anterior, de acuerdo con lo contemplado en el Texto Refundido de la Ley de Aguas, la Confederación Hidrográfica del Tajo debe informar los planes urbanísticos que se localizan en el ámbito geográfico que gestiona. En particular, la legislación de referencia y el Organismo de cuenca establecen las consideraciones y aspectos que se deben en cuenta para el desarrollo posterior de los ámbitos de urbanización.

En concreto, la Confederación indica los siguientes aspectos generales a tener en consideración:

- Como criterio general a considerar es el de mantener los cauces que se pudieran afectar de la manera más natural posible, manteniéndolos a cielo abierto y evitando cualquier tipo de canalización o regularización del trazado que intente convertir el río en un canal, y contemplándose la evacuación de avenidas extraordinarias.
- En ningún caso se autorizarán dentro del dominio público hidráulico la construcción, montaje o ubicación de instalaciones destinadas a albergar personas, aunque sea con carácter provisional o temporal, de acuerdo con lo contemplado en el artículo 77 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Toda actuación que se realice en zona de dominio público hidráulico, y en particular obras de paso sobre cauces y acondicionamiento/encauzamiento de los mismos, deberá contar con la preceptiva autorización de este Organismo. Para poder otorgar la autorización de obras correspondiente se deberá aportar Proyecto suscrito por técnico competente de las actuaciones a realizar. El proyecto citado deberá incluir una delimitación del dominio público hidráulico, de acuerdo con lo establecido en el artículo 4º del Reglamento antes citado, referenciado tanto el estado actual como el proyectado y un estudio de las avenidas extraordinarias previsibles con objeto de dimensionar adecuadamente las obras previstas.
- Toda actuación que se realice en la zona de policía de cualquier cauce público, definida por 100 m de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce, deberá contar con la preceptiva autorización de este Organismo según establece la vigente legislación de aguas, y en particular las actividades mencionadas en el Art. 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril y modificado por Real Decreto 606/2003 de 23 de mayo.
- Particularmente para el caso de nuevas urbanizaciones, si las mismas se desarrollan en zona de policía de cauces, previamente a su autorización es necesario delimitar la zona de dominio público hidráulico, zona de servidumbre y policía de cauces afectados así como analizar la incidencia de las avenidas extraordinarias previsibles para período de retorno de hasta 500 años que se puedan producir en los cauces, al objeto de determinar si la zona de actuación es o no inundable por las mismas. En tal sentido se deberá aportar previamente en este Organismo el estudio hidrológico y los cálculos hidráulicos correspondientes para analizar los aspectos mencionados, junto con los planos a escala adecuada donde se delimiten las citadas zonas.
- Los alcantarillados han de tender a ser de carácter separativo para aguas pluviales y residuales.

Los colectores que se prevean en las áreas de influencia de los cauces, deberán situarse fuera del dominio público hidráulico del cauce correspondiente, es decir cruzarán los cauces solamente en puntos concretos y precisos.



Las redes de colectores que se proyecten y los aliviaderos que sean previsibles en las mismas deberán contemplar que los cauces receptores tengan capacidad de evacuación suficiente, adaptándose las medidas oportunas para no afectar negativamente el dominio público hidráulico y la evacuación de avenidas en todo el tramo afectado.

En este sentido se deberá aportar ante la Confederación Hidrográfica del Tajo, previamente a la autorización, documento suscrito por técnico competente en el que se analice la afección que sobre el dominio público hidráulico de los cauces afectados y sobre sus zonas inundables, puede provocar la incorporación de caudales por las nuevas zonas a urbanizar y se estudien las incidencias producidas en el cauce aguas abajo de la incorporación de los aliviaderos de aguas pluviales en la red de saneamiento prevista.

- En todo caso deberán respetarse las servidumbres de 5 m de anchura de los cauces públicos, según se establece en el Art. 6 del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo, 1/2001, de 20 de julio (B.O.E. de 24 de julio de 2001) y en el Art. 7 del mencionado Reglamento.

En definitiva, de acuerdo con la legislación de aguas, el planeamiento urbanístico que se localiza en el ámbito geográfico que gestiona la Confederación Hidrográfica del Tajo debe ser informado por dicho Organismo de cuenca. En el caso concreto de que la zona objeto de dicho planeamiento se localice en las zonas de influencia de cauces públicos se debe tener en cuenta, además, que para su desarrollo posterior es necesario obtener previamente su autorización.

#### **4. CONTENIDO GENERAL DEL ANEXO**

Vistos los condicionantes generales señalados anteriormente y puesto que el ámbito objeto de este documento se localiza en las inmediaciones del arroyo de Las Viñas, resulta necesario elaborar un documento técnico en el que se incluya el estudio hidrológico e hidráulico del referido cauce, a fin de que la Confederación Hidrográfica del Tajo informe el planeamiento urbanístico correspondiente al Plan Parcial de Ordenación del APR 3.5-01 "Zona de Servicios M-503".

En este sentido, el Anexo se genera para complementar el Plan Parcial mencionado, a los efectos establecidos en el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Para ello, contendrá los siguientes aspectos:

- Se realiza un estudio hidrológico a fin de determinar los caudales correspondientes a la máxima crecida ordinaria en el cauce del arroyo de Las Viñas y los correspondientes a las avenidas extraordinarias previsibles. Dicho estudio se realizará tanto en la situación preoperacional como en la situación postoperacional.
- Se realiza un estudio hidráulico a fin de delimitar, en primer lugar, el dominio público hidráulico y sus zonas asociadas de servidumbre y policía y, después, las zonas inundables por las avenidas extraordinarias en la situación actual o preoperacional.

- En esa concepción, se realiza también un estudio y análisis del arroyo a fin de delimitar la Zona de Flujo Preferente.
- Asimismo, se realiza el estudio para analizar el comportamiento hidráulico en la situación postoperacional contemplando las actuaciones que se plantean.

El documento se redacta a nivel del planeamiento en el que se integra, esto es el Plan Parcial, si bien una vez que se apruebe el Plan Parcial y se desarrolle el proyecto que concrete las obras de urbanización, estas quedarán definidas en mayor grado de detalle.

## **5. PLANTEAMIENTO DEL ANEXO**

Con el objetivo descrito en los apartados anteriores, el estudio incluido en este Anexo se plantea desarrollando el siguiente contenido documental:

- a) Se describe el área en la que se localiza el APR 3.5-01 “Zona de Servicio M-503” y, particularmente, se caracteriza la red hidrográfica a estudiar.
- b) Se realiza un estudio hidrológico del arroyo de Las Viñas concretando la metodología utilizada y los cálculos realizados en la determinación de los caudales previsibles en el citado arroyo.
- c) Se realiza un estudio hidráulico del arroyo a fin de caracterizar el flujo de las aguas en la situación actual o preoperacional. Se hace una descripción detallada de la metodología utilizada para la simulación hidráulica con las diferentes avenidas. Se procede a la delimitación del dominio público hidráulico a partir del caudal de la máxima crecida ordinaria y de las zonas inundadas por las avenidas extraordinarias, así como una aproximación a la Zona de Flujo Preferente. Asimismo, se analizan los resultados y conclusiones deducidas tras la aplicación de dicha metodología. Los resultados obtenidos se plasman en los correspondientes planos.
- d) Se realiza el estudio hidráulico para la situación futura o postoperacional a fin de caracterizar el flujo de las aguas tras la ejecución de las actuaciones que se plantean en el desarrollo del ámbito y fijar unos criterios para dimensionar adecuadamente las obras previstas.

## **6. LOCALIZACIÓN DEL APR 3.5-01**

Pozuelo de Alarcón es un municipio de la Comunidad Autónoma de Madrid situado al oeste y a algo menos de 15 km del centro de la capital de la capital, formando parte de su área metropolitana. El municipio se encuentra emplazado en una zona de suaves ondulaciones, con amplios espacios naturales surcados por distintos arroyos que drenan sus aguas hacia el río Manzanares, del que son tributarios por su margen derecha. El término municipal limita al norte, este y sur con el municipio de Madrid, al norte con el de Majadahonda, al oeste con Boadilla del Monte y, también, al sur con el de Alcorcón.

Los terrenos en los que se localiza el APR 3.5-01 “Zona de Servicio M-503” se localizan en la zona oeste del término municipal, junto a la carretera M-503, entre las carreteras M-502 y M-513.



Se trata de un ámbito con forma sensiblemente triangular, que linda al oeste con la carretera M-503, por el este con el arroyo de Las Viñas y el ámbito de suelo urbano APR-3.5-03 "Viña del Niño" y por el norte con la Residencia Maravillas (Suelo Urbano Consolidado).

Recientemente, con objeto de la ejecución de las obras de remodelación del enlace de las carreteras M-513 y M-503, se suscribieron actas de ocupación anticipada por los propietarios afectados por dichas obras, entre los que se encuentran los titulares del presente ámbito.

En dicho proyecto se concretó, de acuerdo con los informes emitidos por la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid, el límite actual del dominio Público de la carretera M.503 previo a la ejecución del nuevo enlace, basándose en los planos y actas de los proyectos de expropiación de los años 1985, 1986 y 1991.

En la imagen siguiente, obtenida del Proyecto de Expropiación Forzosa de los terrenos para la ejecución de la remodelación del enlace entre las carreteras M-503 y M-513, se observa en color gris el dominio público actual de la carretera, en color rojo la zona de ocupación definitiva del nuevo trazado de la M-503 (futuro dominio público, objeto de cesión anticipada) y en color azul la zona de servidumbre para el desvío de las infraestructuras afectadas por la obra.





Como se puede comprobar, de acuerdo con los planos del Plan General, la delimitación del ámbito (en color amarillo) incluye parte del dominio público actual de la carretera (en color gris).

Se propone por tanto la delimitación del ámbito excluyendo los suelos de dominio público (línea de trazos negra), evitando de esta forma los problemas que, en el momento de realizar la equidistribución, supondría incluir como finca aportada suelo perteneciente a la Comunidad de Madrid.

Sí se incluye, en cambio, el suelo correspondiente a la ocupación definitiva (en color rojo), que supondrá el nuevo dominio público de la carretera una vez finalizadas las obras de remodelación del enlace y que en la ordenación se calificará como red pública de cesión.

Estos suelos se incluyen debido a que el Proyecto de Expropiación forzosa de la obra en ejecución derivó finalmente en la firma de unas actas de cesión anticipada de suelo, con reconocimiento del aprovechamiento generado por este suelo a favor de los propietarios, en el interior del ámbito. Este suelo se obtendrá, mediante el desarrollo del ámbito, por la Comunidad de Madrid como cesión de Red supramunicipal de infraestructuras (de forma por tanto gratuita).

Por el este, el ámbito se delimita por el dominio público del arroyo de Las Viñas, evitando, al igual que con la M-503, incluir dentro del ámbito suelos de titularidad pública.



Por el norte, el límite se ha ajustado a la situación real del cerramiento de la parcela donde se localiza la residencia de mayores, de acuerdo con el levantamiento topográfico efectuado al efecto.

Por la parte este, con un trazado casi paralelo al arroyo, discurre por el interior del ámbito la Colada del arroyo de Las Viñas, clasificada el 3 de marzo de 1969 (BOP 21/4/1969) y con una anchura legal de entre 4 y 8 metros.

A falta de un criterio definido por parte del Área de Vías Pecuarias, se propone una anchura de 6 metros a lo largo de todo el tramo interior al ámbito, lo que supone una superficie "inicial" de 994,86 m<sup>2</sup>.



## **7. MEDIO FÍSICO**

Los terrenos en los que se pretende el desarrollo del APR 3.5-01 "Zona de Servicio M-503" tienen las características físicas que se describen, de manera resumida, seguidamente:

### **LITOLOGÍA**

El término municipal de Pozuelo de Alarcón se localiza en parte de la cubeta central del río Tajo y se asienta sobre sedimentos detríticos Terciarios de gran variedad litológica pertenecientes a la facies de borde (Facies de Madrid); así como depósitos del Cuaternario

que afloran en los fondos aluviales del municipio. La zona se encuentra situada en la cuenca del río Manzanares.

Estos materiales deben surgir de la sedimentación, de origen mecánico en el borde del Sistema Central, provenientes de la destrucción de los relieves graníticos y metamórficos.

La Facies Madrid está compuesta principalmente por arcosas feldespáticas correspondientes al Mioceno, que forman un depósito de gran potencia sobre un sinclinal de origen hercínico, ocupando una gran extensión de una orla detrítica al sur del Sistema Central.



Fuente: Visor CartoMadrid. Comunidad de Madrid. Mapas temáticos, materiales geológicos Z2400

El terreno en el que se localiza el APR 3.5-01 se corresponde con una zona perteneciente a la Unidad de las “Arcosas Inferiores Toscos” y posee una capacidad portante media, pudiendo cimentarse de forma convencional con zapatas aisladas y coeficiente de trabajo del terreno de 2 a 3 kg/cm<sup>2</sup>. En todo caso, tanto las obras de urbanización como las de edificación, requerirán de los preceptivos estudios geotécnicos específicos.

### GEOMORFOLOGÍA Y RELIEVE

El término municipal de Pozuelo de Alarcón presenta caracteres típicos de las zonas centrales de la depresión del Tajo, situándose en una zona de suaves ondulaciones, con puntos elevados en sus zonas norte y central –como por ejemplo el Cerro de los Gamos, el Cerro de los Perdigones o el casco histórico- y con valles poco pronunciados. La altitud media de la localidad se sitúa en 690 metros sobre el nivel del mar, con una diferencia comparativamente acusada entre el punto más alto (unos 725 metros, en la zona suroeste de La Cabaña y Prado Largo) y el más bajo (unos 620 metros, en zonas cercanas al límite con Madrid).

Los terrenos del municipio presentan pendientes representadas del oeste al este del término, drenando hacia la cuenca del río Manzanares.

En lo que se refiere al APR 3.5-01 "Zona de Servicio M-503", topográficamente el terreno en el que se localiza el ámbito presenta una ligera pendiente (aproximadamente un 4%) desde la carretera M-503 hacia el límite este, descendiendo hacia el arroyo de Las Viñas.

Presenta unas cotas máximas entorno a los 697 metros al norte y 694 al sur, en sus límites con la carretera M-503, y cotas mínimas de unos 870 metros, en la zona del arroyo en su límite norte con el ámbito.

En su interior se observan tres pequeñas elevaciones de entre dos y tres metros de altura. En general el terreno no presenta dificultades para la ejecución de las actuaciones previstas en el desarrollo del área de planeamiento.

### VEGETACIÓN

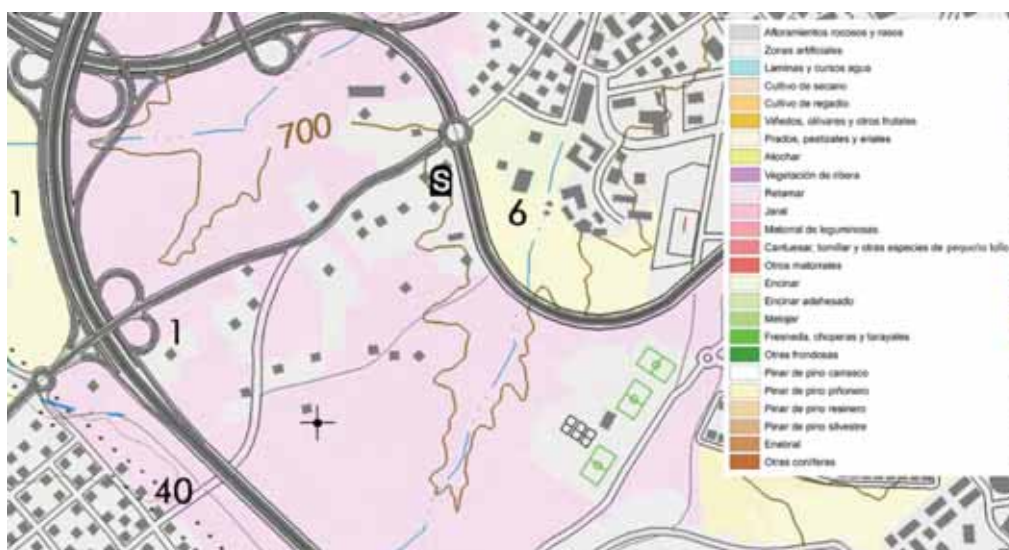
El término municipal de Pozuelo de Alarcón como integrante del área metropolitana de Madrid se encuentra altamente urbanizado, si bien se distinguen en su territorio zonas de arbolado con pinar (Parque Forestal de Somosaguas), zonas de pinar, encinar, mezcla de encina y coníferas (en el Monte de Pozuelo) y varios espacios de retamar.





Fuente: Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. Visor Vegetación y usos (2006) a escala 1:50.000

Los terrenos en los que se localiza el ámbito se corresponden con espacios sin vegetación, calificados como pastizal y erial, en los que el aprovechamiento forestal y el valor cinegético son nulos, no existiendo especies arbóreas o florísticas de interés.



Fuente: Visor CartoMadrid. Comunidad de Madrid. Mapas temáticos, mapa de vegetación

El único pie arbóreo que permanece en el ámbito tras las obras realizadas en la carretera, en el extremo sur, se respetará dentro del espacio libre de protección de la carretera y no se verá afectado por las obras de urbanización.

El área se caracteriza por la "neutralidad" de su paisaje, en el que la vegetación prácticamente no existe. Toda la extensión del sector es de secano, con una deforestación casi total.

Seguidamente se adjunta una ortofoto de la zona en la que se pueden observar las características antes mencionadas de los terrenos que conforman el ámbito.





Fuente: Visor Iberpix. Imagen PNOA

### CLIMATOLOGÍA

La meteorología del municipio de Pozuelo de Alarcón responde al de un clima mediterráneo continental templado. Su posición interior en la Península le confiere un matiz de continentalidad, con largos períodos de sequía y fuertes oscilaciones térmicas entre la estación fría y la cálida. Con veranos calurosos e inviernos fríos y con precipitaciones escasas e irregularmente distribuidas en el tiempo. La época seca coincide con las temperaturas más altas.

La precipitación media anual es de 494 mm, y presenta una distribución relativamente uniforme desde noviembre a mayo, recogiendo la mayor proporción del total de la lluvia en invierno y primavera. En verano, como es habitual en el clima mediterráneo, la pluviometría es escasa y apenas representa un 10% de la lluvia del resto del año, tal y como se observa en la siguiente tabla de precipitaciones medias (en mm).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
43	38	28	52	55	31	16	14	32	54	60	66	494

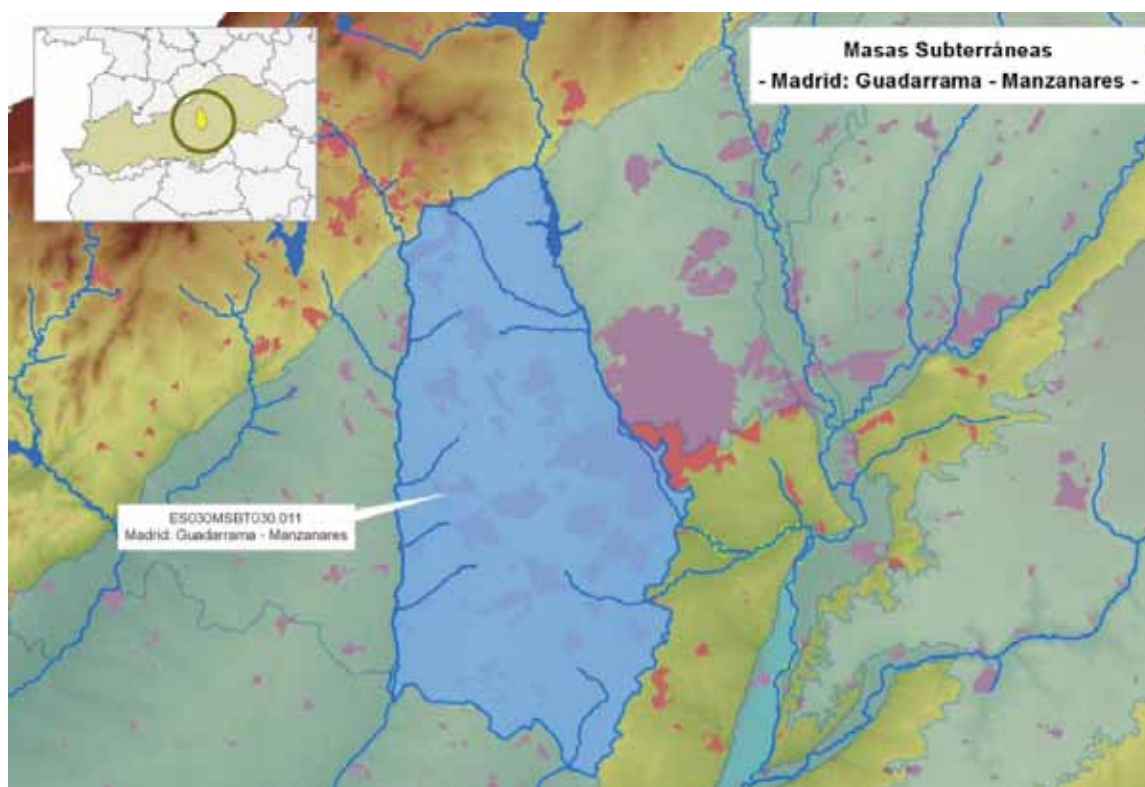
La temperatura media anual es de 14,2 °C, presentándose los valores máximos en el estío, con una temperatura media de las máximas en el mes de julio de 32,6 °C (24,7 °C de media en el mes de julio), y las mínimas en invierno, con una temperatura media de las mínimas en el mes de enero de 0,8 °C (5,6 °C de media en el mes de enero).

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
5,6	7,2	10,0	11,9	15,8	20,9	24,7	24,3	20,1	14,4	9,2	6,3	14,2

En definitiva, la zona en donde se localiza el APR 3.5-01 se caracteriza por un régimen térmico con máximos acusados en verano y escasez de precipitaciones que son además irregulares, con máximos en primavera e invierno y mínimos en verano, coincidentes con los períodos más cálidos, lo que determina unos elevados valores de déficit hídrico.

### HIDROGEOLOGÍA

De acuerdo con la información de la Confederación Hidrográfica del Tajo, el sector se ubica en la Unidad Hidrogeológica 03-05 Madrid-Talavera, con una superficie de 6.079,95 km<sup>2</sup>, y en la Masa de agua subterránea ES030MSBT030.011, de 895,91Km<sup>2</sup>, de tipo *detrítico*.



Fuente: Confederación Hidrográfica del Tajo

Los materiales detríticos terciarios funcionan en su conjunto como un gran acuífero, heterogéneo y anisótropo. En él la recarga se produce por infiltración del agua de lluvia en los interfluvios, y la descarga en los valles y cauces fluviales.

La circulación del agua se produce principalmente en los primeros 400 m, zona considerada de "aguas renovables". Esta es principalmente subvertical, descendente en las zonas de recarga y ascendente en las de descarga, siendo horizontal el resto de su recorrido. La dinámica del agua en el seno del acuífero es muy compleja, ya que existen circulaciones locales e intermedias e incluso flujos regionales.

La calidad de las aguas subterráneas es por lo general buena, apta en principio para el consumo humano con unos tratamientos básicos, y de buena calidad para el riego.

### RED HIDROGRÁFICA SUPERFICIAL

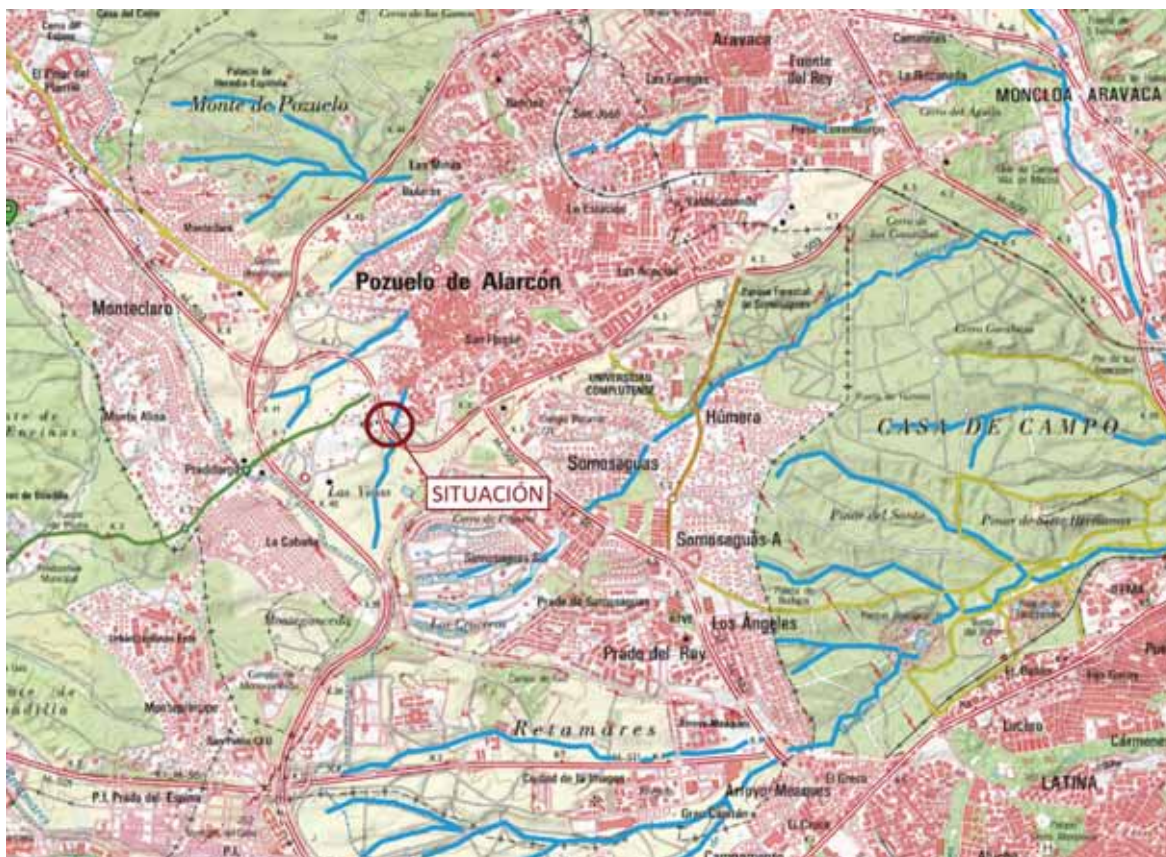
El término de Pozuelo de Alarcón se encuentra en las cuencas hidrológicas de los ríos Manzanares, hacia el este, y Guadarrama, hacia el oeste del municipio. Todos los arroyos con cauce definido en el término drenan sus aguas o bien directamente hacia estos ríos o bien a través de otros cauces principales de los que son afluentes.

Los principales cursos de agua que discurren por el término municipal son:

- Arroyo de las Huertas o de Pozuelo. En la zona norte del término municipal, discurre de oeste a este hacia el río Manzanares y recoge las aguas, entre otros, del arroyo del Almendro, del Bardagueral y del arroyo de las Cárcavas, por su margen izquierda, y del arroyo de Bularas y el arroyo de los Pozos, por su margen derecha.
- Arroyo de Antequina, también conocido como arroyo de las Cabeceras en su zona alta.
- Arroyo de Meaques. Cruza el límite sur del municipio y que, al igual que los dos anteriores, es afluente del río Manzanares por su margen derecha; recoge las aguas del arroyo de Retamares, Prado del Rey y del arroyo de Valchico.
- Distintos arroyos y barrancos tributarios del arroyo de La Vega, tributario del río Guadarrama por su margen izquierda. Son diversos cauces que se localizan al oeste del municipio y que constituyen una serie de zonas abarrancadas que vierten hacia la cuenca de Guadarrama. No son barrancos de especial relevancia puesto que sólo está presente su cabecera.

El régimen natural de los arroyos citados tiene carácter pluvial, con acusados estiajes en verano.





En lo que respecta al ámbito a desarrollar, el APR 3.5-01 “Zona de Servicio M-503” limita al este con el denominado arroyo de Las Viñas, cauce tributario del arroyo de los Pozos que, una vez incorporado en el arroyo de Pozuelo, drena sus aguas hacia el río Manzanares. El arroyo de Las Viñas discurre junto al ámbito en dirección sur-norte, hacia el núcleo urbano.

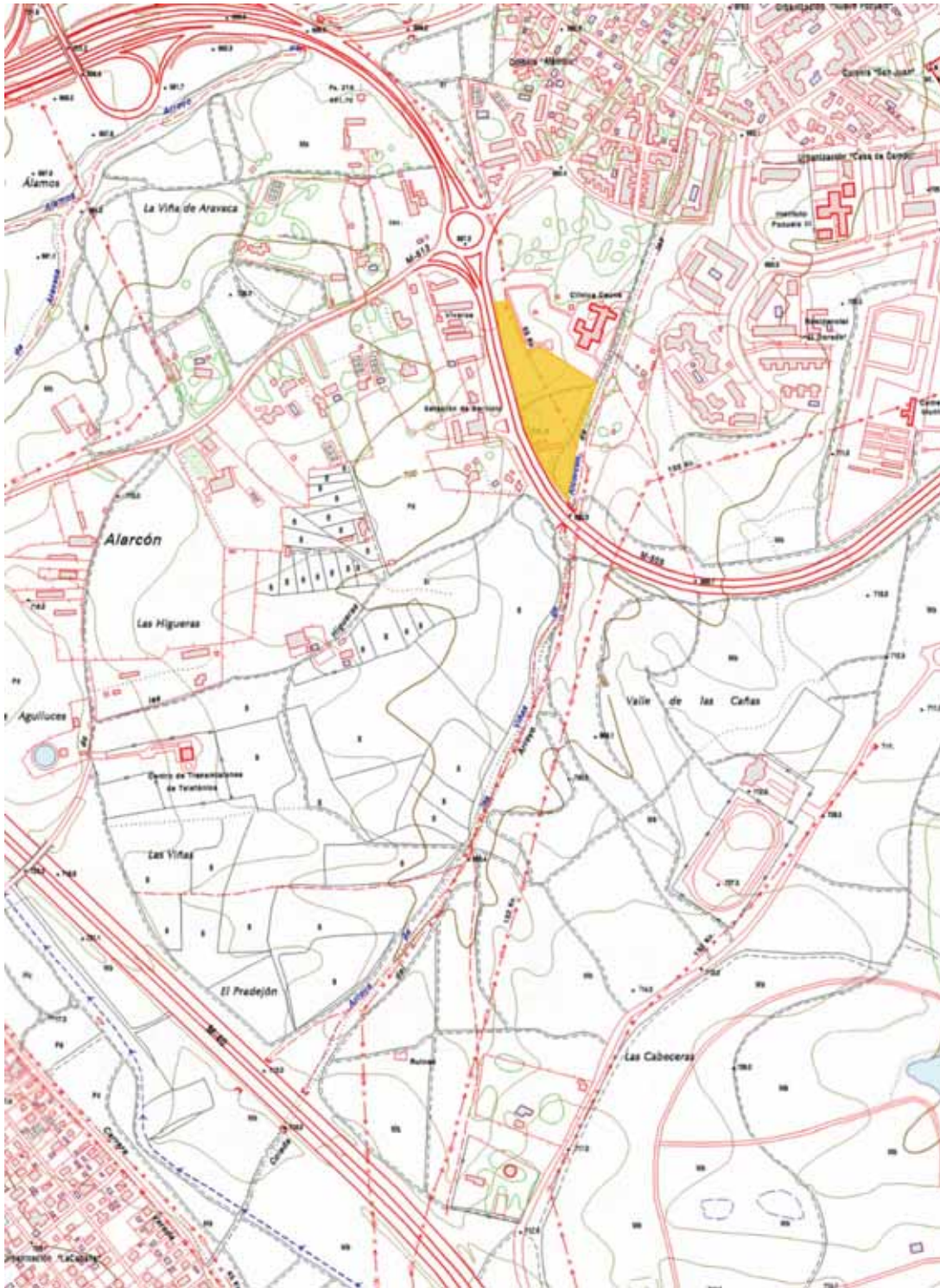
Vista la ubicación del ámbito respecto a la red hidrológica del municipio, como se ha referido, los terrenos a desarrollar urbanísticamente se localizan en la zona de influencia del arroyo de Las Viñas, por lo que el presente documento se centra en el estudio del citado cauce.

## **8. ARROYO DE LAS VIÑAS**

Como se ha referido anteriormente, el arroyo de Las Viñas, también conocido como arroyo de Las Viñas de Alcorcón, discurre por el límite este del ámbito objeto del planeamiento en dirección sur-norte, para adentrarse posteriormente en el núcleo urbano de Pozuelo de Alarcón. El APR 3.5-01 “Zona de Servicio M-503” se localiza, por tanto, en la margen izquierda del citado arroyo.

Seguidamente se muestra una imagen con la localización del APR 3.5-01 en la que se observa el arroyo en estudio.





Fuente: Visor CartoMadrid. Comunidad de Madrid. Topográficos Históricos 2000. Área central 1:5000

De forma similar, a continuación, se adjunta una ortofoto del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) en la que se ha delimitado el referido ámbito y aparece grafiado el arroyo, aunque sin denominación específica.





Fuente: Confederación Hidrográfica del Tajo. <http://visor.chtajo.es/VisorCHT/>

Como se ha mencionado, el arroyo de Las Viñas discurre por el límite este del ámbito en dirección sur-norte, siendo un cauce tributario del arroyo de los Pozos que, una vez incorporado en el arroyo de Pozuelo, drena sus aguas hacia el río Manzanares. El arroyo de Las Viñas discurre junto al ámbito hacia el núcleo urbano en el que se adentra mediante un tramo entubado bajo el casco urbano consolidado.



Se trata de un cauce por el que habitualmente no discurre agua de forma permanente, en gran medida por encontrarse en terrenos de poca pendiente y también porque una parte de la escorrentía superficial es recogida por la red de saneamiento de los terrenos ya urbanizados. Es. Por tanto, un cauce que solamente recoge aguas en caso de grandes precipitaciones, actuando como elemento de drenaje de la zona.

Su morfología se puede observar en la siguiente fotografía aérea de la zona, en la que se ha señalado el ámbito de actuación.



Fotografía aérea de la cuenca de aportación del arroyo de Las Viñas en la que se observa el tramo de cauce y el ámbito

El arroyo se conforma con un cauce de drenaje diferenciado respecto a sus márgenes que recogería las aguas de escorrentía tras grandes precipitaciones.

Aguas arriba de la carretera M-503, el cauce del arroyo presenta una sección abierta sensiblemente marcada y variable en su trazado, tal y como se observa en la fotografía que se adjunta seguidamente.



Fotografía del arroyo aguas arriba de la M-503. Fuente: fotografía propia

En su trazado, el arroyo cruza la citada carretera M-503 mediante una obra de drenaje transversal constituida por dos tubos de 1800 mm de diámetro, tal y como se observa seguidamente.



Fotografía de la obra de drenaje bajo la carretera M-503. Fuente: fotografía propia

Aguas abajo del cruzamiento, el arroyo sigue manteniendo una sección diferenciada de sus márgenes, tal y como se observa a continuación.





Fotografía del arroyo aguas abajo de la M-503. Fuente: fotografía propia

Aguas abajo de los terrenos del APR 3.5-01 “Zona de Servicio M-503” objeto de este estudio, el cauce del arroyo de Las Viñas discurre en paralelo a la calle Camino de las Higueras cuyo trazado va por la margen izquierda del arroyo.



Fotografía del arroyo aguas abajo de la zona de actuación. Se observa el trazado de la calle Camino de las Higueras. Fuente: visor fotográfico internet Google Earth Pro



Fotografía del arroyo aguas abajo de la zona de actuación. Se observa el trazado de la calle Camino de las Higueras. Fuente: visor fotográfico internet Google Earth Pro

En ese tramo, existen dos cruzamientos sobre el arroyo. El primero se corresponde con un camino peatonal que cruza el cauce mediante una obra de drenaje transversal construida con dos tubos de 1000 mm de diámetro.



Obra de drenaje transversal bajo camino peatonal. Fuente: fotografía propia

El segundo cruce se corresponde con un acceso a una finca particular desde el Camino de las Higueras hacia la margen derecha. El drenaje transversal está resuelto con un tablero que respeta la sección del cauce.



Acceso a finca particular. Fuente internet

Bajo la calle Mercedes de la Cardiniere, en la zona de su cruce con la calle Concejal Manuel Allende, el arroyo aparece entubado con una obra de fábrica de 1600 mm de diámetro en acero corrugado, dotado de arenero a la entrada y rejas para contención de gruesos, adentrándose en el casco consolidado de Pozuelo de Alarcón.



Fotografía del arroyo aguas abajo del área de actuación, observándose el inicio del entubamiento bajo el núcleo urbano. Fuente internet

## **9. ESTUDIO HIDROLÓGICO DEL ARROYO DE LAS VIÑAS**

### **9.1. FINALIDAD DEL ESTUDIO**

El estudio hidrológico se realiza con la finalidad de determinar los caudales asociados a distintas avenidas. En particular se realiza con objeto de obtener los caudales previsibles para la avenida que permite definir el dominio público hidráulico y para las avenidas extraordinarias que se pueden producir en la zona a estudiar.

En este sentido se consideran las siguientes avenidas

Máxima crecida ordinaria	Se corresponde con el caudal de avenida a partir de la que se realizará la delimitación del dominio público hidráulico.
Avenida de 10 años	Se determina la crecida correspondiente al mismo periodo de retorno utilizado para el dimensionamiento de la red de pluviales de los sectores en desarrollo.
Avenida de 100 años	Se corresponde con la avenida extraordinaria que se utiliza para delimitar la Zona de Flujo Preferente.
Avenida de 500 años	Para la avenida extraordinaria que se utiliza con la finalidad de delimitar la Zona Inundable del arroyo de Las Viñas.

Con el objetivo citado, en este apartado se realiza el estudio y análisis de los caudales previsibles para diferentes períodos de retorno en el referido cauce, cuyos valores servirán para, mediante un estudio hidráulico incluido en otros epígrafes, delimitar sobre plano las diferentes zonas asociadas al flujo de las aguas.

## 9.2. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO

Como se ha indicado, el arroyo de Las Viñas es un cauce integrado en la cuenca del río Manzanares del que, finalmente, es tributario por su margen derecha.

El arroyo recibe aguas de una cuenca de aportación que nace en el límite de la urbanización La Cabaña, al otro lado de la carretera M-40, al Suroeste del municipio, en el paraje conocido como El Pradejón y Las Viñas, en un terreno situado a una cota máxima de 718 m de altitud.

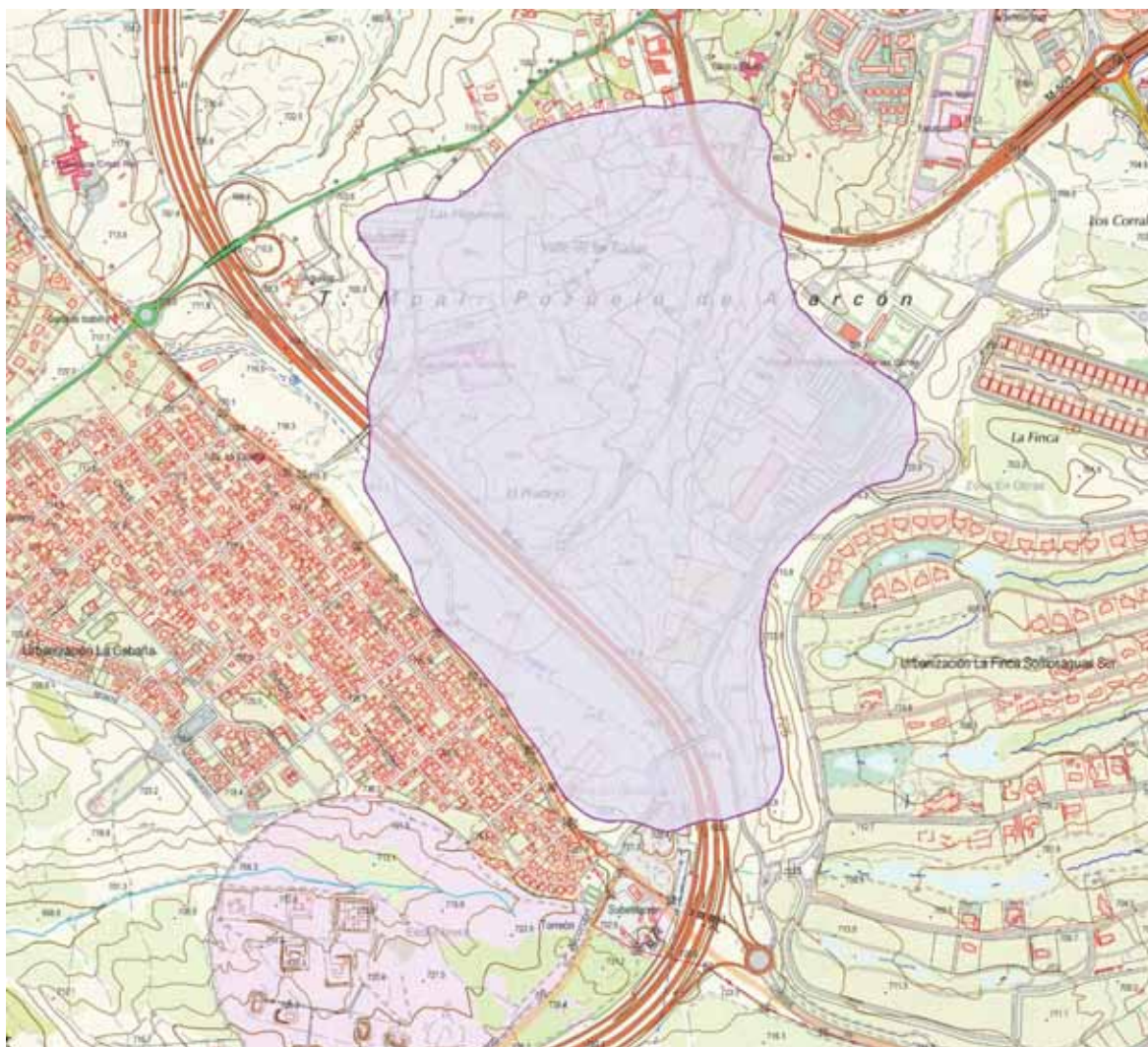
Hasta la zona en la que se plantea el desarrollo del APR 3.5-01 "Zona de Servicio M-503", la cuenca del arroyo se caracteriza con los siguientes parámetros.

– Superficie de aportación	1,42 km <sup>2</sup>
– Longitud de cauce	1,51 km
– Cota máxima de la cuenca	705 m
– Cota mínima de la cuenca	690 m
– Desnivel	15 m
– Pendiente media	0,009934 m/m

Los datos anteriores se han obtenido a partir de la información cartográfica de la zona y, en particular, del mapa a escala 1:10000 de la Comunidad de Madrid.

Seguidamente se adjunta una imagen con la delimitación de la cuenca de aportación del arroyo de Las Viñas sobre la cartografía de la Comunidad de Madrid.





### 9.3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

De forma general, para la determinación de caudales de escorrentía en cauces, se consideran dos posibles metodologías básicas:

- Cálculo foronómico mediante un análisis estadístico de caudales de crecida, a partir de datos registrados en estaciones de aforo o similares, instaladas en el cauce objeto de estudio.
- Cálculo hidrometeorológico de caudales, a partir de datos de precipitación registrados en la cuenca hidrográfica y sus inmediaciones.

El arroyo de Las Viñas es un curso natural de agua con un cauce marcado, aunque por él no discurre agua habitualmente, únicamente cuando se producen grandes precipitaciones actuando como elemento de drenaje de la zona.

Por este motivo, en este arroyo no existen estaciones de aforo o instrumentación de control que faciliten datos aforados de caudales, por lo que no se puede realizar un análisis

estadístico de caudales medidos directamente y, por ello, se deben deducir a partir de las técnicas de cálculo hidrometeorológico.

Los cálculos hidrometeorológicos se basan en funciones de conversión de variables meteorológicas (fundamentalmente la precipitación) a escorrentía superficial (caudales) que se apoyan en modelos determinísticos más o menos complejos. Con el empleo de datos meteorológicos se pretende utilizar la mayor cantidad de puntos de muestreo (estaciones) y longitud de las series pluviométricas frente a las series foronómicas.

Dentro de las técnicas hidrometeorológicas, puede elegirse entre varias, destacando las siguientes:

- Las fórmulas empíricas simples (como por ejemplo la de Zapata).
- El método racional.
- El hidrograma unitario.
- La máxima avenida probable (PMF).

En España, sólo se encuentra normalizado el uso del método racional, con las modificaciones respecto a la fórmula clásica que introdujo la Dirección General de Carreteras para el diseño de los elementos de drenaje superficial con la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial", aprobada por Orden Ministerial de 15 de febrero de 2016.

Por estos motivos, la modelación hidrológica en este estudio se realiza siguiendo la directriz de la Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial, empleándose el Método Hidrometeorológico basado en el Método Racional que, en su formulación actual, permite deducir los caudales previsibles en un cauce mediante la siguiente expresión.

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \times C \times A \times K_t}{3,6}$$

$Q_T$  representa el máximo caudal posible (en m<sup>3</sup>/s) para el periodo de retorno considerado

$I(T, t_c)$  es la intensidad de precipitación (en mm/h) correspondiente al periodo de retorno analizado y en el intervalo de duración igual al tiempo de concentración

$C$  es el coeficiente de escorrentía del intervalo donde se produce la intensidad  $I$

$A$  representa la superficie de la cuenca de aportación en Km<sup>2</sup>

$K_t$  es el coeficiente de uniformidad. Se obtiene a partir del tiempo de concentración de la cuenca ( $t_c$ ) mediante la siguiente expresión.

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Para el cálculo se requiere, por tanto, conocer cada una de las variables reflejadas en la formulación anterior y que se desarrollan seguidamente.

#### 9.4. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración ( $t_c$ ), es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, según la siguiente fórmula:

$$t_c = 0,3 \times L_c^{0,76} \times J_c^{-0,19}$$

donde:

$t_c$  = tiempo de concentración de la cuenca en horas

$L_c$  = longitud del cauce principal en km

$J_c$  = pendiente del cauce principal en tanto por uno

El tiempo de concentración de la cuenca del arroyo de Las Viñas se ha calculado siguiendo la fórmula anterior. Como se ha visto, la longitud del cauce que produce un recorrido mayor es de 1,51 kilómetros y la pendiente media es de 0,009934 m/m. Con dicha información, resulta un tiempo de concentración de 0,99 horas.

$$t_c = 0,99 \text{ h}$$

#### 9.5. INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

La intensidad de precipitación se obtiene mediante la siguiente expresión

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

En la que

$I(T, t)$  es la intensidad de precipitación (en mm/h) correspondiente al periodo de retorno analizado y en el intervalo de duración igual al tiempo de concentración

$I_d$  es la intensidad media diaria de precipitación (en mm/h) corregida correspondiente al periodo de retorno  $T$

$F_{int}$  es un factor adimensional que se obtiene como  $F_{int} = \text{máx} (F_a, F_b)$

Donde

$F_a$  es un factor adimensional obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ )

$F_b$  es un factor adimensional obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviómetro próximo

Seguidamente se deducen cada uno de los parámetros anteriores para, finalmente, obtener el valor de la intensidad a introducir en la formulación del Método Racional.

##### **Intensidad media diaria de precipitación ( $I_d$ )**

La intensidad media de precipitación corregida se obtiene, para cada periodo de retorno, mediante la siguiente expresión.



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

En la que

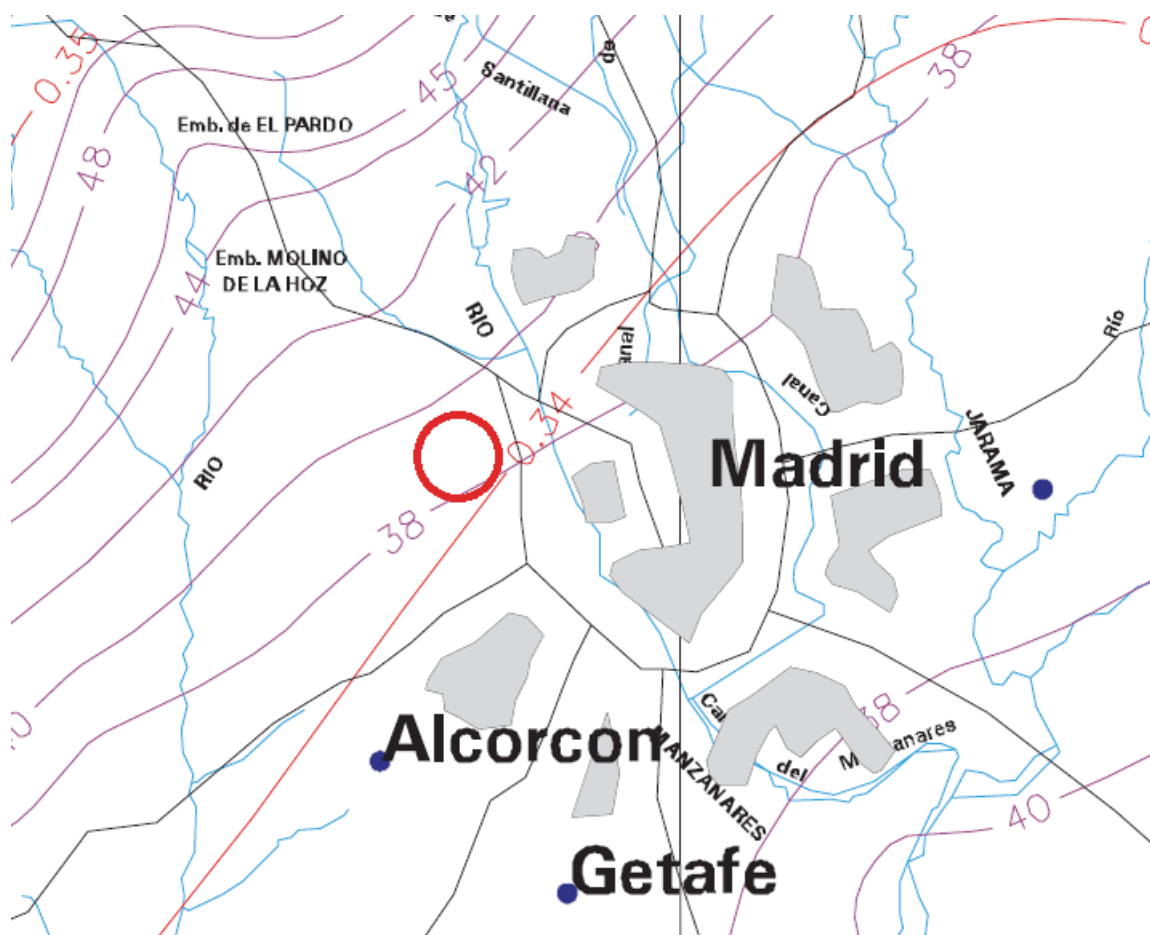
$P_d$  es la precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T que se analiza

$K_A$  es un factor adimensional, reductor de la precipitación en función del área de aportación de la cuenca (A en  $\text{km}^2$ ). Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \quad K_A &= 1 \\ \text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \quad K_A &= 1 - \frac{\text{Log}_{10} A}{15} \end{aligned}$$

Para el presente caso, la superficie de aportación de la cuenca es  $1,42 \text{ km}^2$ , con lo que aplicando la expresión anterior resulta un factor  $K_A$  de 0,99.

En lo que se refiere al valor medio de la precipitación ( $P_d$ ), se obtiene a partir de la publicación de Máximas lluvias diarias de la España Peninsular del, entonces, Ministerio de Fomento. Según esta publicación la zona de actuación se sitúa en la zona señalada a continuación.



Asimismo, los citados valores se pueden deducir también mediante la herramienta MAXPLU desarrollada con el fin de obtener las máximas lluvias diarias en el territorio peninsular a partir de sistemas de información geográficas y las coordenadas de los puntos de estudio. De esta forma, se obtienen los siguientes valores para el cálculo:

Valor medio de la precipitación máxima anual  $P_d=38$  mm

Coefficiente de variación  $C_v=0,341$

El coeficiente  $C_v$  permite obtener el cuantil  $Y_t$  que, multiplicado por el valor de  $P_d$ , proporciona la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno considerado, a partir de la tabla siguiente

C <sub>v</sub>	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Con lo que, las lluvias consideradas para los periodos de retorno de 5, 10, 100 y 500 años resultan las siguientes:

$$5 \text{ años} \quad P_5 = 46$$

$$10 \text{ años} \quad P_{10} = 54$$

$$100 \text{ años} \quad P_{100} = 82$$

$$500 \text{ años} \quad P_{500} = 105$$

Considerando el factor de corrección  $K_A$ , aplicando la expresión antes referida, se obtienen los valores de la intensidad media de precipitación corregida ( $I_d$ ) siguientes:

$$5 \text{ años} \quad I_d = 1,89 \text{ mm/h}$$

$$10 \text{ años} \quad I_d = 2,23 \text{ mm/h}$$

$$100 \text{ años} \quad I_d = 3,38 \text{ mm/h}$$

$$500 \text{ años} \quad I_d = 4,33 \text{ mm/h}$$



**Factor adimensional ( $F_{int}$ )**

El factor adimensional  $F_a$  se obtiene a partir de la siguiente expresión

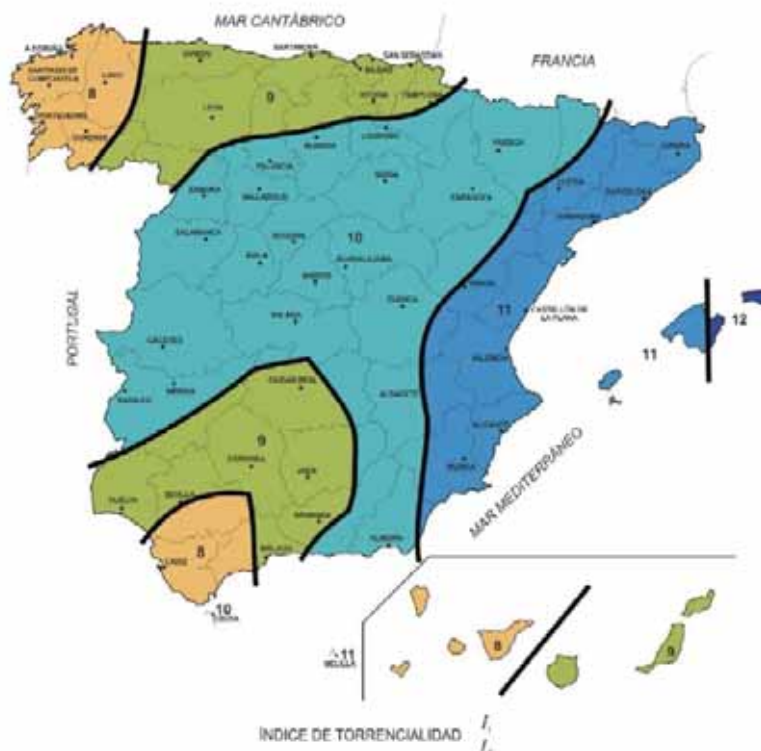
$$F_a = \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287t^{0,1}}$$

En la que

$\left( \frac{I_1}{I_d} \right)$  es el índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida.

$t$  es la duración (en h) del intervalo al que se refiere la intensidad de lluvia, que se toma igual al tiempo de concentración

El índice de torrencialidad se obtiene a partir de la figura siguiente recogida en la citada Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial".



En la zona de estudio, la razón  $I_1/I_d$  toma un valor de 10 según se observa en la figura anterior.

En el presente caso, no se considera el factor adimensional  $F_b$  al no disponerse de un pluviómetro próximo.

**Intensidad de precipitación I (T,t)**

Finalmente, aplicando la expresión de la intensidad de lluvia. I (T,t) para cada periodo de retorno (T) y con una duración de lluvia igual al tiempo de concentración (t), se obtienen los valores siguientes:

5 años	I = 18,47 mm/h
10 años	I = 21,79 mm/h
100 años	I = 33,02 mm/h
500 años	I = 42,30 mm/h

**9.6. CÁLCULO CON LA HERRAMIENTA CAUMAX**

Con el objetivo de elaborar un “Mapa de caudales máximos de avenida para la red fluvial de la España Peninsular”, el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX ha realizado una serie de trabajos para el cálculo de caudales mediante estudios hidrológicos. Integrada dentro de esos trabajos, el CEDEX ha desarrollado el programa informático “CauMax”, mediante la que se pone a disposición de los Organismos de cuenca y de los proyectistas una herramienta que permite conocer en la red hidrográfica los valores que alcanzan las avenidas para distintos períodos de retorno.

La metodología aplicada en dicho trabajo utiliza modelos hidrometeorológicos aplicando también el método racional en las cuencas de menor tamaño (hasta unos 500 Km<sup>2</sup> de cuenca) y modelos estadísticos en aquellos puntos con mayor cuenca de aportación. El resultado del trabajo es una colección de mapas que proporcionan una estimación de los caudales máximos correspondientes a distintos períodos de retorno en situación natural, en cualquier punto de la red fluvial. Dichos mapas ofrecen información sobre los caudales punta de avenida en régimen natural en aquellos puntos de la red fluvial con una superficie de cuenca vertiente igual o superior a 50 Km<sup>2</sup>, para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años. Además, la aplicación permite realizar estimaciones de los cuantiles correspondientes a otros períodos de retorno mediante interpolación entre los valores facilitados por los mapas.

Asimismo, con la finalidad de facilitar la consulta de los mapas el trabajo, el CEDEX incluye la citada herramienta informática CauMax que permite visualizar y consultar dichas capas en el entorno de un Sistema de Información Geográfica. CauMax dispone, también, de una herramienta que puede servir de ayuda para realizar estimaciones de los caudales de avenida en aquellos puntos de la red fluvial que, por tener una cuenca vertiente inferior a 50 Km<sup>2</sup>, no están incluidos en los mapas, con base en la utilización del método racional.

Con la aplicación también se pueden determinar los caudales correspondientes a la máxima crecida ordinaria. No obstante, los valores que proporciona para esta crecida constituyen aproximaciones basadas en asignar un valor regional al periodo de retorno que

le corresponde. Se trata, por tanto, de valores orientativos que no sustituyen a los valores que se debieran obtener en los estudios para el deslinde del dominio público hidráulico.

En el presente caso, dadas las características de la cuenca de aportación del arroyo de Las Viñas y teniendo en consideración el tipo de documento en el que se integra este estudio, se puede realizar un cálculo de los caudales previsibles mediante la citada herramienta de CauMax con base en la utilización del método racional.

De esta forma, tal y como se ha comentado, en el estudio se calcularán los caudales previsibles para distintas avenidas. En particular se hará una aproximación al caudal correspondiente a la máxima crecida ordinaria, puesto que es éste el que permite hacer una delimitación del dominio público hidráulico, y además se determinarán los valores para avenidas extraordinarias de 100 y 500 años de período de retorno, puesto que con ellos se pueden delimitar las zonas inundables. Asimismo, se calcula el caudal de 10 años de período de retorno, con objeto de analizar posteriormente el comportamiento hidráulico del cauce receptor cuando se incorpore el vertido procedente de la red de pluviales prevista en el ámbito a desarrollar.

En este sentido, dadas las características del estudio que se realiza, se estima que los caudales que se deduzcan a partir de su utilización tienen suficiente grado de aproximación para considerarlo adecuado a los fines pretendidos.

En el presente caso, el punto de análisis se ha ubicado en las coordenadas X=430.525 e Y=4.475.800.

Es de significar que los valores que proporciona la aplicación para la máxima crecida ordinaria constituyen aproximaciones basadas en asignar un valor regional al periodo de retorno correspondiente a dicha crecida. Se trata, por tanto, de valores orientativos que no sustituyen a los valores que se debieran obtener en los estudios para el deslinde del dominio público hidráulico. No obstante, habida cuenta de que en el presente caso no se pretende realizar el deslinde del dominio público hidráulico sino delimitar sobre plano de una forma suficientemente aproximada el cauce del arroyo, se puede considerar suficiente el cálculo a partir de dicha aproximación.

En lo que respecta al coeficiente corrector del umbral de escorrentía, los estudios realizados por el Centro de Estudios Hidrográficos distinguen varias regiones (31, 32, 33 y 34) diferenciadas para la cuenca del Tajo, a las que asigna unos valores medios y unos intervalos de confianza del 50, 67 y 90%. En este caso, la zona de estudio del arroyo de Las Viñas se localiza sobre la región nº 32.

Para esta región 32, en la aplicación se contempla un valor medio del coeficiente corrector igual a 1.00. Dicho valor puede variar en  $\pm 0.20$  (para el intervalo de confianza del 50%,  $\pm 0.30$  (para el intervalo de confianza del 67% y  $\pm 0.50$  (para el intervalo de confianza del 90%.

CauMax utiliza unos valores del coeficiente corrector obtenidos a partir de un ajuste de las leyes de frecuencia calculadas mediante el método racional respecto a las obtenidas a partir de los registros de aforos, de tal manera que hubiera coincidencia entre ambas leyes de frecuencia para el período de retorno de 10 años. No obstante, al desarrollar la



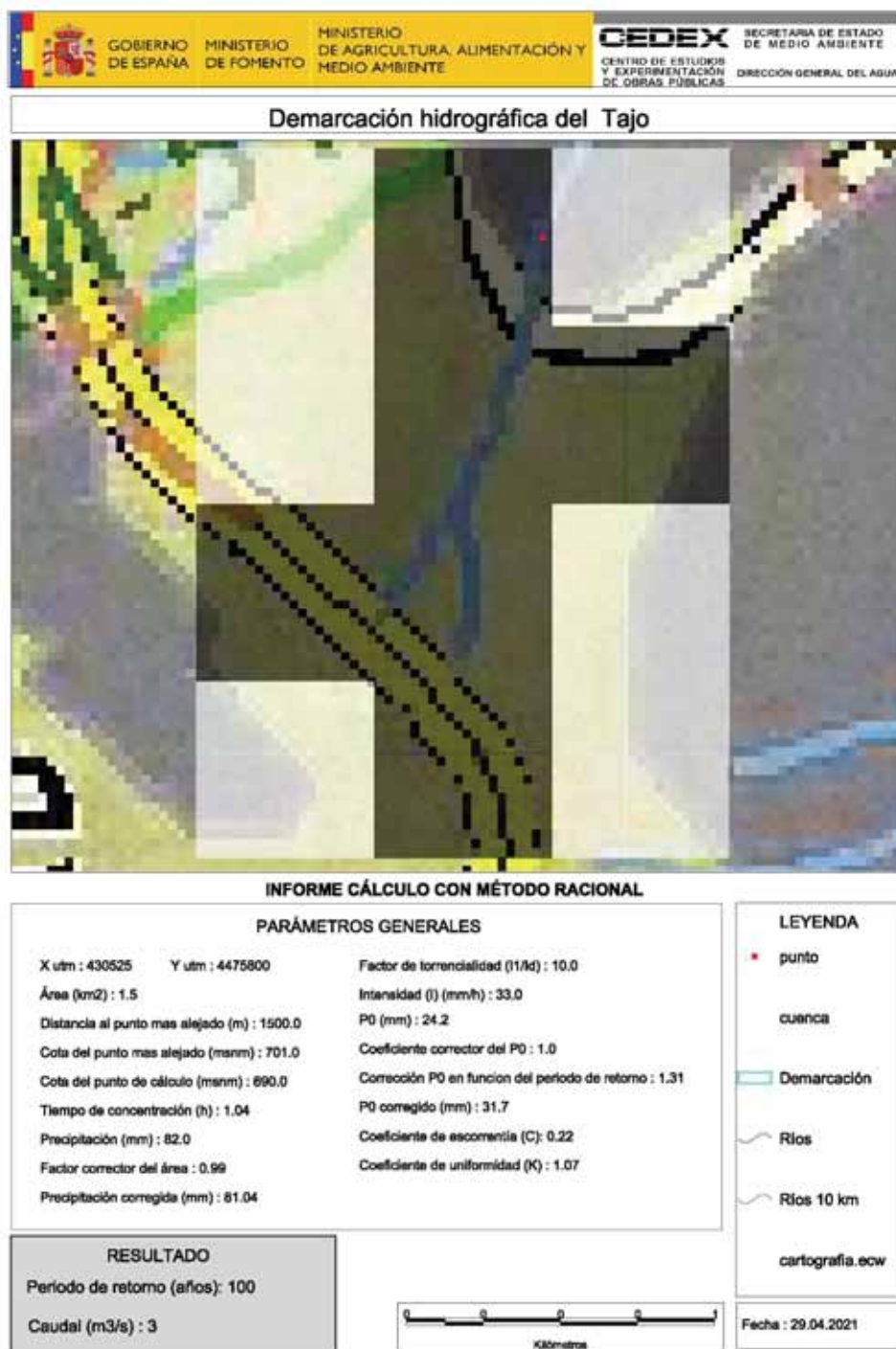
aplicación de cálculo se observó que, al aplicar el coeficiente corrector para otros períodos de retorno diferentes al de 10 años, los resultados no eran del todo satisfactorios, no existiendo coincidencia en la forma funcional de la ley de frecuencia obtenida a partir de los datos de aforos mediante métodos estadísticos con la calculada mediante el método racional.

Por ello, el trabajo realizado por el CEDEX contempla una corrección del coeficiente anterior en función del período de retorno que se está calculando, de tal manera que la forma funcional de la ley de frecuencia calculada mediante la aplicación del método racional coincida con la obtenida mediante procedimientos estadísticos. De esta manera, los valores que se consideran en CauMax son los siguientes:

Región	Periodo de retorno (años)				
	2	5	25	100	500
Tajo occidental	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
Tajo oriental	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
Tajuña	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62

El programa contempla, en principio, la aplicación del método racional a aquellas cuencas con superficies iguales o superiores a 10 Km<sup>2</sup>. Esta limitación se debe a la resolución de las coberturas incluidas en la aplicación; CauMax calcula la cuenca vertiente a partir del modelo digital del terreno disponible en la herramienta, que tiene como base de cálculo una resolución de 500x500 m, por lo que pueden surgir diferencias en los parámetros de cálculo. No obstante, permite su utilización para áreas de drenaje inferiores al valor de 10 km<sup>2</sup> (con el límite de 1 km<sup>2</sup>), por lo que se pueden deducir los caudales de avenida para cuencas con menor superficie adaptando los parámetros a los valores correctos calculados mediante otras herramientas externas a la propia aplicación.

Aunque en Apéndice que acompaña a este documento se incluyen los informes hidrológicos para los caudales analizados con la herramienta, seguidamente se recoge el análisis para la avenida de 100 años de período de retorno. El punto de cálculo corresponde al de las coordenadas UTM referidas X=430.525 e Y=4.475.800.



Informe hidrológico obtenido con la herramienta CauMax para la avenida de 100 años de período de retorno

Haciendo el cálculo mediante el método racional para dichas coordenadas, la aplicación deduce las variables intermedias en función del período de retorno seleccionado, y en concreto, el área de la cuenca de aportación (A), el tiempo de concentración, la precipitación y el factor de corrección debido al área de la cuenca, el factor de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ), la intensidad (I), el coeficiente de escomentía (C) y el coeficiente de

uniformidad. Así, se obtienen las variables intermedias que se observan en el informe hidrológico anterior y que se resumen seguidamente para la avenida de 100 años:

Área de la cuenca de aportación. A	1,50 km <sup>2</sup>
Distancia al punto más alejado. L	1.500,0 m
Tiempo de concentración. T <sub>c</sub>	1,04 h
Precipitación. P <sub>d</sub> (para 100 años)	82,0 mm
Factor corrector del área. K <sub>A</sub>	0,99
Precipitación corregida. P	81,04 mm
Factor de torrencialidad. I <sub>1</sub> /I <sub>d</sub>	10,0
Intensidad. I	33,0 mm/h
Coeficiente de escorrentía. C	0,22
Coeficiente de uniformidad. K	1,07
Umbral de escorrentía inicial. P <sub>0</sub>	24,2 mm
P <sub>0</sub> corregido	31,7 mm

Con dichos parámetros de cálculo, el caudal deducido es de 3 m<sup>3</sup>/s para la avenida de 100 años de período de retorno.

Analizando los resultados obtenidos con la herramienta CauMax, se observa que el programa asigna a alguna de las variables intermedias unos valores aproximados que son consecuencia de la limitación antes citada por la resolución de las coberturas cartográficas incluidas en la aplicación. En concreto, al utilizar una base cartográfica como la señalada, la aplicación deduce valores distintos para los principales datos topográficos, particularmente para la superficie de la cuenca, de los que se deducen con otras bases cartográficas.

Así, tal y como se ha justificado en los apartados precedentes, a partir de la cartografía de la Comunidad de Madrid en la zona, para el arroyo de Las Viñas se deduce que los citados parámetros tienen realmente los siguientes valores:

- Área, A = 1,42 km<sup>2</sup> frente a los 1,50 km<sup>2</sup> deducidos por CauMax.
- Longitud del cauce principal, L = 1,51 km frente a los 1,50 km.
- Cota del punto más alejado. 705 m frente a 701 m.
- Cota del punto de cálculo. 690 m, coincidente con lo reflejado en CauMax.

Para obtener la ley de frecuencia se ha realizado el ajuste mediante una función de distribución que, en el punto que se analiza, responde a la siguiente expresión algebraica:

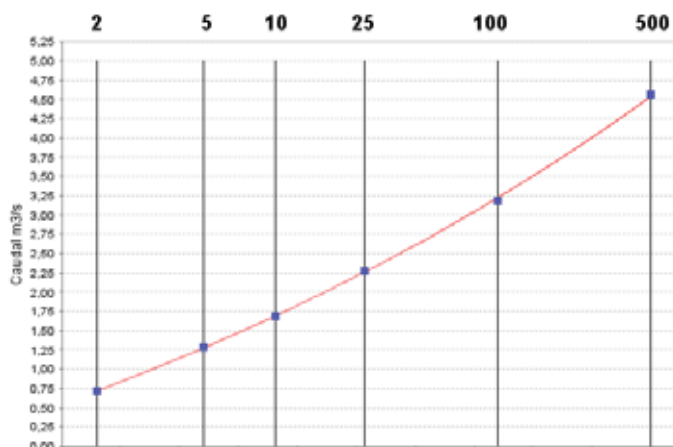
$$F(q) = e^{\left\{ - \left[ 1 - k \frac{q-u}{\alpha} \right]^{1/k} \right\}}$$

En la que las variables que intervienen son: u = 0,548; K = -0,11; α = 0,447



Para realizar el cálculo de la avenida correspondiente a un período de retorno distinto de los preestablecidos, la aplicación lo realiza primero para los períodos de 2, 5, 10, 25, 100 y 500 años, y posteriormente interpola entre esos períodos de retorno para obtener el caudal del que se pretende deducir.

De esta forma, la ley de frecuencia asignada en el punto de estudio del Barranco del Molino se obtiene en la herramienta aplicando la función de valores extremos generalizada que anteriormente se señala, respondiendo a la siguiente gráfica:



Así, en la zona de estudio, mediante la herramienta CauMax, se obtienen los siguientes caudales para las avenidas de los períodos de retorno mencionados anteriormente, tal y como se recoge en los informes hidrológicos incluidos en el Apéndice correspondiente.

T (años)	m.c.o.	10	100	500
Q (m³/s)	1	2	3	5

Como se ha referido, la herramienta deduce los valores anteriores a partir de unas variables intermedias de cálculo que son aproximadas debido a la limitación por la resolución de las coberturas cartográficas; no obstante, la aplicación permite modificar alguna de ellas mediante su edición y sustitución con los valores correctos y, concretamente, el valor de la cuenca de aportación.

De esta manera, ajustando los referidos valores se obtienen los caudales siguientes:

T (años)	m.c.o.	10	100	500
Q (m³/s)	1	2	3	4

Analizando el cálculo realizado, se observa que CauMax deduce los valores anteriores redondeados a la unidad. No obstante, aplicando la expresión del método racional en la que se fundamenta la metodología, se pueden concretar en los siguientes:

T (años)	m.c.o.	10	100	500
Q (m³/s)	1,03	1,56	3,07	4,29

### 9.7. CAUDALES DE AVENIDA EN EL ESTADO ACTUAL

Como se ha referido, dadas las características de la cuenca de aportación del arroyo de Las Viñas y teniendo en consideración el tipo de documento en el que se integra este estudio, en el presente caso, se consideran adecuados los valores de caudal deducidos mediante la citada herramienta de CauMax.

En consecuencia, en el estudio se adoptan los caudales que se reflejan en la siguiente tabla para cada una de las avenidas a analizar.

T (años)	m.c.o.	10	100	500
Q (m <sup>3</sup> /s)	1,03	1,56	3,07	4,29

## 10. PLANTEAMIENTO DE LA RED DE DRENAJE DEL ÁMBITO

El desarrollo del Área de Planeamiento Remitido APR 3.5-01 "Zona de Servicios M-503" se plantea mediante una red de saneamiento de tipo separativo de manera que se recojan, por un lado, las aguas fecales generadas conduciéndolas hacia instalaciones de depuración y, por otro, las aguas pluviales de la escorrentía superficial dirigiéndolas hacia el arroyo de Las Viñas.

Dicho planteamiento es acorde con lo establecido en la legislación sectorial de aplicación y, en concreto, en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. Asimismo, la ordenación que se plantea reserva una franja en la margen izquierda del arroyo de Las Viñas calificada como zona verde que, junto con el espacio reservado para la vía pecuaria, además de conformar una protección para mantenimiento del cauce y del dominio público hidráulico, genera un espacio que permite disminuir la escorrentía superficial. La vegetación de estos espacios posibilita una mayor interceptación de la lluvia permitiendo reducir el volumen de escorrentía.

En lo que se refiere a la red de pluviales se ha previsto su dimensionamiento para lluvias de 10 años de periodo de retorno, según lo indicado en las normas del Canal de Isabel II.

El cálculo del caudal de aguas pluviales de referencia para el dimensionamiento de la red se ha basado en métodos hidrometeorológicos. Como se ha mencionado previamente, estos métodos relacionan el caudal de aguas pluviales producido con la intensidad media de precipitación, la superficie de la cuenca de estudio y la escorrentía de esa superficie según el uso que tenga. En concreto, se ha calculado mediante el método hidrometeorológico propuesto por D. José Témez en Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales, recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje superficial".

Actualmente las aguas pluviales acumuladas en el sector son eliminadas en gran medida por infiltración en el terreno y, cuando se supera la capacidad de infiltración, por escorrentía superficial hacia el arroyo de Las Viñas. Al urbanizar el sector, supone un aumento del volumen de escorrentía al reducirse la capacidad de absorción en las nuevas superficies pavimentadas.

Para el dimensionamiento de la red de pluviales en el ámbito, se han adoptado los siguientes coeficientes de escorrentía:

- Dotacional	0,80
- Terciario comercial:	0,80
- Zona protección M-503:	0,20
- Zonas Verdes, vía pecuaria:	0,20
- Viario y zonas pavimentadas:	0,95

Ello supone un coeficiente medio de escorrentía de 0,63 teniendo en cuenta las superficies de cada uso de suelo, una vez urbanizado el ámbito, que se reflejan seguidamente.

Usos del suelo	Área (m <sup>2</sup> )	C
DP-1	3644.51	0.80
DP-2	1746.42	0.80
T-1	5393.56	0.80
VIALES	2684.76	0.95
ZONA PROTECCIÓN M-503	4540.81	0.20
VÍA PECUARIA	994.90	0.20
RL-ZV	753.15	0.20

Asimismo, se ha considerado como mínima duración del aguacero el correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca, en concreto de 20 min, para el caso de lluvia corta.

Bajo esas consideraciones, el caudal que se recoge por la red de pluviales y que, finalmente, se incorporará en el arroyo de Las Viñas es de 142,72 l/s (0,143 m<sup>3</sup>/s).

El caudal anterior resulta inferior al 10% del que previsiblemente puede circular por el cauce para ese periodo de retorno -que, como se ha visto anteriormente, asciende a 1,56 m<sup>3</sup>/s- por lo que se puede estimar que no afecta sensiblemente al régimen hidráulico del arroyo.

## **11. CAUDALES DE AVENIDA EN EL ESTADO FUTURO**

Al igual que se ha analizado el arroyo determinando los caudales previsibles en su estado actual, resulta necesario conocer cómo afecta el desarrollo previsto en la hidrología superficial de la zona.

A este respecto, cabe mencionar que se producirá una variación respecto a la situación preoperacional. Esta variación se genera como consecuencia de un doble efecto sobre la hidrología de la zona.



- Variación en el coeficiente de escorrentía. La modificación en el uso del suelo en el que se plantea el ámbito una vez urbanizado genera un diferente coeficiente de escorrentía que da lugar a una distinta respuesta hidrológica del terreno.
- Vertido desde la red de pluviales. El desarrollo de la urbanización con la implementación de una red de recogida de las aguas de escorrentía supone un efecto sobre el cauce receptor.

Considerando, por tanto, este doble efecto se realiza un estudio hidrológico del arroyo de Las Viñas con objeto de determinar los caudales previsibles en la situación futura para las avenidas consideradas anteriormente.

#### **a) Variación en el coeficiente de escorrentía**

A este respecto, cabe mencionar como se ha referido que el desarrollo urbano puede provocar un efecto en la cuenca de aportación del arroyo de Las Viñas, puesto que, tras el proceso urbanizador, se modificará la superficie de los terrenos en los que se plantea dando lugar, por tanto, a una variación en la capacidad de infiltración que puede generar una modificación en el coeficiente de escorrentía de la cuenca.

Actualmente las aguas pluviales acumuladas en los terrenos que conforman el área APR 3.5-01 "Zona de Servicios M-503" son eliminadas por infiltración y por escorrentía hacia el arroyo. Al urbanizar el ámbito, se genera un aumento del volumen de escorrentía al reducirse la capacidad de absorción en las nuevas superficies pavimentadas.

En este apartado, se pretende analizar el valor de los caudales previsibles en el arroyo por la mera modificación del coeficiente de escorrentía en una parte de su cuenca de aportación (la ocupada por el APR 3.5-01).

Para analizar la afección por variación del coeficiente de escorrentía se parte de la superficie del área a urbanizar, de la ordenación prevista y de los coeficientes de escorrentía tras el desarrollo. En concreto, como se ha visto en el epígrafe anterior, el ámbito tiene una superficie de 0.01976 km<sup>2</sup> y el coeficiente de escorrentía tras urbanizarlo será de 0,63.

Con esas características de urbanización, la primera conclusión a la que se llega es que la extensión a desarrollar (unos 0,02 km<sup>2</sup>) respecto a la superficie total de la cuenca de aportación del arroyo de Las Viñas (1,42 km<sup>2</sup>), supone un porcentaje del 1,39%. Ese porcentaje representa una mínima proporción respecto al total del área de aportación del arroyo, por lo que a priori se puede considerar que los caudales en el arroyo en la situación futura o postoperacional serán sensiblemente similares a los de la situación actual.

No obstante, seguidamente se va a realizar un análisis de lo que supone el cambio de uso del suelo en el coeficiente de la cuenca del arroyo y, por tanto, en los caudales previsibles en el tramo que se analiza. Para ello, se considera el coeficiente de escorrentía medio en la cuenca de aportación y el deducido para el ámbito tras su desarrollo.

El análisis se centra en los caudales de avenidas extraordinarias correspondientes a las de 100 y 500 años de período de retorno puesto que son éstas las que condicionan

esencialmente el desarrollo urbano. Asimismo, se considera para la de 10 años con el que se dimensiona la red de pluviales.

En lo que se refiere a las avenidas de menor período de retorno, y más concretamente para la de 10 años, se realiza un estudio específico en un epígrafe posterior. A este respecto cabe referir, también, que el caudal de la máxima crecida ordinaria se utiliza para la delimitación del dominio público hidráulico y, por tanto, es en régimen natural (es decir en una situación sin modificar la cuenca de drenaje y, por ende, sin el desarrollo de la urbanización).

Asimismo, el análisis se realiza para las lluvias de período de retorno superior al de diseño de la red de drenaje, en concreto superiores a los 10 años de periodo de retorno, porque las lluvias inferiores serán recogidas íntegramente por la red y porque el estudio de las afecciones debidas al proceso urbanizador se completa, como se ha mencionado, analizando los efectos originados por la incorporación en el arroyo de las aguas recogidas por la red de pluviales. En este sentido, las escorrentías que no son interceptadas por la red discurrirán en superficie incorporándose al arroyo y el efecto de esa variación de caudales se estudia en la modelización hidráulica considerando, en la situación futura o postoperacional, los caudales en sus valores modificados por la acción urbanizadora.

Como se ha visto anteriormente, los caudales previsibles en el Arroyo de Las Viñas en la situación actual, son de 1,56 m<sup>3</sup>/s, 3,07 m<sup>3</sup>/s y 4,29 m<sup>3</sup>/s para 10, 100 y 500 años de periodo de retorno. Para su obtención, se han utilizado unos coeficientes de escorrentía de 0,17, 0,22 y 0,24 respectivamente, según se recoge en el apéndice adjunto a este Anexo.

Asimismo, para los terrenos urbanizados, se ha adoptado un coeficiente de escorrentía medio de 0,63.

Con la citada consideración, en la situación futura se puede deducir el coeficiente de escorrentía para la totalidad de la cuenca sin más que ponderar los valores del coeficiente de escorrentía de la superficie de la cuenca en la que se localiza el área de reparto APR 3.5-01 (0,01976 km<sup>2</sup>) respecto al resto de la cuenca de aportación del arroyo de Las Viñas (1,42 km<sup>2</sup>).

$$C = \frac{0,63 \times 0,01976 \text{ km}^2 + C_m \times 1,40024 \text{ km}^2}{1,42 \text{ km}^2}$$

De esta manera, se deducen unos coeficientes de escorrentía para la cuenca del arroyo de Las Viñas en su situación futura de 0,176, 0,226 y de 0,245 para las avenidas de 10, 100 y 500 años de periodo de retorno respectivamente.

Habida cuenta que la determinación de los caudales deducidos para la situación inicial se ha realizado con base en la aplicación del método racional y la única variable que se ve afectada en la fórmula es el coeficiente de escorrentía, para la situación futura (con el ámbito urbanizado) se deducen los siguientes valores de avenida:

<b>T (años)</b>	10	100	500
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	1,62	3,15	4,38

**b) Vertido desde la red de pluviales**

A este respecto, cabe mencionar que, además del efecto por la modificación en el coeficiente de escorrentía antes analizado, tras el desarrollo se puede generar una afección por la incorporación de las aguas vertidas al arroyo desde la red de pluviales que se construirá en el ámbito.

Como se ha descrito, el APR 3.5-01 se plantea con una red de pluviales que desaguará hacia el arroyo incorporando un caudal de 142,72 l/s (0,143 m<sup>3</sup>/s).

Bajo esta concepción cabe afirmar que la escorrentía superficial será recogida por la red de pluviales hasta el periodo de retorno de dimensionamiento de la misma y, en avenidas extraordinarias, cuando se supere dicho periodo de retorno discurrirá en superficie como lo hacía anteriormente, pero sobre el terreno urbanizado.

Con el desarrollo de la red de pluviales se produce, asimismo, una variación en la forma de incorporarse al cauce los caudales de escorrentía superficial, concentrándose en el punto de evacuación. En este sentido, los caudales que de manera natural discurrirían por el arroyo se ven variados a lo largo del trazado hasta el punto en que se vuelven a incorporar desde la red. De esta forma, en el estado futuro, se genera una reducción en el tramo de arroyo que discurre por el ámbito (al ser recogidos por la red).

**c) Caudales adoptados para el estado futuro**

Los caudales en el estado futuro se obtienen tras considerar de forma conjunta los dos efectos mencionados, esto es la variación como consecuencia del cambio de uso del suelo con el proceso urbanizador respecto a la situación original y la modificación debida a la adecuación de la red de drenaje en el ámbito.

Para ello se tiene en cuenta que, en la situación futura, además de incrementarse los caudales previsibles en el arroyo por la variación del coeficiente de escorrentía, parte de los que en la situación inicial llegaban al cauce lo harán de manera distinta, reduciéndose en el tramo de la urbanización al ser recogidos por la red e incrementándose finalmente en el valor desaguado tras su reincorporación en el cauce. En este sentido, como se ha referido anteriormente, la red de pluviales se diseña para el periodo de retorno de 10 años, por lo que la escorrentía superficial correspondiente se recoge en la red dejando de ir por el arroyo hasta que se vuelve a incorporar en el punto de evacuación.

En consecuencia, seguidamente se recogen los caudales previsibles en el arroyo de Las Viñas considerando los que discurrirían por el cauce una vez urbanizado (con el consiguiente cambio en el uso del suelo), incrementados por el caudal evacuado en el punto de desagüe de la red.

Asimismo, del caudal total habría que detraer en un tramo de arroyo las aguas que dejan de escurrir hacia el cauce en la zona en que son recogidos por la misma. A este respecto, se considera un valor a detraer de 0,06 m<sup>3</sup>/s, obtenido como diferencia de los caudales previsibles en el arroyo para ese periodo de retorno en ambas situaciones.



De esta manera, finalmente se consideran para la situación futura o postoperacional los siguientes caudales de avenida.

<b>T (años)</b>	100	500
<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	3,293	4,523

## **12. ESTUDIO HIDRÁULICO DEL ARROYO de LAS VIÑAS**

### **12.1. FINALIDAD**

Una vez deducidos los caudales previsibles para las avenidas consideradas a partir del estudio hidrológico anterior, se realiza un estudio hidráulico del cauce. El presente estudio se realiza con varios objetivos:

- Analizar el comportamiento del flujo de las aguas en la zona en la que se plantean las actuaciones y la capacidad hidráulica del arroyo de Las Viñas.
- Determinar las bandas de inundación asociadas a los diferentes períodos de retorno, con el objeto de delimitar el Dominio Público Hidráulico (D.P.H.), y a partir de éste, las correspondientes zonas de servidumbre (5 m) y policía (100 m), así como las zonas con potencial riesgo de inundación. Respecto a estas últimas, el estudio incluirá el análisis de la zona inundable por la avenida extraordinaria de 500 años de periodo de retorno y de la zona de flujo preferente, en la situación preoperacional.
- Determinar la zona de inundación por las avenidas en la situación postoperacional.
- Estudiar las posibles afecciones que se puedan originar sobre el sector APR 3.5-01 “Zona de servicios M-503” en las situaciones de máximas avenidas. Asimismo, se realiza con la finalidad de conocer el comportamiento del cauce principal.
- Planificar adecuadamente las actuaciones previstas en el ámbito en relación con el flujo hidráulico del cauce en avenidas.

En definitiva, el estudio hidráulico se realiza con la finalidad de conocer el comportamiento del flujo en avenidas y las afecciones que se pueden originar tanto en la urbanización como en el propio cauce por el desarrollo previsto.

### **12.2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Como se ha referido anteriormente, el arroyo de Las Viñas es un cauce de carácter discontinuo por el que normalmente no discurre agua, haciéndolo de forma singular cuando se producen grandes precipitaciones, actuando como un elemento de drenaje de la zona.

El cauce nace en la zona suroeste del municipio, configurándose en su tramo alto como un valle amplio de pendientes suaves cuya sección transversal se va marcando según avanza en su trazado.

El cauce del arroyo cruza la carretera M-503 y, seguidamente, discurre por el límite este del ámbito en dirección Sur-Norte hacia el casco urbano de Pozuelo de Alarcón.

El curso del arroyo atraviesa el casco urbano por su zona sur, encontrándose parcialmente canalizado y perdiendo su naturalidad al paso del núcleo de población, presentando una serie de infraestructuras viarias que lo atraviesan.

El arroyo es un cauce tributario del arroyo de los Pozos que, una vez incorporado en el arroyo de Pozuelo, drena sus aguas hacia el río Manzanares.

En el tramo que discurre por el ámbito a desarrollar y desde el punto de vista morfodinámico, el arroyo objeto tiene una longitud de unos 200 m y discurre en sentido Sur-Norte, alcanzando su zona más elevada en la cota 688,25 m y la cota más baja a 687 m aproximadamente, según el levantamiento topográfico realizado.

Se trata de un arroyo con una pendiente irregular, con un valor medio de 0,0099 m/m hasta la zona de estudio y que en el tramo que se analiza es concretamente de 0,006 m/m.

### 12.3. TRAMO DE ESTUDIO

Se ha definido un tramo del arroyo de Las Viñas para modelarlo hidráulicamente con una longitud de unos 600 metros que, tanto aguas arriba como aguas abajo, resulta suficiente para permitir la estabilización del modelo numérico y la imposición de las condiciones de contorno.



Tramo del arroyo del que se realiza la modelización hidráulica

Como se puede observar, aparte del tramo que linda con los terrenos donde se localiza el ámbito, se modeliza un tramo aguas arriba de la carretera M-503 de unos 150 metros y un tramo aguas abajo del APR 3.5-01 de unos 250 metros. En dicho tramo se localizan las obras de paso antes referidas y, particularmente, la obra de drenaje transversal bajo la carretera M-503.

El tramo de estudio se corresponde con el que discurre junto a los terrenos en los que se sitúa el sector a desarrollar y, como se ha referido, se realiza su estudio con objeto de poder definir el dominio público hidráulico, a partir del cual establecer las áreas de servidumbre y de policía, y estudiar las zonas con potencial riesgo de inundabilidad en situaciones de máximas avenidas con el objeto de determinar si la zona de urbanización se ve o no afectada por las mismas.

Además, se analizarán los efectos que el desarrollo propuesto del sector pueda tener sobre la hidrografía de la zona, en concreto sobre el propio cauce natural del arroyo.

#### **12.4. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL ESTUDIO**

El cálculo de los niveles de avenida en un cauce real de geometría compleja, obliga a la utilización de modelos numéricos capaces de representar adecuadamente la hidráulica fluvial.

Entre las herramientas disponibles actualmente en el mercado, el modelo HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center-River Analysis System*) -desarrollado por el *Hydrologic Engineering Center* del *U.S. Army Corps of Engineers*- es uno de los más habitualmente utilizados por organismos y empresas encargadas de la gestión de los ríos, por lo que sus resultados han sido ampliamente contrastados y además es de gratuita distribución y uso. En el presente documento se ha trabajado con la versión 5.0.7.

##### **Descripción del modelo**

La finalidad del modelo hidráulico HEC-RAS es el cálculo del perfil de la lámina de agua en canales naturales o artificiales para flujo gradualmente variado en régimen estacionario (características hidráulicas constantes en el tiempo).

El modelo puede calcular perfiles en régimen lento, rápido o mixto y permite considerar los efectos que diversas obstrucciones como puentes, alcantarillas, vertederos u otras estructuras pueden producir en el flujo.

El procedimiento básico de cálculo está basado en la solución de la ecuación de la energía unidimensional (Teorema de Bernoulli), y evalúa la pérdida de energía debida a la fricción con la ecuación de Mannig.

Las principales hipótesis asumidas en el modelo HEC-RAS son las siguientes:

- Flujo estacionario, por tanto, no hay variación del calado o la velocidad con el tiempo.
- Flujo gradualmente variado. Esto conduce a una distribución hidrostática de presiones.
- Flujo unidimensional. La única componente de la velocidad es en la dirección del flujo.
- Las pendientes deben ser pequeñas, menores de 1/10. El calado vertical es representativo de la altura de presión.
- Los contornos son rígidos, con lo que no se tienen en cuenta fenómenos de erosión o sedimentaciones en el cauce.

Con estas hipótesis la ecuación básica de conservación de la energía entre dos secciones  $S_1$  y  $S_2$  de un flujo unidimensional es:

$$z_1 + y_1 + \alpha \cdot \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha \frac{v_2^2}{2g} + h_e$$

Siendo para la sección transversal 1 o 2:

$z$ : elevación del fondo de la sección transversal respecto de una cota de referencia.

$y$ : calado del agua en la sección transversal.

$\alpha$ : coeficiente de energía, que tiene en cuenta la distribución no uniforme de velocidades en esa sección.

$v$ : velocidad media del flujo en la sección.

$g$ : aceleración de la gravedad.

$h_e$ : pérdida de energía entre las secciones 1 y 2.

Esta pérdida  $h_e$ , viene determinada por la expresión:

$$h_e = L \cdot S_f + C \cdot \left( \alpha \cdot \frac{v_1^2}{2g} - \alpha \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

Siendo:

$L$ : longitud del tramo

$S_f$ : la pendiente de fricción del tramo

$C$ : el coeficiente de pérdidas por expansión o contracción.

La hipótesis fundamental realizada por el HEC-RAS es que la pérdida de altura por fricción en una sección es la misma que tendría un flujo uniforme que tuviese la misma velocidad y radio hidráulico que los correspondientes a esa sección. Esta hipótesis permite aplicar la fórmula de Manning de flujo uniforme para evaluar la pendiente de fricción en una sección transversal del cauce, con lo que resulta:

$$Q = K \cdot \sqrt{S_f}$$

Siendo:

$Q$ : el caudal

$K$ : la capacidad, que responde a la expresión  $K = 1/n A R_h^{2/3}$ , en la que  $n$  es el coeficiente de rugosidad de Manning,  $A$  la sección transversal y  $R_h$  el radio hidráulico.

La evaluación de la pendiente de fricción media en el tramo, a partir de los valores existentes en las dos secciones que lo limitan admite varias opciones, (media aritmética, geométrica o armónica) pero la opción usada por defecto es la siguiente:



$$S_f = \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{K_1 + K_2}$$

El método de resolución es el "Standard Step Method" que utiliza aproximaciones sucesivas para determinar la elevación de la lámina de agua ( $z_1+y_1$ ) en la sección siguiente teniendo como datos el caudal  $Q$  y la elevación en la sección anterior ( $z_2+y_2$ ).

El cálculo del perfil comienza en una sección transversal con una determinada condición inicial y continúa hacia aguas arriba.

El modelo HEC-RAS no permite localizar directamente la posición de un cambio de régimen, de lento a rápido o viceversa. Cuando en el cálculo paso a paso se produce un cambio de régimen el modelo recomienza los cálculos con el régimen crítico. Por tanto, el perfil calculado estará siempre por encima del calado crítico en el caso del régimen lento y por debajo en caso de régimen rápido.

En los casos en que hay cambio de régimen, es necesario calcular el perfil dos veces suponiendo alternativamente régimen lento y rápido, y estudiar ambos resultados para obtener el definitivo. No obstante, en el tramo en que puedan coexistir ambos regímenes no permite localizar el resalto hidráulico al no realizar el cálculo de los correspondientes calados conjugados y no es posible por tanto deducir cual es el régimen realmente existente en tramos conflictivos.

En casos de cambio de régimen el modelo obtiene el calado crítico, aquel para el que fijado un caudal la energía es mínima. La energía específica  $H$  se define como:

$$H = y + \alpha \cdot \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

y por tanto el calado crítico:

$$y_c = H_{\min} - \alpha \cdot \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Su cálculo se realiza mediante un proceso iterativo de búsqueda con interpolación parabólica suponiendo calados y calculando sus correspondientes energías específicas. Este método permite considerar la distribución no uniforme de la sección transversal expresada por  $\alpha$ .

El estudio hidráulico se realiza en régimen lento, es decir, avanzando desde aguas abajo hacia aguas arriba.

### **Pérdidas de energía**

Existen distintos tipos de coeficientes para evaluar la pérdidas de energía en el programa HEC-RAS: el coeficiente de *Manning*, que sirve para evaluar la pérdida de energía por fricción con el fondo, los coeficientes de contracción/expansión para evaluar las pérdidas de energía por efecto de la transición o cambios en las secciones y los

coeficientes de pérdidas de los puentes y obras de drenaje transversal, debidos a la forma del tablero del puente y las pilas, la presión del flujo y las condiciones de entrada y salida.

- Coeficiente de rugosidad de Manning

El número de Manning representa la resistencia al flujo en ríos y llanuras de inundación. Su valor depende de la rugosidad de la superficie, el tipo de vegetación, la irregularidad y el alineamiento del canal, eventuales obstrucciones, depósitos, socavaciones, etc. Por ello se distingue entre la zona ocupada por el cauce ("channel") y las zonas de la margen derecha y de la izquierda ("Left OB" y "Right OB"); igualmente se debe distinguir el coeficiente para las obras de drenaje transversal.

Valores de este coeficiente han sido tabulados por diversos autores, *Chow* (1959), *Henderson* (1966) y *Streeter* (1971), entre otros. *Untes* en 1967 presenta las fotografías y secciones transversales de ríos tipo para caracterizar los coeficientes de rugosidad. En este estudio se adoptan los valores que facilita la propia herramienta, eligiendo entre ellos los que mejor se adaptan a la tipología del cauce del arroyo.

Type of Channel and Description		Minimu m	Normal	Maximu m
<b>A.- Natural Streams</b>				
<b>1. Main Channels</b>				
a.	Clean, straight, full, no rifts or deep pools	0.025	0.030	0.033
b.	Same as above, but more stones and weeds	0.030	0.035	0.040
c.	Clean, winding, some pools and shoals	0.033	0.040	0.045
d.	Same as above, but some weeds and stones	0.035	0.045	0.050
e.	Same as above, lower stages, more ineffective slopes and sections	0.040	0.048	0.055
f.	Same as "d" but more stones	0.045	0.050	0.060
g.	Sluggish reaches, weedy. Deep pools	0.050	0.070	0.080
h.	Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stands of timber and brush	0.070	0.100	0.150
<b>2. Flood Plains</b>				
a.	Pasture no brush			
	1. Short grass	0.025	0.030	0.035
	2. High grass	0.030	0.035	0.050
b.	Cultivated áreas			
	1. No crop	0.020	0.030	0.040
	2. Mature row crops	0.025	0.035	0.045
	3. Mature field crops	0.030	0.040	0.050
c.	Brush			
	1. Scattered brush, heavy weeds	0.035	0.050	0.070
	2. Light brush and trees, in winter	0.035	0.050	0.060
	3. Light brush and trees, in summer	0.040	0.060	0.080
	4. Medium to dense brush, in winter	0.045	0.070	0.110

d.	5. Medium to dense brush, in summer	0.070	0.100	0.160
	Trees			
	1. Cleared land with tree stumps, no sprouts	0.030	0.040	0.050
	2. Same as above, but heavy sprouts	0.050	0.060	0.080
	3. Heavy stand of timber, few down trees, little undergrowth, flow below branches	0.080	0.100	0.120
	4. Same as above, but with flow into branches	0.100	0.120	0.160
	5. Dense willows, summer, straight	0.110	0.150	0.200
<b>3. Mountain Streams, no vegetation in channel, banks usually steep, with trees and brush on banks submerged</b>				
a.	Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.030	0.040	0.050
b.	Bottom: cobbles with large boulders	0.040	0.050	0.070
<b>B.- Lined or Built-Up Channels</b>				
<b>1. Concrete</b>				
a.	Trowel finish	0.011	0.013	0.015
b.	Float Finish	0.013	0.015	0.016
c.	Finished, with gravel bottom	0.015	0.017	0.020
d.	Unfinished	0.014	0.017	0.020
e.	Guniting, good section	0.016	0.019	0.023
f.	Guniting, wavy section	0.018	0.022	0.025
g.	On good excavated rock	0.017	0.020	
h.	On irregular excavated rock	0.022	0.027	
<b>2. Concrete bottom float finished with sides of:</b>				
a.	Dressed stone in mortar	0.015	0.017	0.020
b.	Random stone in mortar	0.017	0.020	0.024
c.	Cement rubble masonry, plastered	0.016	0.020	0.024
d.	Cement rubble masonry	0.020	0.025	0.030
e.	Dry rubble on riprap	0.020	0.030	0.035
<b>3. Gravel bottom with sides of:</b>				
a.	Formed concrete	0.017	0.020	0.025
b.	Random stone in mortar	0.020	0.023	0.026
c.	Dry rubble or riprap	0.023	0.033	0.036
<b>4. Brick</b>				
a.	Glazed	0.011	0.013	0.015
b.	In cement mortar	0.012	0.015	0.018
<b>5. Metal</b>				
a.	Smooth steel surfaces	0.011	0.012	0.014
b.	Corrugated metal	0.021	0.025	0.030
<b>6. Asphalt</b>				
a.	Smooth	0.013	0.013	
b.	Rough	0.016	0.016	
<b>7. Vegetal lining</b>		0.030		0.500
<b>C.- Excavated or Dredged Channels</b>				
<b>1. Earth, straight and uniform</b>				
a.	Clean, recently completed	0.016	0.018	0.020
b.	Clean, after weathering	0.018	0.022	0.025
c.	Gravel, uniform section, clean	0.022	0.025	0.030
d.	With short grass, few weeds	0.022	0.027	0.033

<b>2. Earth, winding and sluggish</b>				
a.	No vegetation	0.023	0.025	0.030
b.	Grass, some weeds	0.025	0.030	0.033
c.	Dense weeds or aquatic plants in deep channels	0.030	0.035	0.040
d.	Earth bottom and rubble side	0.028	0.030	0.035
e.	Stony bottom and weedy banks	0.025	0.035	0.040
f.	Cobble bottom and clean sides	0.030	0.040	0.050
<b>3. Dragline-excavated or dredged</b>				
a.	No vegetation	0.025	0.028	0.033
b.	Light brush on Banks	0.035	0.050	0.060
<b>4. Rock cuts</b>				
a.	Smooth and uniform	0.025	0.035	0.040
b.	Jagged and irregular	0.035	0.040	0.050
<b>5. Channels not maintained, weeds and brush</b>				
a.	Clean bottom, brush on sides	0.040	0.050	0.080
b.	Same as above, highest stage of flow	0.045	0.070	0.110
c.	Dense weeds, high as flow depth	0.050	0.080	0.120
d.	Dense brush, high stage	0.080	0.100	0.140

Coeficientes base de Manning recogidos en HEC-RAS

Los coeficientes de rugosidad de Manning adoptados se han diferenciado para la zona del cauce y para las márgenes. En el cauce se considera un coeficiente de valor 0,030. En las márgenes, se ha utilizado un número de Manning igual a 0,040. Para las obras de drenaje se utiliza un coeficiente de 0,013 en tubos de hormigón y 0,025 para acero corrugado.

- Coeficientes de contracción y expansión.

El flujo a través de un río o canal también tiene pérdidas de carga debido a efectos de contracción/expansión. Estas son pérdidas menores (no suelen representar más del 5% del total) que las debidas a efectos de rozamiento y que se pueden modelar como un coeficiente que se multiplica por la diferencia entre el término cinético de la ecuación de la energía. Los cambios de sección provocan que la lámina de agua ascienda o descienda, provocando ello que se produzcan cambios locales de velocidad que repercuten en la media de la velocidad en la sección.

Por ello, se suele tomar un valor más bien estándar para un tramo homogéneo de cauce, salvando las inmediaciones de puentes y alcantarillas, donde la reducción de sección puede ser significativa y las pérdidas, que son mayores, se contabilizan con un coeficiente mayor.

Existen una serie de valores estándar proporcionados por el USACE (1995) para puentes, que actualmente se consideran conservadores y se proponen como alternativa una serie de fórmulas empíricas en el libro *"Floodplain Modelling Using Hec-Ras"*, Haestad Methods (2003) para el cálculo de dichos coeficientes.

Los coeficientes de contracción y expansión a emplear en estos casos son los que aparecen en el manual del HEC-RAS y se pueden resumir en la siguiente tabla.



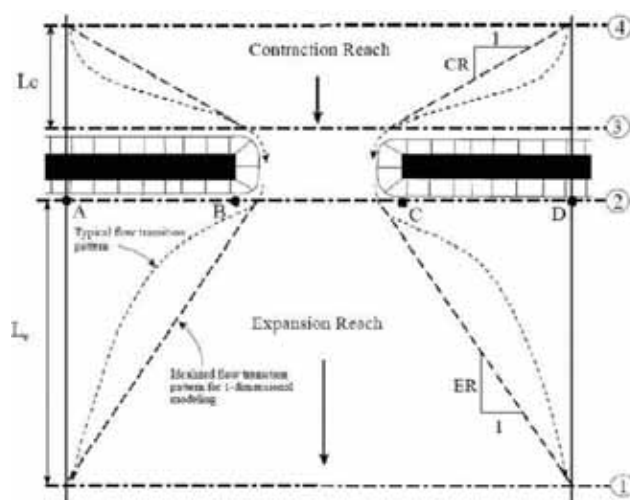
Régimen	Tipo de transición	Contracción	Expansión
Subcrítico	Transición gradual	0,10	0,30
	Sección típica de puentes	0,30	0,50
	Transición brusca	0,60	0,80
Supercrítico	Transición gradual	0,05	0,10
	Transición brusca	0,10	0,20

Los valores empleados en el presente caso han sido de 0,3 para expansión ( $C_e$ ) y 0,1 para contracción ( $C_c$ ). Para las secciones situadas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo de las obras de paso existentes en el tramo de estudio, se han adoptado los valores de  $C_e=0,5$  y  $C_c=0,3$  correspondientes a "sección típica de puentes" de la tabla anterior.

### Modelización de estructuras

Los pasos inferiores son elementos de drenaje transversal con mayor incidencia sobre el funcionamiento hidrodinámico de los ríos, condicionando localmente su comportamiento. De hecho, en su interacción con un cauce pueden dar lugar a una sobre elevación del flujo aguas arriba de la estructura, al tiempo que se produce una aceleración bajo la estructura y aguas abajo, que puede acarrear problemas serios de erosión.

El modelo HEC-RAS es capaz de simular estructuras como puentes y obras de drenaje transversales. Los puentes se modelan mediante 4 perfiles transversales, de los cuales, los dos extremos sirven para delimitar la zona de influencia del flujo hidráulico en su contracción de la vena líquida de aguas arriba y la expansión de aguas abajo. Los perfiles centrales definen la geometría del terreno junto al puente y el modelo lo coloca correctamente definido perpendicular a la corriente sobre dichos perfiles. Por lo tanto, el número de perfiles de cálculo son seis, cuatro exteriores al puente y dos interiores, que el modelo realiza superponiendo los dos perfiles exteriores más próximos con los datos del tablero.



### **Condiciones de contorno**

Fijar las condiciones de contorno en la determinación de la lámina libre en un canal o río es una de las cuestiones transcendentales a la hora de obtener una buena estimación. Conocer las condiciones de contorno implica conocer el nivel de la lámina de agua en una cierta sección del cauce a estudiar.

La localización de dicha sección depende del flujo que se establezca. Así se comprende que para establecer la condición de contorno será necesario, como mínimo, intuir el tipo de régimen que se formará:

- Si el régimen es rápido o supercrítico, será necesario conocer el calado en el extremo aguas arriba.
- Si el régimen es lento o subcrítico, el calado deberá darse en el extremo aguas abajo.
- Si el canal o río a estudiar tiene tramos en régimen lento y otros en rápido, será necesario fijar el calado en los extremos aguas arriba y aguas abajo.

En el caso de flujo permanente, existen cuatro tipos de condiciones de contorno:

1. Nivel de la lámina de agua.
2. Calado crítico.
3. Calado normal.
4. Curva de gasto.

En este caso la condición de contorno empleada es la de calado normal aguas abajo. Para ello se ha definido una pendiente media, que se ha extraído de la topografía de detalle realizada. En cada una de las ejecuciones se ha comprobado el tipo de régimen, dado que éste influye directamente en las condiciones de contorno a emplear.

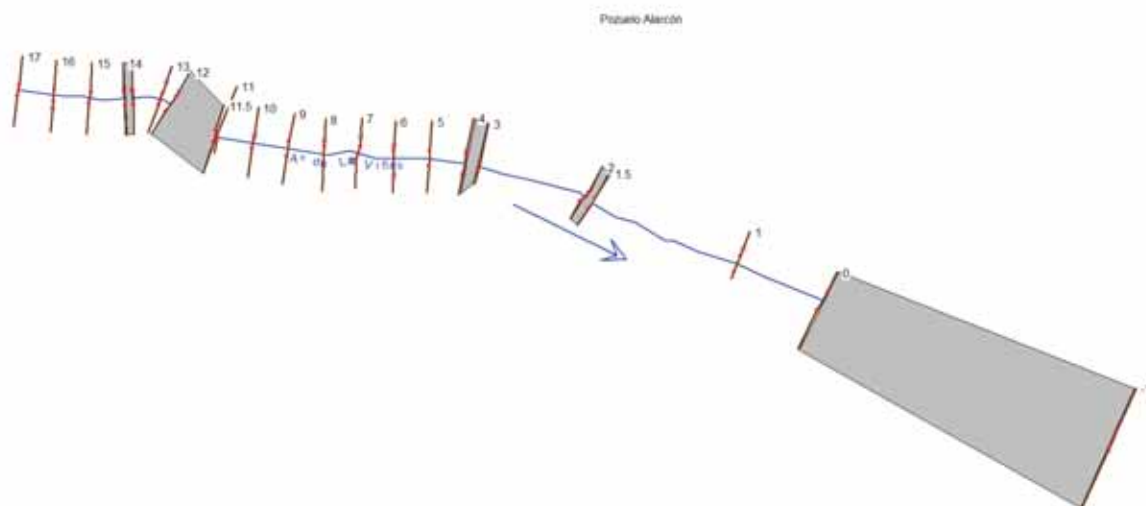
### **Modelización geométrica**

Una vez realizada un levantamiento topográfico expresamente para la zona que se analiza y levantada la planimetría correspondiente se ha modelizado el cauce del arroyo de Las Viñas y de sus márgenes mediante toma de perfiles transversales. El trazado en planta de cada perfil se ha definido, en la medida de lo posible, con el criterio de ortogonalidad a la dirección de las líneas de corriente en cada punto.

Los perfiles transversales utilizados en la modelización con HEC-RAS se han tomado separados aproximadamente 25 m entre sí en el tramo que linda con el sector y tomando perfiles adicionales intermedios cuando se ha visto necesario. Asimismo, como se ha referido, se ha modelizado un tramo aguas arriba y, otro, aguas abajo, a fin de asegurar una mayor concreción del modelo hidráulico y de poder analizar los efectos del proceso urbanizador en el tramo inferior por debajo del ámbito a desarrollar; en el tramo de aguas abajo, los perfiles modelizados se han tomado más distanciados por cuanto el arroyo presenta un trazado sensiblemente lineal y paralelo a la calle Camino de las Higueras. En total, se ha modelizado el arroyo de Las Viñas en la longitud citada con 18 perfiles. Asimismo, se han considerado perfiles auxiliares para definir las estructuras cuando ha sido necesario.

Los perfiles se han modelizado desde aguas abajo, de acuerdo con lo requerido por el modelo hidráulico HEC-RAS, si bien el “kilometraje” es en sentido contrario, de manera que el perfil 0 del modelo se corresponde con el p.k. 595.00 topográfico y el perfil 17 con el p.k. 0.00.

Seguidamente se acompaña una imagen de la geometría del tramo de arroyo modelizado en la que se muestran los perfiles definidos en la modelización, incluyendo las obras de drenaje consideradas.



La longitud de los transversales se ha escogido, en la medida de lo posible, con el criterio de que se prolonguen hasta una cota mayor a la que se estima puede alcanzar el agua y de forma que abarquen íntegramente la llanura de inundación y las láminas de agua estudiadas queden comprendidas en el perfil.

Asimismo, la modelización geométrica del cauce se realiza fijando unas distancias de la sección transversal en estudio hasta la sección inmediatamente anterior que difieren entre el eje central del cauce (Channel) y las márgenes izquierdas (LOB) y derecha (ROB) con la finalidad de simular una trayectoria meandriforme. Cuando el trazado del cauce es sensiblemente rectilíneo las referidas distancias coinciden.

De otro lado, la existencia de obras de drenaje transversal supone una clara incidencia sobre el funcionamiento hidrodinámico del flujo de las aguas, condicionando localmente el comportamiento del arroyo. Como se ha mencionado anteriormente, su existencia puede dar lugar a una sobreelevación de la lámina aguas arriba de la obra de paso al tiempo que se produce una aceleración bajo la misma y aguas abajo de ella.

En el tramo de arroyo que se estudia, como se ha descrito anteriormente, se localizan en la actualidad varias obras de drenaje transversal (ODT).

Además, como se describe en el documento, el Plan Parcial contempla un vial de acceso desde la carretera que finalizará en una glorieta desde la que se podrá acceder al casco urbano, hacia el norte, a los desarrollos situados al sur de la M-503 y al suelo lucrativo de este ámbito APR 3.5-01. La glorieta mencionada requiere de la ejecución de

una obra de drenaje transversal para asegurar la circulación de las aguas del arroyo de Las Viñas.

### **Caracterización del flujo hidráulico**

Una vez definida la geometría completa del tramo a estudiar, se introducen los valores de los caudales de las avenidas que se van a simular. En este caso, como se ha referido con anterioridad, se modelizará para las avenidas correspondientes a la máxima crecida ordinaria y las extraordinarias de 100 y 500 años de período de retorno. Asimismo, se modeliza para la avenida de 10 años a fin de analizar el efecto generado por la incorporación de aguas desde la red de pluviales prevista en el ámbito.

Los valores que se consideran son los de los caudales deducidos en el Estudio Hidrológico realizado.

Se considerarán tanto los caudales deducidos para la situación actual o preoperacional como los correspondientes a la situación futura o postoperacional.

En segundo lugar, se definen las condiciones de contorno del flujo hidráulico. En este caso la condición de contorno empleada es la de calado crítico.

Por último, se indica en el modelo el régimen en el que se va a realizar el cálculo respecto al que, como se ha mencionado, el programa permite trabajar con tres tipos de régimen: lento, rápido y mixto. Se han evaluado los tres tipos de régimen en cada caso para obtener un resultado definitivo atendiendo siempre a los avisos y alertas que da el programa en cada sección.

## **13. DELIMITACIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO**

Como se ha señalado anteriormente, de acuerdo con lo establecido en la legislación de aguas y con lo dispuesto por la Confederación Hidrográfica del Tajo, cuando las nuevas urbanizaciones se desarrollan en zona de policía de cauces, *“previamente a su autorización es necesario delimitar la zona de dominio público hidráulico, zona de servidumbre y policía de cauces afectados”*. En ese sentido, el Organismo de cuenca exige la presentación de un estudio hidrológico y de los cálculos hidráulicos correspondientes para analizar las avenidas correspondientes, incluyendo los planos a escala adecuada donde se delimiten las citadas zonas.

A este respecto, resulta oportuno señalar que el presente estudio no pretende sustituir a un proceso formal de deslinde del dominio público hidráulico, puesto que para ello sería necesario realizar un procedimiento y una tramitación administrativa reglada, tal y como se contempla en la legislación de aguas. Se trata únicamente de una aproximación a lo que puede ser su delimitación para tramitar el expediente ante la Confederación Hidrográfica relativo al sector APR 3.5-01 “Zona de servicios M-503”, en el término municipal de Pozuelo de Alarcón, al ubicarse, en una parte, en la zona de policía del arroyo de Las Viñas.



Para la delimitación se tiene en cuenta la definición contenida en los textos normativos vigentes en materia de aguas y en concreto que dicha delimitación se hace en régimen natural.

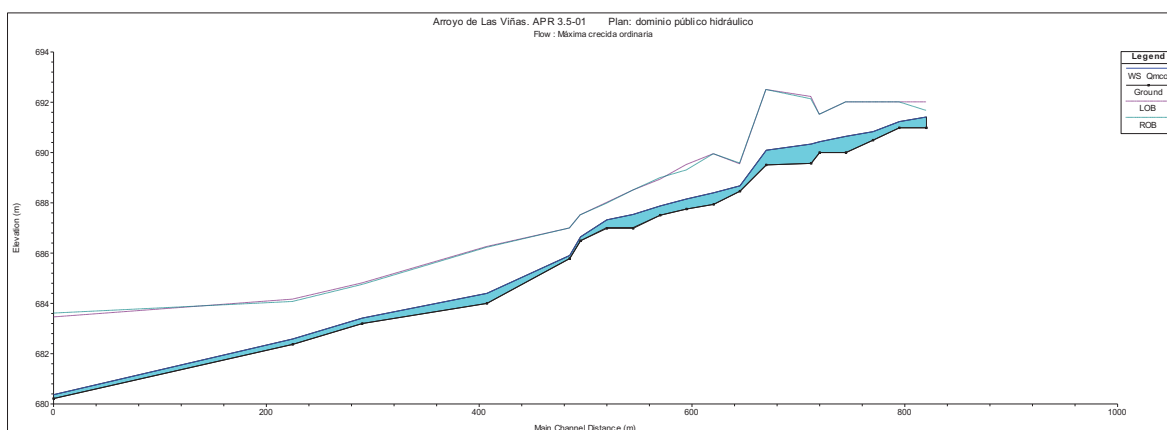
En el presente caso, se han tenido en cuenta las consideraciones mencionadas en el estudio *“Guías metodológicas para la estimación del caudal de máxima crecida ordinaria”* realizado en febrero de 1996 por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Dicho estudio recomienda que, en el caso concreto de la cuenca del Tajo, la máxima crecida ordinaria se puede asimilar a la avenida cuyo periodo de retorno se sitúa entre 4 años y 5 años.

Teniendo en cuenta dicha consideración, como se ha señalado anteriormente, en el presente caso se ha adoptado como caudal de la máxima crecida ordinaria el valor deducido en los epígrafes precedentes de  $Q_{mco} = 1,03 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Respecto a la modelización topográfica para realizar su delimitación, hay que tener en cuenta que, de acuerdo con la definición que se contiene en la normativa vigente para el dominio público hidráulico, se debe considerar el cauce en régimen natural. Por tal motivo, independientemente de que también se ha modelizado con dichas obras, en el estudio de delimitación del dominio público hidráulico se considera el cauce del arroyo de Las Viñas con su topografía actual y sin obras de drenaje transversal.

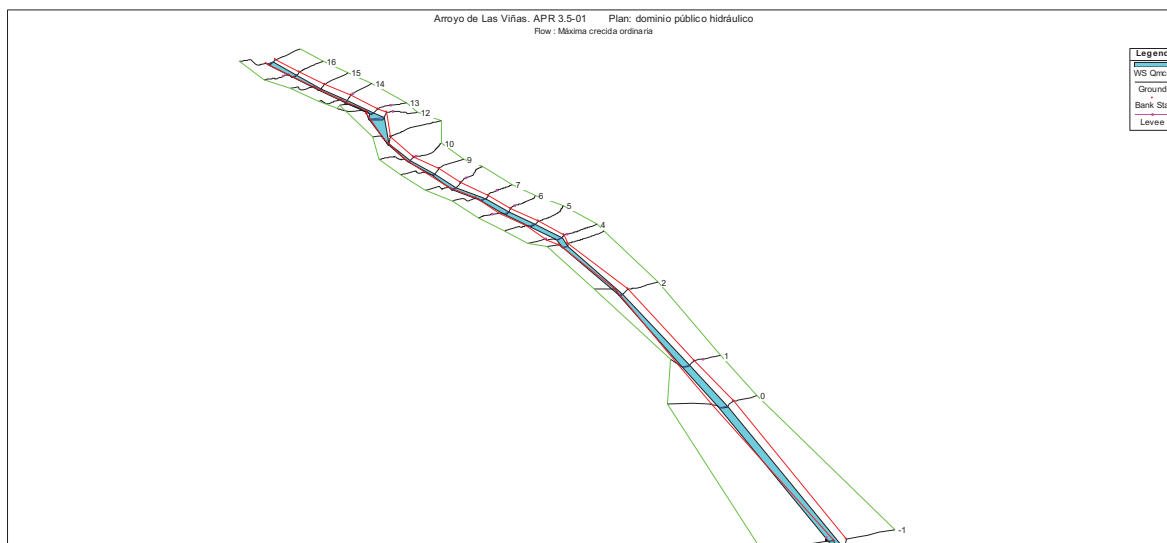
Tras la modelización hidráulica con la herramienta HEC-RAS se obtienen los resultados que se recogen en el Apéndice incorporado a este documento, resumidos en las consiguientes tablas en las que figuran los principales parámetros que definen el flujo hidráulico; asimismo se incluyen los perfiles transversales con las cotas alcanzadas por la máxima crecida ordinaria.

Seguidamente se adjunta el perfil longitudinal del cauce en el que queda también reflejado el flujo hidráulico correspondiente al caudal de la máxima crecida ordinaria.



Perfil longitudinal del arroyo para la máxima crecida ordinaria en estado natural

Igualmente, se adjunta a continuación una vista tridimensional del arroyo en el tramo modelizado donde se observan las zonas de inundación por la máxima crecida ordinaria.



Vista tridimensional del arroyo para el flujo de la máxima crecida ordinaria

En el Apéndice 2 de este documento se incluyen los resultados obtenidos tras la modelización hidráulica con HEC-RAS, en concreto las variables principales que caracterizan el flujo en todo el tramo modelizado. De igual manera se incluyen los perfiles transversales.

La información de salida del modelo hidráulico sirve para delimitar sobre plano el dominio público hidráulico. Una vez se tienen delimitadas las correspondientes líneas de dominio público hidráulico se conocen igualmente sus zonas asociadas de servidumbre (cinco metros de anchura en torno a la línea de delimitación del cauce) y de policía (cien metros).

Con independencia del estudio hidráulico anterior, se ha realizado una consulta a la información que la Administración dispone en relación con zonas inundables, en concreto por parte de la Administración General del Estado, a fin de verificar la existencia de una posible delimitación de las franjas correspondientes. En concreto, se ha comprobado -en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) disponible en la página oficial del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico- comprobándose que, en la zona, no existen estudios de delimitación ni del dominio público hidráulico del arroyo de Las Viñas ni del resto de zonas de inundación asociadas al referido cauce.

A la vista de que no existen estudios de delimitación del dominio público hidráulico realizados por la Administración, se adoptan los resultados deducidos en el presente estudio.

De esta manera, seguidamente se adjunta una tabla en la que, para cada perfil transversal considerado ("*River Sta*") con el punto kilométrico ("*pk*") del levantamiento topográfico se resumen el caudal considerado ("*Q Total*"), la cota del lecho del cauce ("*Min Ch El*") y los resultados obtenidos, en particular, la cota que alcanza la lámina de agua ("*W.S. Elev*") y el calado máximo ("*Max Chl Dpth*"), en el citado tramo.

River Sta	pk	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)
17	0.000	1.03	691.00	691.42	0.42
16	25.000	1.03	690.98	691.24	0.25
15	50.000	1.03	690.50	690.82	0.32
14	75.000	1.03	690.00	690.64	0.64
13	100.000	1.03	690.00	690.44	0.44
12	108.250	1.03	689.58	690.33	0.75
11	150.000	1.03	689.50	690.10	0.60
10	175.000	1.03	688.46	688.67	0.21
9	200.000	1.03	687.93	688.41	0.48
8	225.000	1.03	687.75	688.16	0.41
7	250.000	1.03	687.50	687.88	0.38
6	275.000	1.03	687.00	687.53	0.53
5	300.000	1.03	687.00	687.33	0.33
4	325.000	1.03	686.50	686.63	0.13
3	335.000	1.03	685.77	685.89	0.12
2	412.380	1.03	684.00	684.39	0.39
1	530.153	1.03	683.21	683.42	0.21
0	595.000	1.03	682.36	682.58	0.22

A la vista de los resultados obtenidos se ha delimitado sobre plano del dominio público hidráulico del arroyo de Las Viñas en la zona en que se plantea el APR 3.5-01 "Zona de servicios M-503" y sus zonas de servidumbre y policía.

De la delimitación realizada, tal y como se observa en los planos que se adjuntan a este Anexo, las actuaciones previstas en el ámbito respetan el dominio público hidráulico y su zona de servidumbre.

#### **14. ZONA DE FLUJO PREFERENTE**

Además de la delimitación del dominio público hidráulico desarrollada en el apartado anterior, este documento incluye el estudio y delimitación de la Zona de Flujo Preferente, por cuanto en la vigente legislación de aguas se establecen algunas limitaciones de usos en esta franja de terreno.

Para el estudio, se realiza la modelización hidráulica con el caudal correspondiente a la avenida extraordinaria de 100 años de período de retorno puesto que, como se ha referido, el caudal de dicha avenida es el que se toma como referencia para analizar y delimitar esta zona.

Como se ha deducido en el estudio hidrológico realizado, el caudal obtenido para la citada avenida extraordinaria es  $Q_{100} = 3,07 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 14.1. ZONA INUNDADA POR LA AVENIDA DE 100 AÑOS

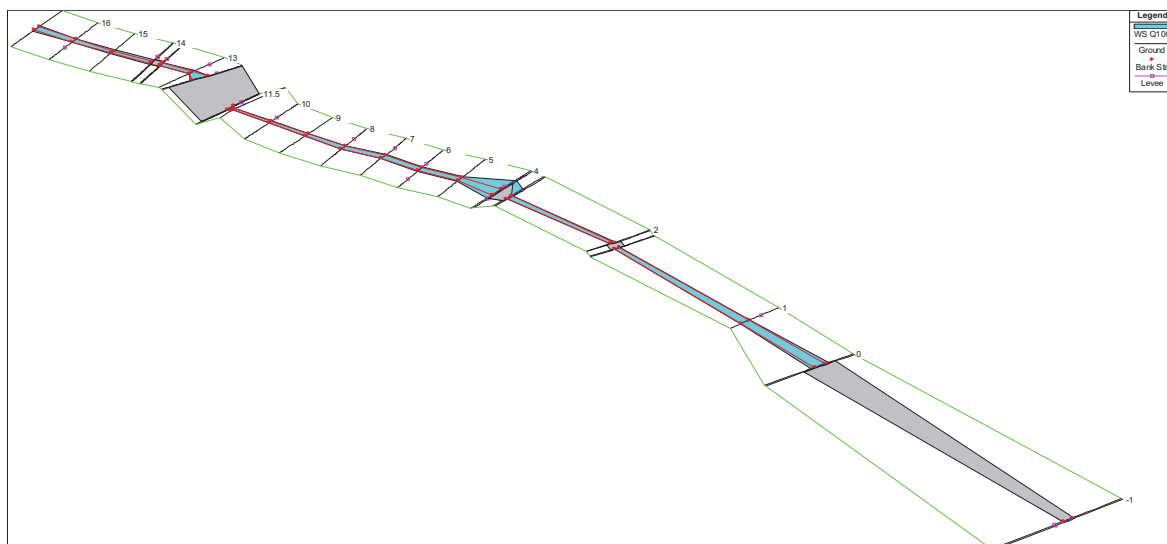
Una vez modelizado el cauce y sus márgenes con la topografía actual, se obtienen los resultados que se recogen en el Apéndice 3 que se incluye al final de este documento. En este caso, a diferencia del caso de dominio público hidráulico, sí se han modelizado las obras de drenaje transversal existentes en la actualidad.

Tras la modelización hidráulica con la herramienta HEC-RAS se obtienen los resultados que se recogen en el Apéndice citado, resumidos en la siguiente tabla. En ella se recoge, para cada perfil transversal considerado ("*River Sta*") con el punto kilométrico ("*pk*"), los valores del caudal considerado ("*Q Total*"), la cota del lecho del cauce ("*Min Ch El*") y los resultados obtenidos, en particular, la cota que alcanza la lámina de agua ("*W.S. Elev*") y el calado máximo ("*Max Chl Dpth*").

River Sta	pk	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)
17	0.000	3.07	691.00	691.68	0.68
16	25.000	3.07	690.98	691.44	0.46
15	50.000	3.07	690.50	691.39	0.89
14	75.000	3.07	690.00	691.41	1.41
13.7		Culvert			
13.5		3.07	690.00	691.00	1.00
13	100.000	3.07	690.00	690.94	0.94
12	108.250	3.07	689.58	690.99	1.41
11.8		Culvert			
11.5		3.07	689.52	690.95	1.43
11	150.000	3.07	689.50	690.56	1.06
10	175.000	3.07	688.46	688.81	0.34
9	200.000	3.07	687.93	688.64	0.70
8	225.000	3.07	687.75	688.35	0.60
7	250.000	3.07	687.50	688.09	0.59
6	275.000	3.07	687.00	687.75	0.75
5	300.000	3.07	687.00	687.53	0.53
4	325.000	3.07	686.50	687.61	1.11
3.5		Culvert			
3	335.000	3.07	685.77	686.18	0.41
2	412.380	3.07	684.00	684.40	0.40
1.8		Bridge			
1.5		3.07	683.90	684.37	0.47
1	530.153	3.07	683.21	683.74	0.53
0	595.000	3.07	682.36	683.77	1.41
-0.5		Culvert			
-1		3.07	680.21	680.51	0.30



Asimismo, seguidamente se adjunta una vista tridimensional del arroyo en el tramo modelizado donde se observan las zonas de inundación con el flujo hidráulico correspondiente al caudal de la avenida de 100 años de periodo de retorno.



Vista tridimensional del arroyo para el flujo de la avenida extraordinaria de 100 años

En el citado Apéndice nº 3 de este documento se incluyen los resultados obtenidos tras la modelización hidráulica con HEC-RAS con las variables principales que caracterizan el flujo y con los perfiles transversales modelizados.

#### 14.2. estudio de la Zona de flujo preferente

Para delimitar la Zona de Flujo Preferente (ZFP) se tiene en consideración la definición que se hace de esta zona en la normativa de aguas. En la legislación se menciona que se trata de una franja entorno al cauce que se define como la zona cuyo límite exterior se conforma mediante la envolvente de:

- La Vía de Intenso Desagüe (VID). Es la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas. Se define como la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,30 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente.
- La Zona de Daños (ZD). Es la zona donde, para la citada avenida de 100 años de periodo de retorno, se pueden producir graves daños sobre las personas y los bienes. En la normativa se indica que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:
  - a) que el calado sea superior a 1 m.
  - b) que la velocidad sea superior a 1 m/s.
  - c) que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

Con la definición incluida en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico señalada, el concepto de Zona de Flujo Preferente se puede representar con el siguiente esquema:



De esta forma, para delimitar la Zona de Flujo Preferente se debe tener en consideración tanto la Vía de Intenso Desagüe como la zona donde se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes.

Habida cuenta de que, a la vista de la información disponible en el SNCZI, no existe una delimitación realizada por la Administración Hidráulica, se ha realizado la modelización hidráulica con objeto de obtener una aproximación a la zona de flujo preferente. Para ello, se ha modelizado de igual forma con la herramienta HEC-RAS, tomando los resultados que se resumen en el Apéndice 3. De dicha modelización, en las tablas que se adjuntan en los apartados siguientes, se recogen los resultados obtenidos para el tramo estudiado.

#### A) Vía de Intenso Desagüe

Como se ha mencionado, la Vía de Intenso Desagüe se define como la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente.

Teniendo en consideración la definición anterior, el estudio de la Vía de Intenso Desagüe (VID) se centra en un análisis hidráulico del arroyo de Las Viñas viendo la franja por la que discurriría la citada avenida de 100 años de manera que la sobreelevación de la lámina de agua no supere los 30 cm respecto a la situación actual con esa misma avenida.

Se puede obtener una delimitación de la citada Vía de Intenso Desagüe mediante la modelización hidráulica con HEC-RAS, puesto que incluye la extensión “*Encroachments*” que, además de permitir definir tramos de encauzamiento, se puede utilizar para realizar una aproximación a la referida zona VID.

Para el análisis de esta zona se realiza una simulación con las condiciones actuales del arroyo, pero definiendo dos “*profile*” en la ventana “*Steady Flow Data*” del HEC-RAS (los dos con el caudal de la avenida de 100 años de periodo de retorno); después, se selecciona la opción “*Encroachments*” dentro del apartado “*Run/Steady Flow Analysis*”.

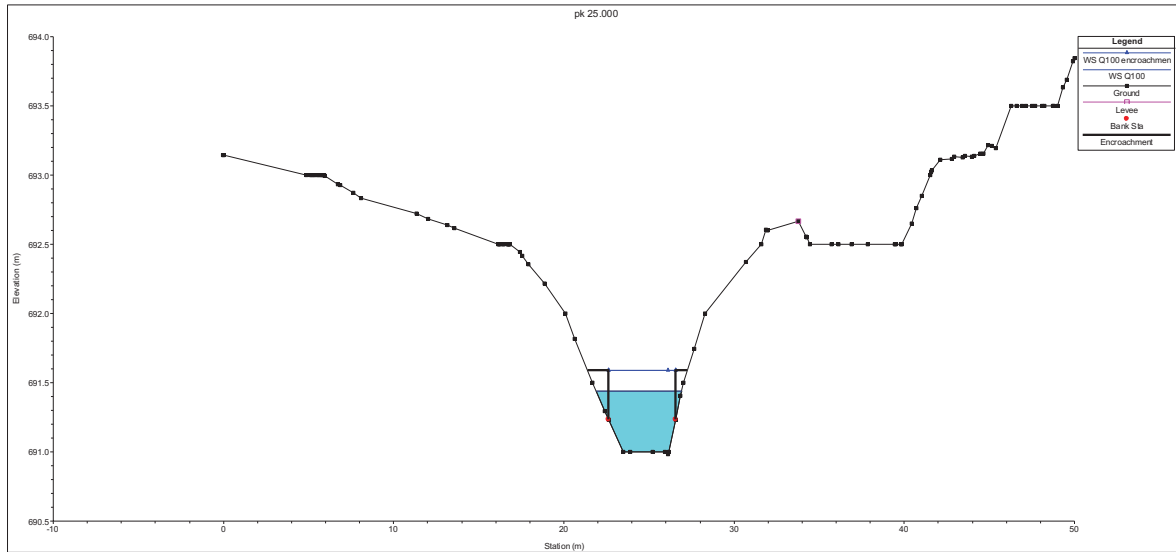
La herramienta de cálculo HEC-RAS permite el análisis con cinco metodologías:

- Método 1.- Límites fijos. Se realiza la modelización mediante los puntos de la sección transversal donde se quiere definir el encauzamiento para el lado izquierdo "*Left Station*" y para el lado derecho "*Right Station*".
- Método 2.- Ancho fijo. Se modeliza una anchura máxima de la parte superior de la lámina de agua fijada para definir el encauzamiento "*Fixed Top Width (m)*".
- Método 3.- Reducción del transporte. La modelización se hace fijando la limitación máxima del transporte que se adopta para definir el encauzamiento "*Target K Reduction*".
- Método 4.- Aumento de lámina fijo con igual transporte. Se establece el cambio máximo de la altura de la lámina de agua que se permite para definir el encauzamiento "*Target WS change*".
- Método 5.- Aumento de la lámina fijo y máximo aumento de energía. La modelización se realiza definiendo tanto el cambio máximo de la altura de la lámina de agua que se permite para definir el encauzamiento "*Target WS change*" como el de la energía "*Target EG change (m)*".

Para definir la VID se utiliza el Método 4 de los antes señalados, pues es el que se adapta a la definición de que se corresponde con la zona por la que pasa el caudal de la avenida de 100 años sin producir una sobreelevación mayor de 0,30 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produce con esa misma avenida para toda la llanura de inundación.

Para el cálculo con este método se deben definir las distancias máximas en metros que se permite separar de los bordes del cauce a la izquierda "*Left bank offset*" y a la derecha "*Right bank offset*". Asimismo, aunque el modelo HEC-RAS permite realizar el cálculo de manera que la reducción de caudal sea diferente a ambos lados del cauce principal, para el cálculo se selecciona la opción "*Equal Conveyance Reduction*" a fin de buscar una solución que disminuya el transporte de igual forma por los dos lados.

Para la delimitación se han realizado varias simulaciones observando, en primer lugar, que en la mayor parte del tramo la zona quedaría integrada dentro de la franja delimitada por los límites definidos inicialmente como "*Left bank*" y "*Right bank*". Ante esta situación, se ha adoptado una modelización más detallada donde la separación de los bordes del cauce a la izquierda "*Left bank offset*" y a la derecha "*Right bank offset*" se han definido a partir de la franja ocupada por el agua en la máxima crecida ordinaria y definiendo una separación de ambos puntos de 0,00 m, tal y como se observa en la siguiente imagen.



No obstante, en el Apéndice 3 se incluyen los perfiles transversales obtenidos tras la modelización en los que se observa la Vía de Intenso Desagüe deducida y la sobreelevación generada en cada sección en relación con la lámina de agua considerando toda la llanura de inundación.

Con la modelización realizada y los resultados incluidos en dicho Apéndice 3 del documento, se ha generado la tabla siguiente en la que se reflejan, para cada sección transversal (“River Sta”), la cota de la lámina de agua (“W.S. Elev”) en las dos situaciones analizadas (considerando toda la llanura de inundación en la situación actual y teniendo en cuenta el estrechamiento), la diferencia de cota entre ellas y los puntos del terreno que definen el “Encroachment” teórico (“Enc Sta L” y “Enc Sta R”), por la izquierda y la derecha respectivamente.

			W.S. Elev (m)				
River Sta	pk	Q Total	Q100	Encroachment	Incremento	Enc Sta L	Enc Sta R
17	0.000	3.07	691.68	691.72	0.04	22.53	27.24
16	25.000	3.07	691.44	691.59	0.15	22.63	26.56
15	50.000	3.07	691.39	691.49	0.10	23.45	25.89
14	75.000	3.07	691.41	691.50	0.09	23.55	26.70
13.7		Culvert					
13.5		3.07	691.00	691.08	0.08	23.61	26.65
13	100.000	3.07	690.94	690.98	0.04	23.96	26.74
12	108.250	3.07	690.99	691.05	0.06	20.34	30.58
11.8		Culvert					
11.5		3.07	690.95	691.01	0.06	20.33	25.61
11	150.000	3.07	690.56	690.54	-0.02	37.15	38.37
10	175.000	3.07	688.81	688.82	0.01	24.68	26.81
9	200.000	3.07	688.64	688.67	0.03	22.88	25.59
8	225.000	3.07	688.35	688.40	0.05	23.44	27.37
7	250.000	3.07	688.09	688.09	0.00	22.97	26.93
6	275.000	3.07	687.75	687.78	0.03	23.21	27.46



5	300.000	3.07	687.53	687.59	0.06	24.52	28.87
4	325.000	3.07	687.61	687.67	0.06	22.15	30.88
3.5	Culvert						
3	335.000	3.07	686.18	686.18	0.00	23.29	27.28
2	412.380	3.07	684.40	684.41	0.01	23.97	26.71
1.8	Bridge						
1.5		3.07	684.38	684.37	-0.01		
1	530.153	3.07	683.74	683.74	0.00	22.00	27.77
0	595.000	3.07	683.77	683.77	0.00		
-0.5	Culvert						
-1		3.07	680.51	680.51	0.00		
					0.15		

Como se observa en la tabla anterior, en todas las secciones se cumple que la sobreelevación máxima no supera los 30 cm.

### B) Zona de producción de daños

Considerando la definición dada por la normativa para la zona en la que se pueden producir daños, con los tres criterios antes mencionados, el análisis se hace para cada uno de ellos y adoptando, finalmente, como franja de peligrosidad la envolvente de las zonas que cumplen alguno de ellos.

#### • Que el calado sea superior a 1 m

Mediante HEC-RAS, entre otros parámetros, se determina el calado alcanzado por el agua en cada perfil del arroyo.

Tras la modelización, se observa que el calado con el caudal de la avenida de 100 años de periodo de retorno es superior a 1 m en las secciones transversales ("River Sta") que se reflejan en la tabla siguiente. En ella, también se incluyen la cota mínima del cauce ("Min Ch El"), la cota de la lámina de agua ("W.S. Elev"), el calado máximo ("Max Chl Dpth") y los puntos del terreno ("Sta Left" y "Sta Rgt"), por la izquierda y la derecha respectivamente, en los que se verifica dicha condición.

River Sta	Pk	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Sta Left (m)	Sta Rgt (m)
17	0.000	3.07	691.00	691.68	0.68		
16	25.000	3.07	690.98	691.44	0.46		
15	50.000	3.07	690.50	691.39	0.89		
14	75.000	3.07	690.00	691.41	<b>1.41</b>	23.91	26.39
13.7	Culvert						
13.5		3.07	690.00	691.00	<b>1.00</b>	24.10	25.84
13	100.000	3.07	690.00	690.94	0.94		
12	108.250	3.07	689.58	690.99	<b>1.41</b>	20.62	30.30
11.8	Culvert						
11.5		3.07	689.52	690.95	<b>1.43</b>	20.62	25.44
11	150.000	3.07	689.50	690.56	<b>1.06</b>	37.43	37.99

10	175.000	3.07	688.46	688.81	0.34		
9	200.000	3.07	687.93	688.64	0.70		
8	225.000	3.07	687.75	688.35	0.60		
7	250.000	3.07	687.50	688.09	0.59		
6	275.000	3.07	687.00	687.75	0.75		
5	300.000	3.07	687.00	687.53	0.53		
4	325.000	3.07	686.50	687.61	<b>1.11</b>	22.98	27.81
3.5		Culvert					
3	335.000	3.07	685.77	686.18	0.41		
2	412.380	3.07	684.00	684.40	0.40		
1.8		Bridge					
1.5		3.07	683.90	684.38	0.48		
1	530.153	3.07	683.21	683.74	0.53		
0	595.000	3.07	682.36	683.77	1.41	21.19	27.39
-0.5		Culvert					
-1		3.07	680.21	680.51	0.30		

• **Que la velocidad sea superior a 1 m/s**

De igual manera, el modelo HEC-RAS determina para cada perfil transversal del arroyo la velocidad del agua, diferenciando entre el cauce principal (“*Channel*”) y las llanuras de inundación izquierda (“*Left OB*”) y derecha (“*Right OB*”).

De igual manera, se observa que la velocidad de flujo con la avenida es superior a 1 m/s en las secciones transversales (“*River Sta*”) que se han resaltado en la tabla siguiente. En ella, se incluyen la velocidad en el “canal principal” (“*Vel Chnl*”), las velocidades tanto en la margen izquierda (“*Vel Left*”) como en la derecha (“*Vel Right*”) y los puntos del terreno (“*Sta Left*” y “*Sta Rgt*”), por ambas márgenes, en los que se verifica dicha condición.

River Sta	pk	Vel Total (m/s)	Vel Left (m/s)	Vel Chnl (m/s)	Vel Right (m/s)	Sta Lft (m)	Sta Rgt (m)
17	0.000	1.04	0.30	<b>1.11</b>	0.27	22.53	27.24
16	25.000	1.81	0.57	<b>1.90</b>	0.53	22.63	26.56
15	50.000	1.18	0.50	<b>1.38</b>	0.43	23.45	25.89
14	75.000	0.60	0.25	0.71	0.25		
13.7							
13.5		1.06	0.34	<b>1.15</b>	0.33	23.61	26.65
13	100.000	1.14	0.50	<b>1.34</b>	0.47	23.96	26.74
12	108.250	0.22	0.05	0.22	0.05		
11.8							
11.5		0.42	0.10	0.43	0.08		
11	150.000	2.47	0.64	<b>2.73</b>	0.93	37.15	38.37
10	175.000	4.73	<b>1.41</b>	<b>4.97</b>	<b>1.35</b>	24.31	27.07
9	200.000	2.21	0.67	<b>2.37</b>	0.69	22.88	25.59
8	225.000	1.64	0.46	<b>1.71</b>	0.41	23.44	27.37
7	250.000	1.73	0.70	<b>1.86</b>	0.51	22.97	26.93

6	275.000	1.25	0.34	<b>1.31</b>	0.34	23.21	27.46
5	300.000	1.62	0.58	<b>1.79</b>	0.55	24.52	28.87
4	325.000	0.29	0.07	0.36	0.12		
3.5							
3	335.000	1.89	0.26	<b>1.93</b>	0.57	23.29	27.28
2	412.380	2.94	0.80	<b>3.02</b>	0.72	23.97	26.71
1.8							
1.5		2.36	0.36	<b>2.38</b>	0.33	23.69	26.88
1	530.153	1.06	0.37	<b>1.11</b>	0.39	22.00	27.77
0	595.000	0.29	0.08	0.32	0.08		
-0.5							
-1		1.71	0.38	<b>1.72</b>	0.22	20.30	26.23

• **Que el producto del calado por la velocidad sea superior a 0,50 m<sup>2</sup>/s**

El tercer criterio para delimitar la zona en la que se pueden producir daños es que, durante la avenida de 100 años de periodo de retorno, se dé que el producto de ambas variables sea superior a 0,50 m<sup>2</sup>/s.

Al igual que en el caso anterior, en el que se analizaban los valores de velocidad del flujo hidráulico, seguidamente se incluyen los valores de calados y velocidades en cada una de las secciones transversales y el producto de ambas variables, tanto en la zona del cauce ("Channel") como en las llanuras de inundación izquierda y derecha ("Left OB" y "Right OB"). También se reflejan los puntos del terreno ("Sta Left" y "Sta Rgt"), por ambas márgenes, en los que se verifica dicha condición.

River Sta	pk	Hydr Depth (m)			Vel (m/s)			Producto (m <sup>2</sup> /s)			Left	Right
		Left	Chn	Right	Left	Chnl	Right	Left	Chnl	Right		
17	0.000	0.13	0.57	0.10	0.30	1.11	0.27	0.04	<b>0.63</b>	0.03	22.53	27.24
16	25.000	0.10	0.40	0.10	0.57	1.90	0.53	0.06	<b>0.76</b>	0.05	22.63	26.56
15	50.000	0.28	0.83	0.24	0.50	1.38	0.43	0.14	<b>1.15</b>	0.10	23.45	25.89
14	75.000	0.36	1.25	0.38	0.25	0.71	0.25	0.09	<b>0.89</b>	0.10	23.55	26.70
13.7												
13.5		0.20	0.85	0.20	0.34	1.15	0.33	0.07	<b>0.98</b>	0.07	23.61	26.65
13	100.000	0.25	0.74	0.26	0.50	1.34	0.47	0.13	<b>0.99</b>	0.12	23.96	26.74
12	108.250	0.32	1.35	0.32	0.05	0.22	0.05	0.02	0.30	0.02		
11.8												
11.5		0.31	1.35	0.32	0.10	0.43	0.08	0.03	<b>0.58</b>	0.03	20.33	25.61
11	150.000	0.24	0.88	0.23	0.64	2.73	0.93	0.15	<b>2.40</b>	0.21	37.15	38.37
10	175.000	0.07	0.28	0.07	1.41	4.97	1.35	0.10	<b>1.39</b>	0.09	24.68	26.81
9	200.000	0.11	0.46	0.11	0.67	2.37	0.69	0.07	<b>1.09</b>	0.08	22.88	25.59
8	225.000	0.10	0.45	0.10	0.46	1.71	0.41	0.05	<b>0.77</b>	0.04	23.44	27.37
7	250.000	0.14	0.40	0.10	0.70	1.86	0.51	0.10	<b>0.74</b>	0.05	22.97	26.93
6	275.000	0.11	0.54	0.11	0.34	1.31	0.34	0.04	<b>0.71</b>	0.04	23.21	27.46
5	300.000	0.11	0.38	0.10	0.58	1.79	0.55	0.06	<b>0.68</b>	0.06	24.52	28.87
4	325.000	0.13	0.89	0.27	0.07	0.36	0.12	0.01	0.32	0.03		

3.5												
3	335.000	0.10	0.39	0.10	0.26	1.93	0.57	0.03	<b>0.75</b>	0.06	23.29	27.28
2	412.380	0.08	0.37	0.08	0.80	3.02	0.72	0.06	<b>1.12</b>	0.06	23.97	26.71
1.8												
1.5		0.04	0.40	0.04	0.36	2.38	0.33	0.01	<b>0.95</b>	0.01	23.69	26.88
1	530.153	0.16	0.47	0.16	0.37	1.11	0.39	0.06	<b>0.52</b>	0.06	22.00	27.77
0	595.000	0.24	1.28	0.24	0.08	0.32	0.08	0.02	0.41	0.02		
-0.5												
-1		0.08	0.30	0.09	0.38	1.72	0.22	0.03	<b>0.52</b>	0.02	20.30	26.23

En la tabla anterior, se observa que esta condición únicamente se satisface en la zona del cauce principal (“*Channel*”) pero no en las márgenes.

- **Envolvente de la zona de daños**

Una vez delimitadas las franjas en las que se cumple alguno de los criterios referidos, se delimita la zona de peligrosidad como la envolvente de las zonas que cumplen alguno de ellos, quedando recogidos en la siguiente tabla los puntos del terreno que la definen.

River Sta	pk	Calado>1 m		Velocidad>1 m/s		Producto>0,50 m <sup>2</sup> /s		Envolvente	
		Sta Lft (m)	Sta Rgt (m)	Sta Lft (m)	Sta Rgt (m)	Sta Lft (m)	Sta Rgt (m)	Sta Lft (m)	Sta Rgt (m)
17	0.000			22.53	27.24	22.53	27.24	22.53	27.24
16	25.000			22.63	26.56	22.63	26.56	22.63	26.56
15	50.000			23.45	25.89	23.45	25.89	23.45	25.89
14	75.000	23.91	26.39			23.55	26.70	23.55	26.70
13.7									
13.5		24.10	25.84	23.61	26.65	23.61	26.65	23.61	26.65
13	100.000			23.96	26.74	23.96	26.74	23.96	26.74
12	108.250	20.62	30.30					20.62	30.30
11.8									
11.5		20.62	25.44			20.33	25.61	20.33	25.61
11	150.000	37.43	37.99	37.15	38.37	37.15	38.37	37.15	38.37
10	175.000			24.31	27.07	24.68	26.81	24.31	27.07
9	200.000			22.88	25.59	22.88	25.59	22.88	25.59
8	225.000			23.44	27.37	23.44	27.37	23.44	27.37
7	250.000			22.97	26.93	22.97	26.93	22.97	26.93
6	275.000			23.21	27.46	23.21	27.46	23.21	27.46
5	300.000			24.52	28.87	24.52	28.87	24.52	28.87
4	325.000	22.98	27.81					22.98	27.81
3.5									
3	335.000			23.29	27.28	23.29	27.28	23.29	27.28
2	412.380			23.97	26.71	23.97	26.71	23.97	26.71
1.8									
1.5				23.69	26.88	23.69	26.88	23.69	26.88
1	530.153			22.00	27.77	22.00	27.77	22.00	27.77



0	595.000	21.19	27.39			21.19	27.39
-0.5							
-1				20.30	26.23	20.30	26.23

### C) Delimitación de la Zona de Flujo Preferente

Como se ha mencionado, la normativa define la Zona de Flujo Preferente señalando que es la franja que se conforma por la unión de la zona donde se concentra preferentemente el flujo en la avenida o Vía de Intenso Desagüe (VID) y de la zona donde se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes (ZD). En definitiva, el límite exterior de la Zona de Flujo Preferente queda delimitado mediante la envolvente de ambas zonas.

Una vez realizada la delimitación de ambas franjas, VID y ZD, se puede deducir la envolvente de ambas, delimitando de esa forma la Zona de Flujo Preferente.

En la siguiente tabla, se resumen los puntos que la definen.

		Zona de Flujo Preferente	
River Sta	pk	Sta Lft (m)	Sta Rgt (m)
17	0.000	22.53	27.24
16	25.000	22.63	26.56
15	50.000	23.45	25.89
14	75.000	23.55	26.70
13.7			
13.5		23.61	26.65
13	100.000	23.96	26.74
12	108.250	20.34	30.58
11.8			
11.5		20.33	25.61
11	150.000	37.15	38.37
10	175.000	24.31	27.07
9	200.000	22.88	25.59
8	225.000	23.44	27.37
7	250.000	22.97	26.93
6	275.000	23.21	27.46
5	300.000	24.52	28.87
4	325.000	22.15	30.88
3.5			
3	335.000	23.29	27.28
2	412.380	23.97	26.71
1.8			
1.5		23.69	26.88
1	530.153	22.00	27.77
0	595.000	21.19	27.39
-0.5			

-1	20.30	26.23
----	-------	-------

A la vista de los resultados obtenidos se ha delimitado sobre plano la Zona de Flujo Preferente. Tras la delimitación realizada se observa que las actuaciones previstas en el Plan Parcial se localizan fuera de la ciudad franja.

## **15. ZONA INUNDABLE EN ESTADO PREOPERACIONAL**

Como se ha referido con anterioridad, la Confederación Hidrográfica del Tajo condiciona el desarrollo de nuevas urbanizaciones en zona de policía de cauces a que previamente a su autorización se debe *“analizar la incidencia de las avenidas extraordinarias previsibles para período de retorno de hasta 500 años que se puedan producir en los cauces, al objeto de determinar si la zona de actuación es o no inundable por las mismas. En tal sentido se deberá aportar previamente en este Organismo el estudio hidrológico y los cálculos hidráulicos correspondientes para analizar los aspectos mencionados, junto con los planos a escala adecuada donde se delimiten las citadas zonas”*.

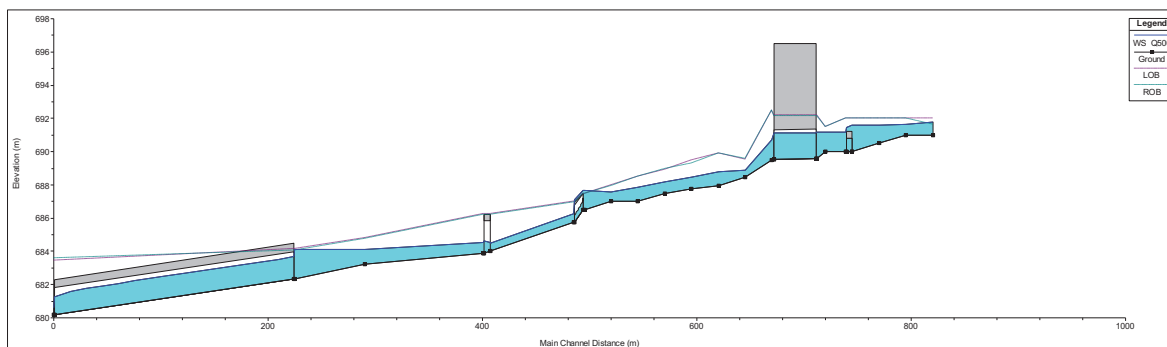
Asimismo, la legislación de aguas señala que *“se considera zona inundable los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de 500 años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas en los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos”*.

En consecuencia, el estudio contemplado en este epígrafe se realiza para la avenida extraordinaria de 500 años de período de retorno que, como se ha deducido en el estudio hidrológico, se corresponde con un caudal de  $Q_{500} = 4,29 \text{ m}^3/\text{s}$ , para la situación actual.

A partir de dicho caudal, para analizar y representar la zona inundable, se procede de una manera similar a como se ha hecho en el caso del dominio público hidráulico, mediante la herramienta HEC-RAS.

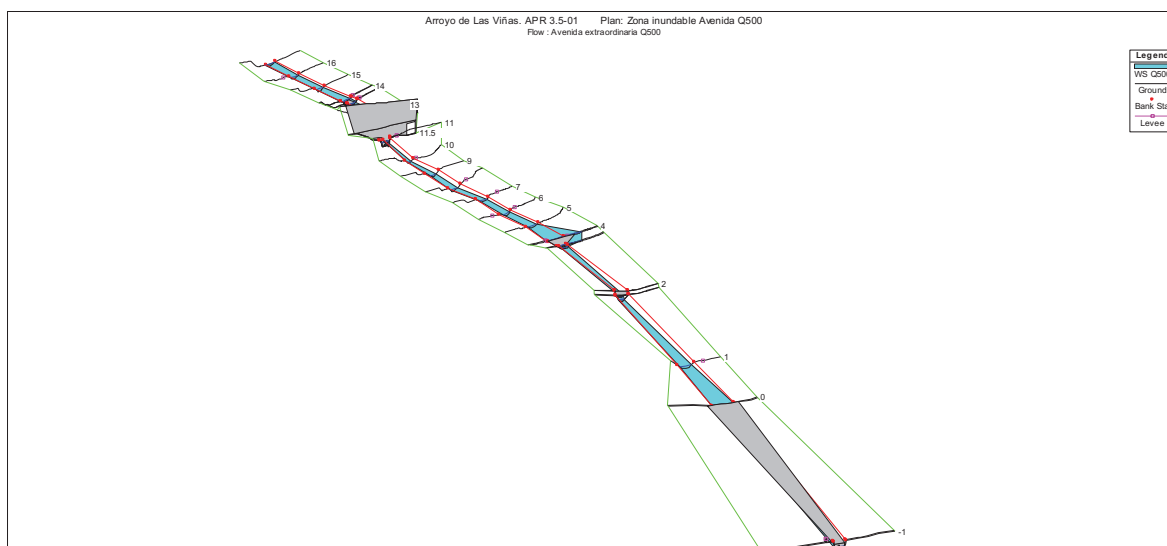
De esta manera, tras la modelización hidráulica, se obtienen las cotas alcanzadas por la avenida de forma que se pueden conocer los puntos del terreno en los que la lámina intersecta en cada perfil y, por tanto, representarlos en planta conformando el límite de la zona inundada.

Seguidamente se adjunta el perfil longitudinal del cauce en el que queda también reflejado el flujo hidráulico correspondiente al caudal de la avenida extraordinaria de 500 años de periodo de retorno.



Perfil longitudinal del arroyo para la avenida extraordinaria de 500 años

Igualmente, se adjunta a continuación una vista tridimensional del arroyo en el tramo modelizado donde se observan las zonas de inundación por dicha avenida.



Vista tridimensional del arroyo para el flujo de la avenida extraordinaria de 500 años

En el Apéndice 4 de este documento se incluyen los resultados obtenidos tras la modelización hidráulica con HEC-RAS, en concreto las variables principales que caracterizan el flujo en todo el tramo modelizado. De igual manera se incluyen los perfiles transversales.

De dicha información se obtiene la tabla que se incluye seguidamente en la que, para cada perfil transversal modelizado se resumen el caudal de avenida (" $Q_{Total}$ "), la cota del lecho del cauce (" $Min\ Ch\ El$ ") y los resultados obtenidos referidos a la lámina de agua, su cota (" $W.S.\ Elev$ ") y el calado máximo (" $Max\ Chl\ Dpth$ ").

River Sta	pk	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)
17	0.000	4.29	691.00	691.80	0.80
16	25.000	4.29	690.98	691.65	0.66
15	50.000	4.29	690.50	691.58	1.08
14	75.000	4.29	690.00	691.59	1.59
13.7	Culvert				

13.5		4.29	690.00	691.19	1.19
13	100.000	4.29	690.00	691.15	1.15
12	108.250	4.29	689.58	691.19	1.61
11.8		Culvert			
11.5		4.29	689.52	691.12	1.60
11	150.000	4.29	689.50	690.73	1.23
10	175.000	4.29	688.46	688.89	0.42
9	200.000	4.29	687.93	688.78	0.85
8	225.000	4.29	687.75	688.47	0.72
7	250.000	4.29	687.50	688.17	0.67
6	275.000	4.29	687.00	687.86	0.86
5	300.000	4.29	687.00	687.60	0.60
4	325.000	4.29	686.50	687.68	1.18
3.5		Culvert			
3	335.000	4.29	685.77	686.27	0.50
2	412.380	4.29	684.00	684.51	0.51
1.8		Bridge			
1.5		4.29	683.90	684.55	0.65
1	530.153	4.29	683.21	684.11	0.90
0	595.000	4.29	682.36	684.12	1.76
-0.5		Culvert			
-1		4.29	680.21	680.59	0.38

Analizando los resultados de la modelización cabe resaltar algunas conclusiones en relación con el comportamiento del flujo hidráulico en avenidas extraordinarias, entre las que cabe mencionar las siguientes:

- Para los caudales asociados a las avenidas de elevados periodos de retorno, se pueden producir desbordamientos por ambas márgenes. El comportamiento del arroyo ante el flujo hidráulico extraordinario es el habitual en los cauces por cuanto, ante un evento de grandes lluvias, se generan algunos desbordamientos por las márgenes y velocidades elevadas de las aguas que podrían ser causa de erosiones puntuales.

Desde un aspecto morfodinámico, los ríos están formados por lo que se conoce comúnmente como cauce, que representa, desde el punto de vista de la ingeniería fluvial, el cauce de aguas bajas y es por donde el río fluye en condiciones normales. Sin embargo, en ocasiones de lluvia intensa, este cauce no tiene capacidad suficiente para todo el caudal y se desborda, pasando el agua a fluir por la llanura de inundación, también conocido como "cauce de aguas altas". Este cauce es el encargado de contener el río en épocas de lluvias extraordinarias y caudales anormales y generalmente está asociado a las llanuras fértiles aledañas de los ríos. Es por ello que se encuentra dentro del comportamiento natural de un río sufrir desbordamientos más o menos periódicos, y sus cauces están preparados para ello.

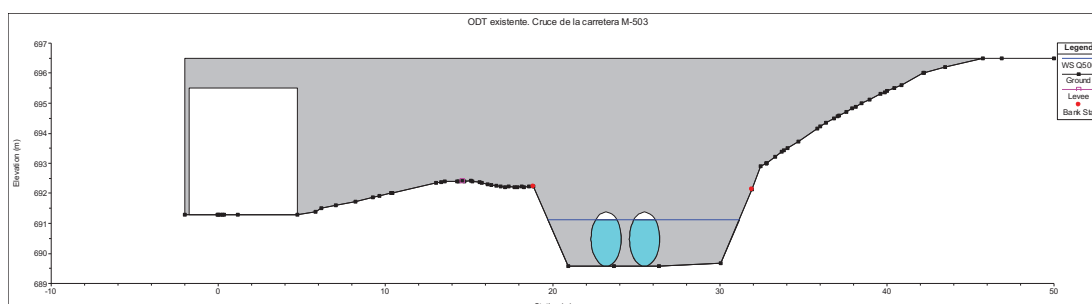


- En concreto, en el tramo estudiado del arroyo de Las Viñas se observan desbordamientos en algunas zonas afectando en una parte del camino de las Higueras.
- En este contexto, las obras de drenaje transversal (ODT) actualmente existentes condicionan la caracterización del flujo hidráulico.

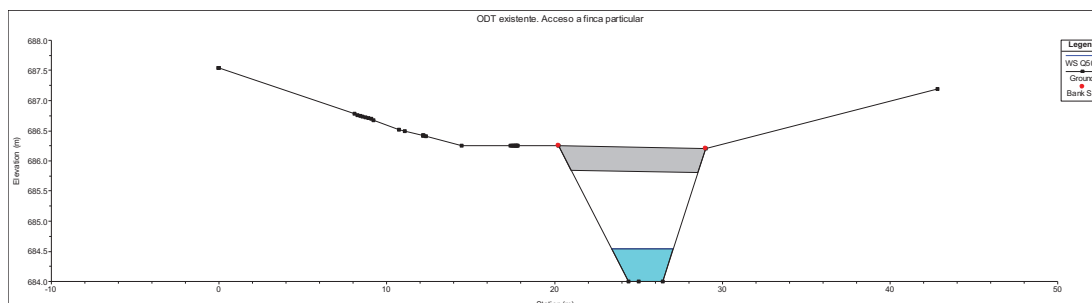
De las ODT existentes en el tramo, tanto el cruzamiento de un camino aguas arriba de la carretera M-503 como el cruce de esta vía se localizan aguas arriba del ámbito del APR 3.5-01. La obra de drenaje transversal del acceso particular y el encauzamiento del arroyo bajo la calle Mercedes de la Cardiniere, en la zona de su cruce con la calle Concejal Manuel Allende, se sitúan aguas abajo del ámbito. Únicamente el cruce del paso peatonal se sitúa junto al sector, en su límite norte.

Tal y como se observa en el perfil longitudinal antes recogido, las obras principales tienen capacidad de desagüe suficiente para evacuar las avenidas extraordinarias, aunque con velocidades de flujo importantes. Únicamente el paso existente aguas arriba de la M-503 (resuelto con dos tubos de 800 mm de diámetro) y el acceso peatonal (dos tubos de 1000 mm) se ven desbordados ante dichos caudales, funcionando como badenes sumergibles.

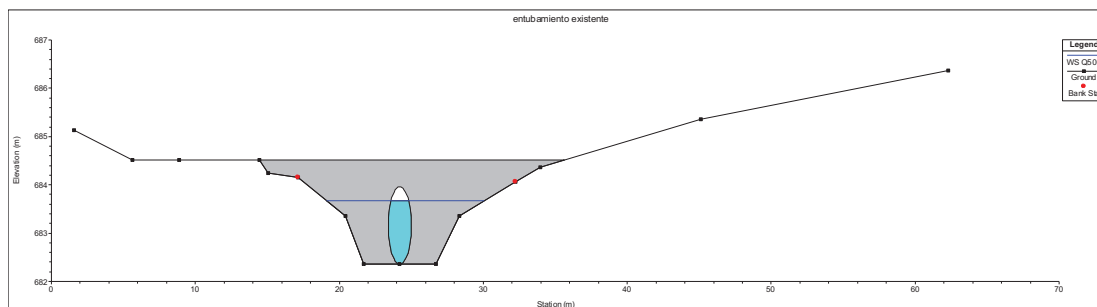
La obra de drenaje transversal de la carretera M-503 tiene capacidad de desagüe suficiente tal y como se observa en el perfil transversal que se adjunta seguidamente.



El drenaje transversal del acceso a una finca privada también es capaz de desaguar la citada avenida como se observa en el siguiente perfil transversal.



Asimismo, el encauzamiento del arroyo aguas abajo del APR 3.5-01 bajo una zona consolidada del núcleo urbano de Pozuelo tiene, también, capacidad de desagüe suficiente para dicha avenida como se observa a continuación.



Como se ha referido, en el Apéndice 4 se incluyen los resultados obtenidos tras la modelización hidráulica en los que se observan las conclusiones expuestas.

## 16. ORDENACIÓN PLANTEADA

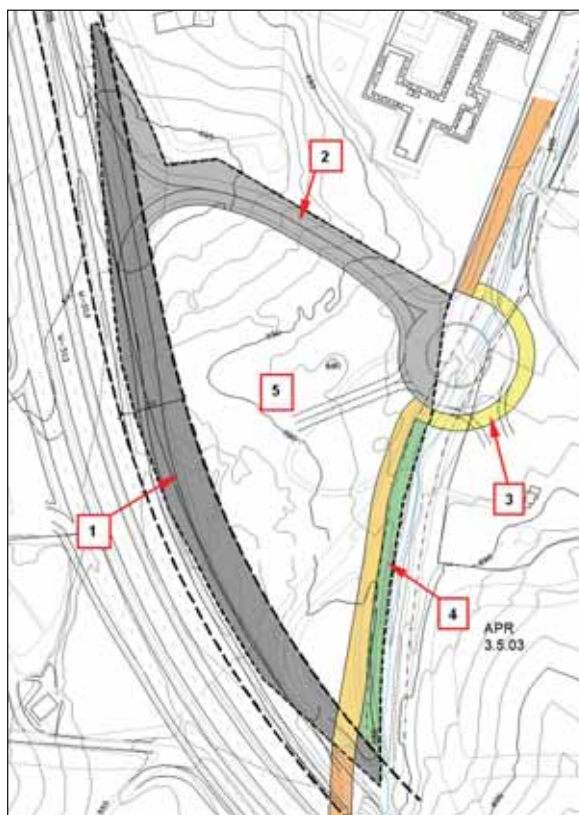
Además de los condicionantes tenidos en cuenta en la delimitación del ámbito, se deben considerar los debidos a la presencia del dominio público de la carretera M-503 y del arroyo de Las Viñas, con los que linda el ámbito tal y como se observa en la imagen siguiente:



Por su localización junto a dichos dominios, es preciso considerar:

- La zona de servidumbre del arroyo de Las Viñas (5 metros desde el límite del dominio público hidráulico), que se integrará en la zona verde que se calificará en esa zona.
- La zona de protección de la carretera M-503 en su futura configuración (25 metros desde el tronco de la carretera).
- La integración de la Colada del arroyo de Las Viñas en la ordenación, manteniendo la superficie inicial (integridad superficial) y su continuidad.

Básicamente, la zonificación del ámbito se resuelve con las acciones que se recogen en la imagen siguiente:



- 1 calificación del futuro dominio público y de la zona de protección de la carretera M-503 como Red Supramunicipal de Infraestructuras.
- 2 definición de un acceso desde la carretera, que finaliza en una glorieta, situada a caballo entre el APR 3.5-01 y el APR 3.5-03 "Viña del Niño", de titularidad municipal. Desde esta glorieta se podrá acceder, al casco urbano hacia el norte, a los desarrollos situados al sur de la M-503 y al suelo lucrativo, calificado como equipamiento y terciario, en el presente ámbito (5).
- 3 trazado de la Colada del arroyo de Las Viñas en paralelo a la zona verde.
- 4 zona verde incluyendo la zona de servidumbre del arroyo y desvío por el perímetro de la nueva glorieta, para recuperar la continuidad hacia el norte.

La bolsa de suelo resultante, donde localizar los usos lucrativos, se divide a su vez en tres zonas:



- 1 estación de servicio (Equipamiento, Servicios Urbanos). Se localiza junto a la carretera y con un acceso directo desde el nuevo viario propuesto. Se consigue de esta forma una gran visibilidad desde la M-503 y una buena funcionalidad respecto a la entrada y salida de la parcela.
- 2 equipamiento privado genérico. Se ubica en la zona más protegida respecto a la afección acústica de la carretera y con un acceso más directo desde el casco urbano.
- 3 terciario, situado en una zona igualmente con gran visibilidad desde la M-503 y con una superficie de parcela de suelo que permita una baja ocupación y, por tanto, disponer de mucho suelo para aparcamiento en superficie.

A la vista de la ordenación planteada, cuando se desarrolle el ámbito se realizarán obras en zona de policía del arroyo de Las Viñas.

La implantación de las redes de servicios necesarios para el ámbito requiere la ejecución de una red de evacuación de las aguas de lluvia (aguas pluviales). Como se ha referido anteriormente, dicha evacuación se realizará hacia el arroyo de Las Viñas lo que requerirá las obras de incorporación correspondientes.

Asimismo, el vial de acceso desde la carretera finalizará en una glorieta, situada a caballo entre el APR 3.5-01 y el APR 3.5-03 "Viña del Niño", desde la que se podrá



acceder al casco urbano, hacia el norte, a los desarrollos situados al sur de la M-503 y al suelo lucrativo de este ámbito APR 3.5-01. La glorieta mencionada requiere de la ejecución de una obra de drenaje transversal para asegurar la circulación de las aguas del arroyo de Las Viñas.

## **17. ZONA INUNDABLE EN ESTADO POSTOPERACIONAL**

Al igual que se ha hecho para la situación actual o preoperacional, se realiza el estudio hidráulico del arroyo en la situación futura o postoperacional, a fin de analizar el comportamiento del flujo una vez desarrollado el ámbito objeto de este documento y dimensionar, al nivel de planeamiento de que se trata, las actuaciones a realizar.

En epígrafes anteriores se ha delimitado la zona de dominio público hidráulico y sus zonas asociadas de servidumbre y policía. De igual forma se ha delimitado la zona de flujo preferente. Asimismo, se han deducido los caudales previsibles en el arroyo en la situación postoperacional, determinando como afecta el desarrollo del APR 3.5 01 en la hidrología del arroyo de Las Viñas.

Se realiza ahora, en este apartado, el estudio hidráulico del arroyo con las avenidas extraordinarias en la situación postoperacional. Para ello se consideran tanto los caudales previsibles en la situación futura como la topografía modificada en las secciones correspondientes.

Respecto a los caudales a considerar, tras la incorporación de los evacuados al arroyo desde la red de pluviales prevista, se consideran los siguientes valores.

<b>T (años)</b>	100	500
<b>Q (m³/s)</b>	3,293	4,523

En lo que respecta a la modelización geométrica del arroyo y sus márgenes, se tienen en cuenta los siguientes aspectos adoptados en la ordenación:

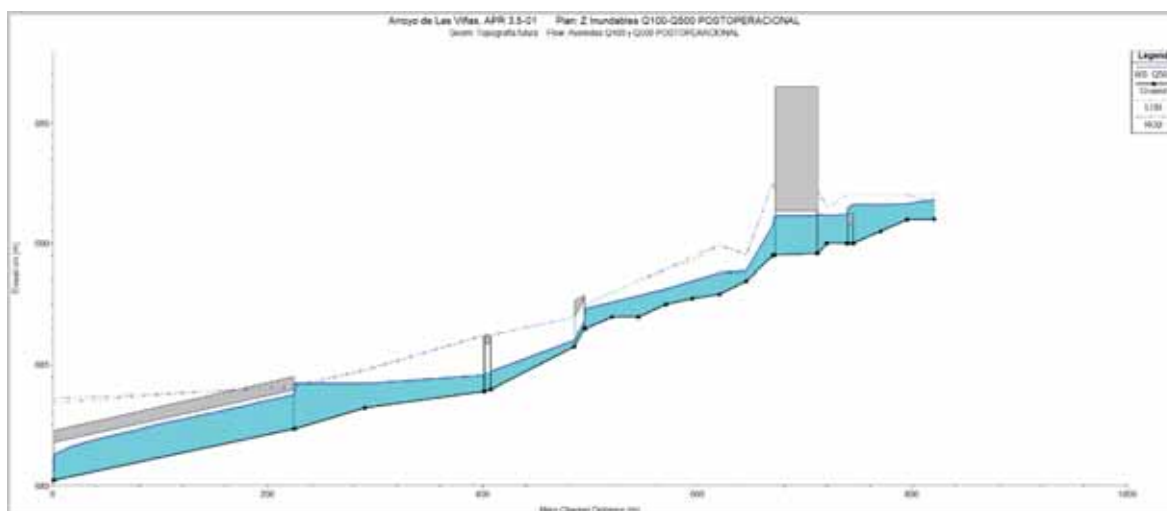
- Se reserva una franja para zona verde en la margen del arroyo en la que se incluye su zona de servidumbre.
- Se reserva una franja de terreno en paralelo a la zona verde y exterior a ella para el trazado de la Colada del arroyo de Las Viñas.
- Las actuaciones en la bolsa de suelo resultante, donde se localizan los usos lucrativos (estación de servicio, equipamiento privado y terciario), se sitúan fuera de la zona de flujo preferente y de la zona inundable. Con ello la modificación topográfica que pueda resultar de la ordenación de este suelo no afecta al flujo hidráulico del arroyo.
- Se plantea un vial de acceso desde la carretera que finalizará en una glorieta que requiere de la ejecución de una obra de drenaje transversal para asegurar la circulación de las aguas del arroyo de Las Viñas.

- Dicha glorieta se localiza sobre la zona en la que actualmente se localiza el cruzamiento del camino peatonal cuya obra de drenaje se conforma con dos tubos de 1000 mm de diámetro y que, como se ha visto en el estudio de la situación preoperacional, se ve desbordado en avenidas extraordinarias funcionando como badenes sumergibles. Por lo que con la ejecución de la glorieta se demolerá el actual paso.
- Para la nueva obra de drenaje transversal se considera como mejor solución disponer de un marco rectangular cuyas dimensiones respeten la sección natural del cauce y tengan en consideración las obras de drenaje actualmente existentes en el tramo de arroyo. Bajo esas consideraciones en el presente documento se predimensiona una obra de drenaje conformada por un marco rectangular de 4000x1250 mm de sección. Dicha obra mantiene la sección de la obra existente bajo la carretera M-503 aunque con unas mejores características hidráulicas.

Con esas consideraciones, la modelización en la situación postoperacional se realizará con los caudales previsibles en el estado futuro y teniendo en cuenta la nueva obra de drenaje transversal bajo la glorieta y la demolición del actual paso del camino.

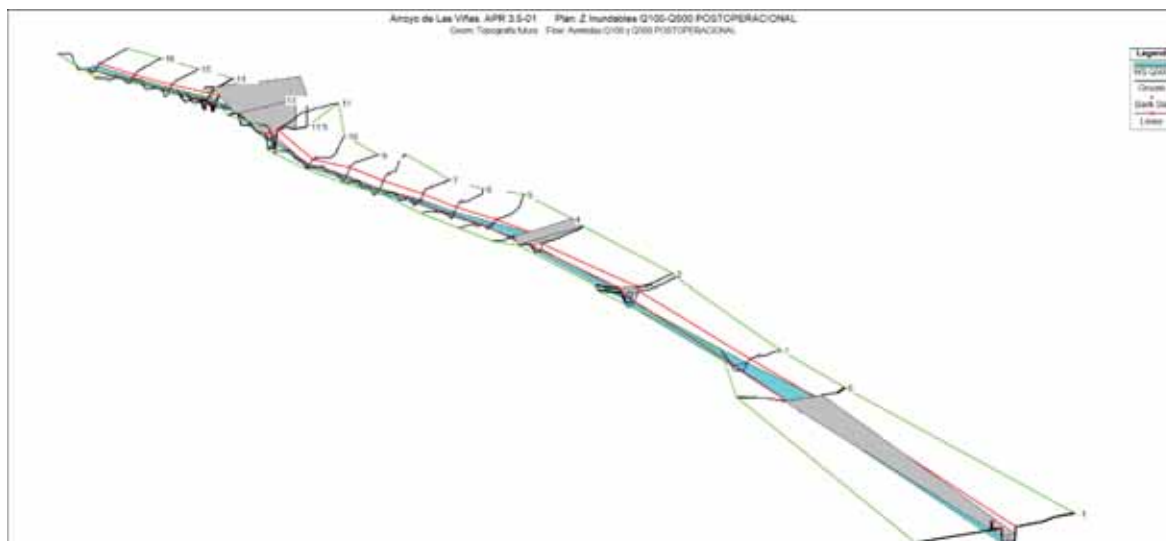
Al igual que en la situación actual o preoperacional, el estudio hidráulico se realiza con la herramienta HEC-RAS y, tras la modelización, se obtienen las cotas alcanzadas por la lámina en ambos supuestos que permiten analizar las diferencias respecto a la actual situación.

Seguidamente se adjunta el perfil longitudinal del cauce en el que queda también reflejado el flujo hidráulico correspondiente a los caudales de las avenidas de 100 y 500 años de periodo de retorno.



Perfil longitudinal del arroyo en situación postoperacional para el flujo de las avenidas extraordinarias

Igualmente, se adjunta a continuación una vista tridimensional del arroyo en el tramo modelizado donde se observan las zonas de inundación por la avenida extraordinaria de 500 años de periodo de retorno.



Vista tridimensional del arroyo en situación postoperacional para el flujo de la avenida de T=500 años

Asimismo, seguidamente se acompañan dos tablas correspondientes a las avenidas de 100 y 500 años de período de retorno, en las que se recogen las cotas que alcanza la lámina de agua y los calados en el tramo que linda con los sectores a urbanizar.

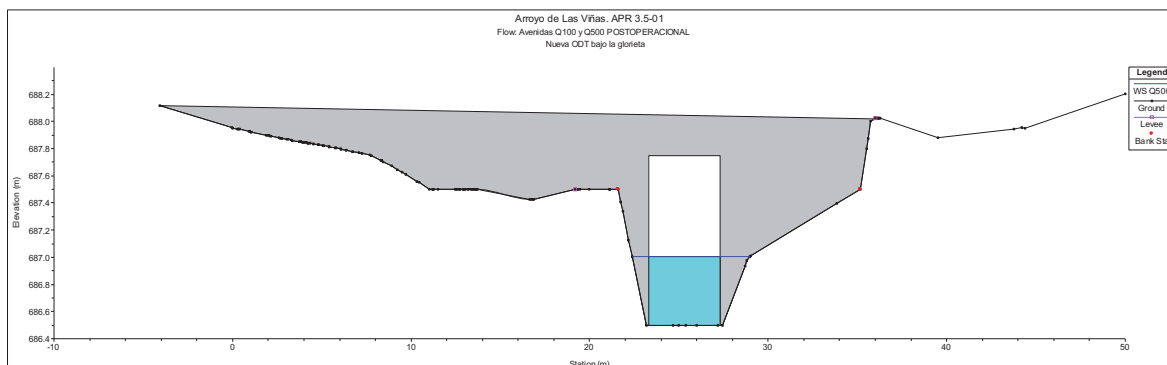
Avenida extraordinaria $Q_{100}$ en situación postoperacional					
River Sta	pk	Q Total ( $m^3/s$ )	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)
17	0.000	3.07	691.00	691.69	0.69
16	25.000	3.07	690.98	691.48	0.49
15	50.000	3.07	690.50	691.40	0.90
14	75.000	3.07	690.00	691.41	1.41
13.7		Culvert			
13.5	81.000	3.07	690.00	690.98	0.98
13	100.000	3.07	690.00	690.91	0.91
12	108.250	3.07	689.58	690.96	1.38
11.8		Culvert			
11.5	M-503	3.15	689.52	690.91	1.39
11	150.000	3.15	689.50	690.56	1.06
10	175.000	3.15	688.46	688.83	0.36
9	200.000	3.15	687.93	688.69	0.76
8	225.000	3.15	687.75	688.38	0.63
7	250.000	3.15	687.50	688.09	0.59
6	275.000	3.15	687.00	687.78	0.78
5	300.000	3.15	687.00	687.53	0.53
4	325.000	3.29	686.50	687.18	0.68
3.5		Culvert			
3	335.000	3.29	685.77	685.96	0.19
2	412.380	3.29	684.00	684.61	0.61
1.8		Bridge			
1.5	419.380	3.29	683.90	684.46	0.56

1	530.153	3.29	683.21	683.82	0.61
0		3.29	682.36	683.83	1.47
-0.5		Culvert			
-1		3.29	680.21	680.53	0.32

Avenida extraordinaria Q <sub>500</sub> en situación postoperacional					
River Sta	pk	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)
17.00	0.000	4.29	691.00	691.80	0.80
16.00	25.000	4.29	690.98	691.65	0.66
15.00	50.000	4.29	690.50	691.58	1.08
14.00	75.000	4.29	690.00	691.59	1.59
13.70		Culvert			
13.50	81.000	4.29	690.00	691.20	1.20
13.00	100.000	4.29	690.00	691.17	1.17
12.00	108.250	4.29	689.58	691.20	1.62
11.80		Culvert			
11.50	M-503	4.37	689.52	691.13	1.61
11.00	150.000	4.37	689.50	690.74	1.24
10.00	175.000	4.37	688.46	688.89	0.43
9.00	200.000	4.37	687.93	688.78	0.85
8.00	225.000	4.37	687.75	688.48	0.73
7.00	250.000	4.37	687.50	688.16	0.66
6.00	275.000	4.37	687.00	687.86	0.86
5.00	300.000	4.37	687.00	687.60	0.60
4.00	325.000	4.52	686.50	687.36	0.86
3.50		Culvert			
3.00	335.000	4.52	685.77	686.02	0.25
2.00	412.380	4.52	684.00	684.72	0.72
1.80		Bridge			
1.50	419.380	4.52	683.90	684.57	0.67
1.00	530.153	4.52	683.21	684.20	0.99
0.00		4.52	682.36	684.21	1.85
-0.50		Culvert			
-1.00		4.52	680.21	680.60	0.39

La información resumida en las tablas anteriores se recoge detalladamente en el Apéndice 5 de este Anexo, así como los perfiles transversales modelizados.

En lo que se refiere a la nueva obra de drenaje transversal proyectada bajo la glorieta prevista, planteada mediante un marco rectangular de 4,00x1,25 metros de sección, se comprueba que tiene capacidad de desagüe suficiente y que mantiene un resguardo adecuado, tal y como se observa en la imagen siguiente.



No obstante, seguidamente se incorporan sendas tablas, tanto para la avenida extraordinaria de 100 años de período de retorno como para la de 500, comparativas de los resultados deducidos de la lámina de agua en cada perfil en la situación actual o preoperacional y en la situación futura o postoperacional.

River Sta	pk	Avenida de 100 años		
		Actual	Futura	diferencia
		W.S. Elev (m)	W.S. Elev (m)	W.S. Elev (m)
17	0.000	691.69	691.69	0.00
16	25.000	691.44	691.48	0.04
15	50.000	691.39	691.40	0.01
14	75.000	691.41	691.41	0.00
13.7				
13.5	81.000	691.00	690.98	-0.02
13	100.000	690.94	690.91	-0.03
12	108.250	690.99	690.96	-0.03
11.8				
11.5	M-503	690.95	690.91	-0.04
11	150.000	690.56	690.56	0.00
10	175.000	688.81	688.83	0.02
9	200.000	688.64	688.69	0.05
8	225.000	688.35	688.38	0.03
7	250.000	688.09	688.09	0.00
6	275.000	687.75	687.78	0.03
5	300.000	687.53	687.53	0.00
4	325.000	687.61	687.18	-0.43
3.5				
3	335.000	686.18	685.96	-0.22
2	412.380	684.40	684.61	0.21
1.8				
1.5	419.380	684.37	684.46	0.09
1	530.153	683.74	683.82	0.08
0		683.77	683.83	0.06
-0.5				



-1	680.52	680.53	0.01
----	--------	--------	------

River Sta	pk	Avenida de 500 años		
		Actual W.S. Elev (m)	Futura W.S. Elev (m)	Diferencia W.S. Elev (m)
17.00	0.000	691.80	691.80	0.00
16.00	25.000	691.65	691.65	0.00
15.00	50.000	691.58	691.58	0.00
14.00	75.000	691.59	691.59	0.00
13.70				
13.50	81.000	691.19	691.20	0.01
13.00	100.000	691.15	691.17	0.02
12.00	108.250	691.19	691.20	0.01
11.80				
11.50	M-503	691.12	691.13	0.01
11.00	150.000	690.73	690.74	0.01
10.00	175.000	688.89	688.89	0.00
9.00	200.000	688.78	688.78	0.00
8.00	225.000	688.47	688.48	0.01
7.00	250.000	688.17	688.16	-0.01
6.00	275.000	687.86	687.86	0.00
5.00	300.000	687.60	687.60	0.00
4.00	325.000	687.68	687.36	-0.32
3.50				
3.00	335.000	686.27	686.02	-0.25
2.00	412.380	684.51	684.72	0.21
1.80				
1.50	419.380	684.55	684.57	0.02
1.00	530.153	684.11	684.20	0.09
0.00		684.12	684.21	0.09
-0.50				
-1.00		680.59	680.60	0.01

Analizando los resultados de la modelización en la situación futura cabe resaltar, en relación con el comportamiento del flujo, las siguientes conclusiones:

- El flujo hidráulico se mejora respecto a la situación actual por cuanto se demuele el cruce peatonal actualmente existente con dos tubos de 1000 mm de diámetro, eliminando las sobreelevaciones generadas. Con ello, se evitan las afecciones existentes en la actualidad sobre el camino de las Higueras, paralelo al arroyo.
- La nueva obra de drenaje transversal prevista bajo la glorieta planteada, dimensionada con un marco rectangular de 4,00x1,25 m de sección respeta la sección natural del cauce y mantiene la existente bajo la carretera M-503 aunque con unas mejores características hidráulicas.

La nueva obra tiene capacidad de desagüe para evacuar con un resguardo suficiente los caudales extraordinarios previsible en el arroyo incluso con el incremento generado por el proceso urbanizador.

Su construcción, eliminando el paso bitubular referido, mejora las características del flujo disminuyendo las cotas de la lámina en 43 cm aguas arriba del paso existente.

- Las obras de drenaje transversal actuales se comportan de manera similar a como lo hacen en la situación preoperacional. El desarrollo urbanístico previsto, aun suponiendo un aumento de los caudales punta de las avenidas por el efecto de la diferente escorrentía sobre la cuenca natural del arroyo y por la incorporación del caudal evacuado desde la red de pluviales, no genera efectos de entidad ni afectan a la capacidad hidráulica en las obras de paso situadas aguas abajo
- Las actuaciones previstas para el desarrollo del APR 3.5-01 no se ven afectadas por las avenidas extraordinarias citadas, quedando el flujo limitado en el cauce del arroyo y en los espacios libres y las zonas verdes reservadas en sus márgenes.
- Con las actuaciones previstas no se modificará la morfología del arroyo de Las Viñas tras el desarrollo urbanístico del ámbito.

Como se ha referido, en el Apéndice 5 se incluyen los resultados obtenidos tras la modelización hidráulica en los que se observan las conclusiones expuestas.

En definitiva, del estudio hidráulico realizado para la situación futura o postoperacional se concluye que el desarrollo previsto en el APR 3.5-01 "Zona de Servicios M-503" del PGOU de Pozuelo de Alarcón no genera una afección negativa sobre el flujo hidráulico del arroyo y las actuaciones de urbanización previstas no se ven afectadas por las zonas inundadas con las avenidas de 500 y de 100 años de período de retorno y contribuyen a mejorar la situación actual.

## **18. INCORPORACIÓN DESDE LA RED DE PLUVIALES**

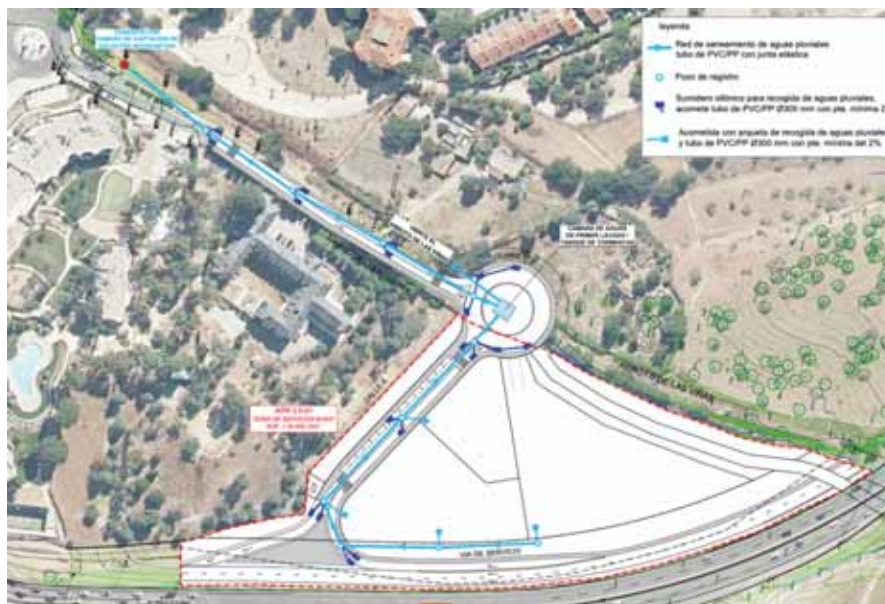
Entre los criterios mantenidos por la Confederación Hidrográfica del Tago para el desarrollo de nuevas actuaciones se señala que *"las redes de colectores que se proyecten y los aliviaderos que sean previsible en las mismas deberán contemplar que los cauces receptores tengan capacidad de evacuación suficiente, adaptándose las medidas oportunas para no afectar negativamente el dominio público hidráulico y la evacuación de avenidas en todo el tramo afectado"*.

Para ello, se requiere que se haga un estudio mediante el que se analice la afección que sobre el dominio público hidráulico de los cauces afectados y sobre sus zonas inundables, puede provocar la incorporación de caudales por las nuevas zonas a urbanizar y se estudien las incidencias producidas en el cauce aguas abajo de la incorporación de los aliviaderos de aguas pluviales en la red de saneamiento prevista.

Bajo esa consideración, se realiza un análisis específico de cómo afecta en el arroyo de Las Viñas la incorporación de los caudales recogidos por la red de pluviales prevista en

el APR 3.5-01 "Zona de Servicios M-503". Para ello, el presente estudio incluye un doble análisis; por un lado, se caracterizan los caudales incorporados en relación con los previsibles en el arroyo y, por otro, se estudia cómo afecta en el flujo hidráulico la incorporación.

En este caso, la red de pluviales prevista queda reflejada en la imagen siguiente:



### 18.1. CARACTERIZACIÓN DEL CAUDAL VERTIDO AL ARROYO

En lo que se refiere al primer aspecto, se trata por tanto de, primero, caracterizar los caudales que se incorporan al arroyo de Las Viñas desde la red de pluviales del ámbito que se pretende desarrollar y, después, comparar sus valores con los previsibles en el cauce.

Como se ha referido anteriormente, el desarrollo del Área de Planeamiento Remitido APR 3.5-01 se plantea mediante una red de saneamiento de tipo separativo de manera que se recojan, por un lado, las aguas fecales generadas conduciéndolas hacia instalaciones de depuración y, por otro, las aguas pluviales de la escorrentía superficial conduciéndolas hacia el arroyo de Las Viñas.

En lo que se refiere a la red de pluviales se ha previsto su dimensionamiento para lluvias de 10 años de periodo de retorno, acorde con los criterios recogidos en las normas del Canal de Isabel II. A partir de métodos hidrometeorológicos se ha calculado el caudal de aguas pluviales que se recogerá en la red, deduciendo un valor de 142,72 l/s (0,143 m<sup>3</sup>/s).

Para caracterizar la afección a la hidrología del arroyo, se analiza en primer lugar qué porcentaje respecto al previsible en el cauce supone el caudal que se incorporará desde la red a desarrollar en el ámbito.

Como se ha indicado en un epígrafe anterior, el caudal previsible en el arroyo para el mismo periodo de retorno con el que se dimensiona la red de pluviales es de 1,56 m<sup>3</sup>/s.

Por tanto, el caudal que se recoge por la red de pluviales y que, finalmente, se incorporará en el arroyo de Las Viñas supone un porcentaje del 9,16%. El caudal anterior resulta inferior al 10% del que previsiblemente puede circular por el cauce para ese periodo de retorno, por lo que se estima que no afecta sensiblemente al régimen hidráulico del arroyo y que, en principio, no genera una alteración significativa del flujo actual.

## 18.2. EFECTOS SOBRE EL FLUJO HIDRÁULICO

En segundo lugar, se estudian los efectos que genera en el flujo hidráulico del arroyo la incorporación de las aguas pluviales recogidas por la red.

Como se ha visto en apartados anteriores, ya se ha realizado este análisis en el supuesto de presentarse avenidas extraordinarias en el arroyo. Además de ello, en el presente apartado se analiza el efecto sobre el flujo hidráulico en crecidas de menor caudal.

El análisis se realiza mediante HEC-RAS teniendo en consideración tanto la variación de los caudales previsibles en el arroyo tras el incremento referido como la debida a que la escorrentía no se incorpora de igual manera a como lo hace en el estado actual.

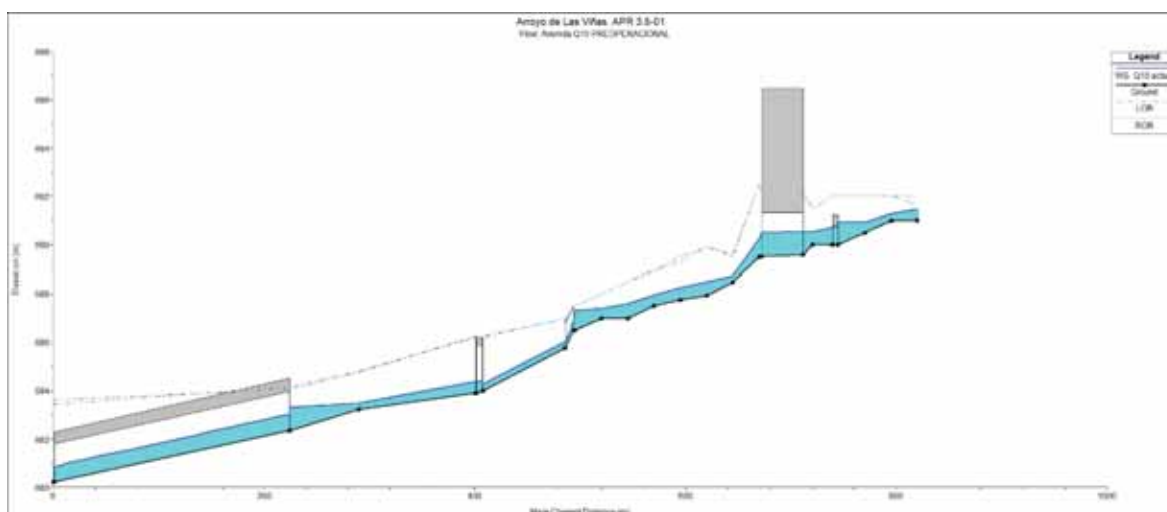
La modelización se hace en la situación futura considerando el caudal previsible en el arroyo para la avenida del mismo periodo de retorno con el que se dimensiona la red de pluviales e incrementándolo puntualmente con lo evacuado desde esta (supone un máximo de 1,703 m<sup>3</sup>/s) y considerando, también, la topografía en esa situación postoperacional. Los resultados deducidos en esa situación se comparan con los correspondientes al estado actual (con un caudal previsible en el arroyo de 1,56 m<sup>3</sup>/s).

Una vez modelizado el arroyo de Las Viñas en ambas situaciones, preoperacional y postoperacional, se obtienen los resultados que se recogen en el Apéndice 6. No obstante, seguidamente se incluye una tabla en la que se resumen los valores de la lámina de agua ("W.S. Elev") en cada perfil transversal modelizado correspondientes a los caudales de la avenida de 10 años de periodo de retorno en el estado actual y en el estado futuro cuando se produzca la incorporación de las aguas pluviales procedentes de la red, así como la diferencia de cota entre ambas situaciones.

River Sta	pk	W.S. Elev		Diferencia (m)
		Actual	Futuro	
17	0.000	691.51	691.51	0.00
16	25.000	691.31	691.31	0.00
15	50.000	690.91	690.91	0.00
14	75.000	690.92	690.92	0.00
13.7				
13.5	81.000	690.72	690.72	0.00
13	100.000	690.53	690.53	0.00
12	108.250	690.54	690.56	0.02
11.8				
11.5	M-503	690.51	690.54	0.03
11	150.000	690.25	690.27	0.02
10	175.000	688.72	688.73	0.01
9	200.000	688.50	688.51	0.01

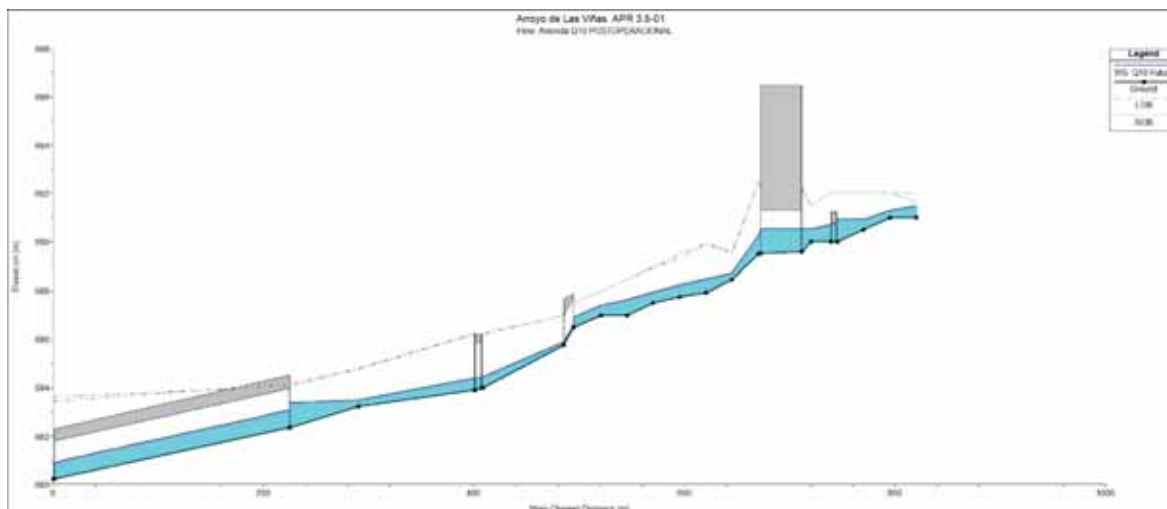
8	225.000	688.23	688.24	0.01
7	250.000	687.95	687.96	0.01
6	275.000	687.61	687.62	0.01
5	300.000	687.40	687.40	0.00
4	325.000	687.30	686.93	-0.37
3.5				
3	335.000	686.03	685.88	-0.15
2	412.380	684.29	684.43	0.14
1.8				
1.5	419.380	684.39	684.41	0.02
1	530.153	683.47	683.48	0.01
0		683.32	683.37	0.05
-0.5				
-1		680.40	680.42	0.02

Como se observa en la información anterior, la influencia por el incremento de caudales en el arroyo en la situación postoperacional es mínima y, en cualquier caso, asumible por el cauce del arroyo. Esto también se observa en los perfiles longitudinales del arroyo en el tramo modelizado que se incluyen a continuación.



Perfil longitudinal del arroyo para la avenida de 10 años en la situación actual





Perfil longitudinal del arroyo para la avenida de 10 años en la situación futura

Asimismo, resulta necesario señalar que el anterior análisis se realiza teniendo en cuenta el incremento de caudal con el total desaguado en las incorporaciones desde la red de pluviales prevista y que ello se corresponde con una situación sobredimensionada por cuanto representan unos caudales punta correspondientes a distintos hidrogramas al no ser avenidas coincidentes en el tiempo. Si bien, el estudio efectuado puede dar una idea de los escasos efectos que se generan, la realidad es que la sobreelevación se puede estimar en menor proporción que la antes deducida.

En consecuencia, cabe concluir que el efecto generado tras la incorporación de los caudales recogidos por la futura red de pluviales no supone un incremento relevante ni significativo de la inundabilidad del entorno.

## 19. CONCLUSIONES

Como se ha referido en los apartados anteriores, el presente Anexo se redacta como complemento al documento DOCUMENTO AMBIENTAL ESTRATÉGICO (DAE) DEL PLAN PARCIAL DE ORDENACIÓN DEL APR 3.5-01 "ZONA DE SERVICIOS M-503" DEL PGOU DE POZUELO DE ALARCÓN.

Habida cuenta de que el Plan Parcial requiere el informe y su desarrollo la autorización de la Confederación Hidrográfica del Tajo, en los epígrafes incluidos en el Anexo se realiza el estudio hidrológico e hidráulico del arroyo de Las Viñas con la finalidad de analizar las actuaciones planteadas en relación con los caudales previsibles en el citado cauce y con el flujo hidráulico del arroyo.

- Mediante el estudio hidrológico realizado se han determinado los caudales previsibles para las avenidas de distintos periodos de retorno. Se adoptan los valores de 1,03 m<sup>3</sup>/s para la máxima crecida ordinaria, 1,56 m<sup>3</sup>/s para la avenida de 10 años de periodo de retorno y 3,07 y 4,29 m<sup>3</sup>/s para las extraordinarias de 100 y 500 años respectivamente.
- Asimismo, se han analizado los caudales previsibles en la situación futura o postoperacional teniendo en consideración tanto el efecto generado por el cambio en las características de infiltración del terreno al modificarse el uso del suelo en los terrenos que integran el ámbito del APR 3.5 01, como el posible efecto por la incorporación de aguas desde la red de pluviales.

Respecto a este último aspecto, en el estudio hidrológico se considera el planteamiento que se hace de la red de pluviales, configurando su diseño de manera que el caudal que se incorporará al arroyo desde la red se limite a un valor admisible por el cauce receptor. En este sentido, el caudal que se desagua al arroyo desde la red de pluviales alcanza un valor máximo de  $0,143 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tras la consideración del doble efecto mencionado -variación del coeficiente de escorrentía y desarrollo de la red de pluviales- los caudales deducidos en la situación futura son de  $3,293 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $4,523 \text{ m}^3/\text{s}$  para las avenidas de 100 y 500 años.

- Se ha realizado un estudio hidráulico del arroyo de Las Viñas, modelizando el cauce y las márgenes con perfiles transversales y considerando los caudales de avenida deducidos con el estudio hidrológico, mediante el modelo matemático HEC-RAS.

Tras el estudio realizado se ha delimitado el dominio público hidráulico del arroyo y, a partir de este, sus zonas asociadas de servidumbre y policía. De igual manera se ha delimitado la zona de flujo preferente.

- Con la delimitación de ambas zonas se observa que las obras planteadas no invaden la zona de servidumbre de uso público y tampoco afectan a la zona de flujo preferente.
- Asimismo, se ha analizado la afección que pudieran generar los caudales vertidos al arroyo desde la red de pluviales a disponer en el ámbito.

Para ello se ha analizado tanto desde un punto de vista hidrológico como bajo una consideración hidráulica, concluyendo que la afección por la incorporación de los caudales recogidos en la red de aguas pluviales en el cauce del arroyo de Las Viñas es mínima y que no se genera una alteración significativa del régimen actual del flujo de agua. En consecuencia, se puede estimar admisible para cumplir los objetivos generales de protección del cauce.

- En la situación futura se plantea la construcción de un vial de acceso que finalizará en una glorieta cruzando el arroyo de las Viñas. Para ello, se ha previsto una obra de drenaje transversal que permita el drenaje de las aguas y la demolición del actual cruce de camino. La solución prevista se predimensiona mediante un marco de 4 metros de ancho por 1,25 de gálibo, con la demolición de los dos tubos de 1 m de diámetro. Esta solución es acorde con las características de la zona y configura una obra de mayor capacidad que las actuales obras de drenaje transversal existentes en el arroyo. En concreto, tiene una capacidad de desagüe superior a la de la obra de fábrica existente con los dos tubos, que funciona como un badén sumergible en avenidas extraordinarias y que se demolerá con su construcción.
- Con la modelización hidráulica en la situación futura se concluye que con las actuaciones previstas se mejora el funcionamiento del arroyo en la zona.
- Con las actuaciones previstas no se modificará la morfología del arroyo de Las Viñas tras el desarrollo urbanístico del APR 3.5-01 "Zona de Servicios M-503" del PGOU de Pozuelo de Alarcón. Asimismo, se comprueba que el desarrollo del ámbito referido no se ve afectado por las zonas inundadas con las avenidas extraordinarias.

## **20. CONSIDERACIÓN FINAL**

El presente Anexo se genera en el marco de la redacción del «PLAN PARCIAL DE ORDENACIÓN DEL APR 3.5-01 “ZONA DE SERVICIOS M-503” DEL PGOU DE POZUELO DE ALARCÓN», con objeto de realizar un análisis de las afecciones que se pueden generar por la existencia del arroyo de Las Viñas con el que limita el ámbito mediante la realización de un estudio hidrológico e hidráulico del citado cauce.

Una vez generado el documento con las características señaladas en los epígrafes precedentes y vistas las conclusiones resumidas en el apartado anterior, se considera que el Plan Parcial contiene los estudios suficientes para que el Organismo de cuenca pueda informarlo favorablemente y autorizar las actuaciones que se pretenden realizar en el referido ámbito.

En Madrid, septiembre 2023.

02240931H  
AGUSTIN SANCHEZ  
(R: B85169597)

Firmado digitalmente por  
02240931H AGUSTIN  
SANCHEZ (R: B85169597)  
Fecha: 2023.09.15 14:49:17  
+02'00'

REDACTOR DEL DOCUMENTO  
**PROINCIV CONSULTORES S.L.**  
Agustín Sánchez Guisado  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Colegiado nº 17203

## **21. PLANOS**

## **APÉNDICES DEL ANEXO**



## **APÉNDICE 1. INFORMES HIDROLÓGICOS CAUMAX**

# **BASE CARTOGRÁFICA DE CAUMAX**

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5		Intensidad (I) (mm/h) : 14.09
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 0.82
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 19.84
Precipitación (mm) : 35.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.11
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 34.59		

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

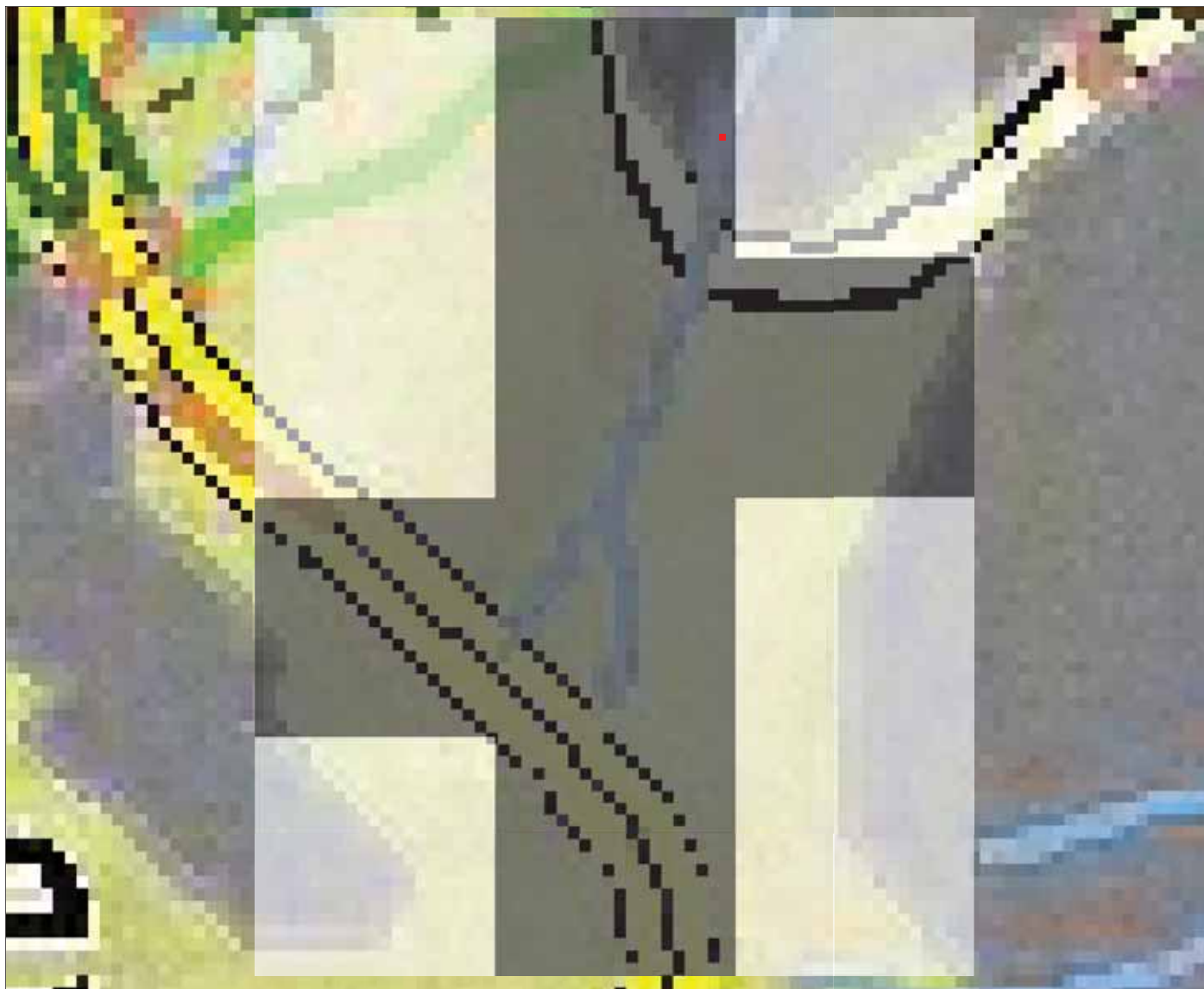
#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 2  
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 1



Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5		Intensidad (I) (mm/h) : 18.51
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 0.91
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 22.02
Precipitación (mm) : 46.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.16
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 45.46		

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

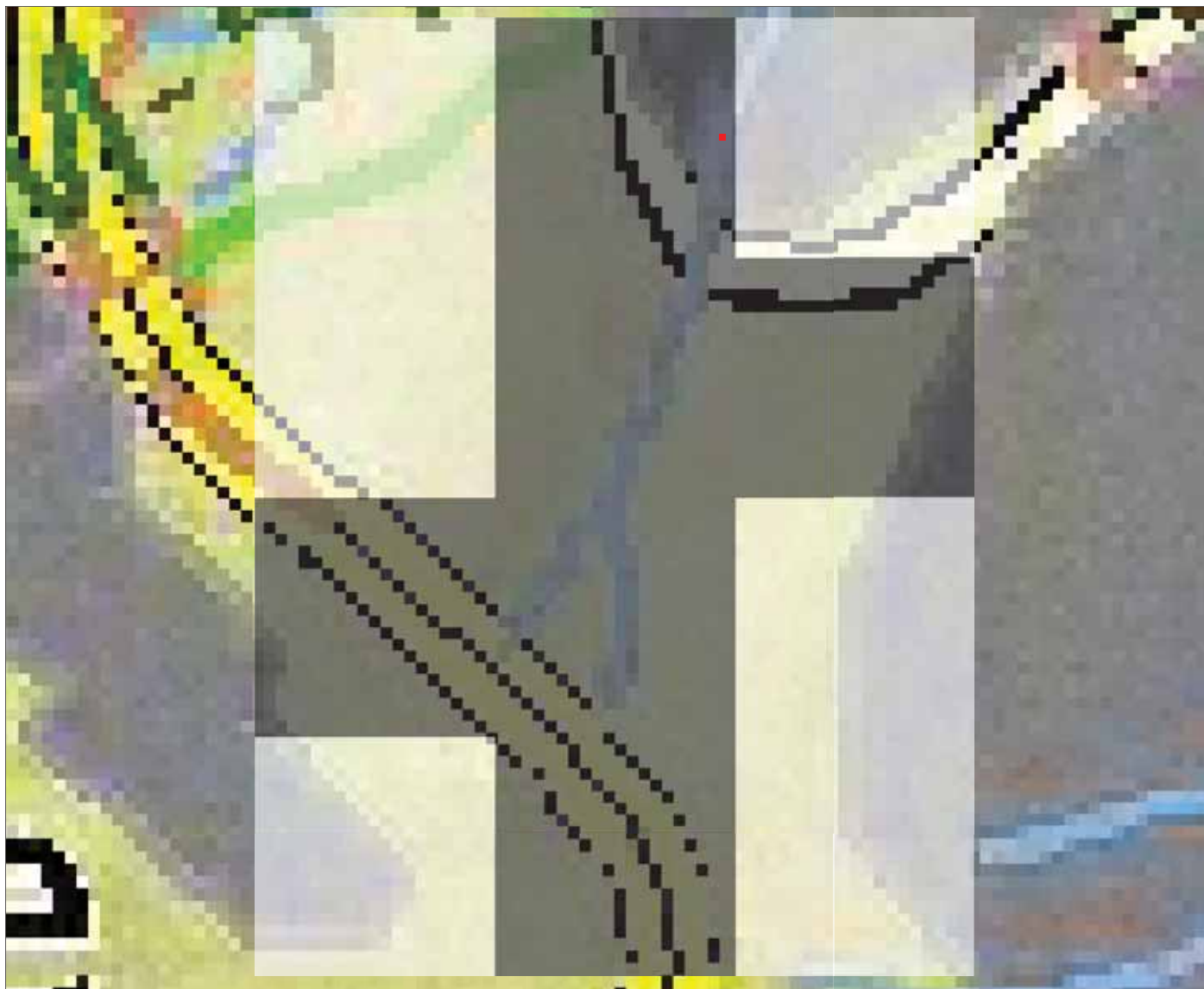
#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 5  
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 1



Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5		Intensidad (I) (mm/h) : 21.73
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.0
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 24.2
Precipitación (mm) : 54.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.17
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 53.37		

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 10

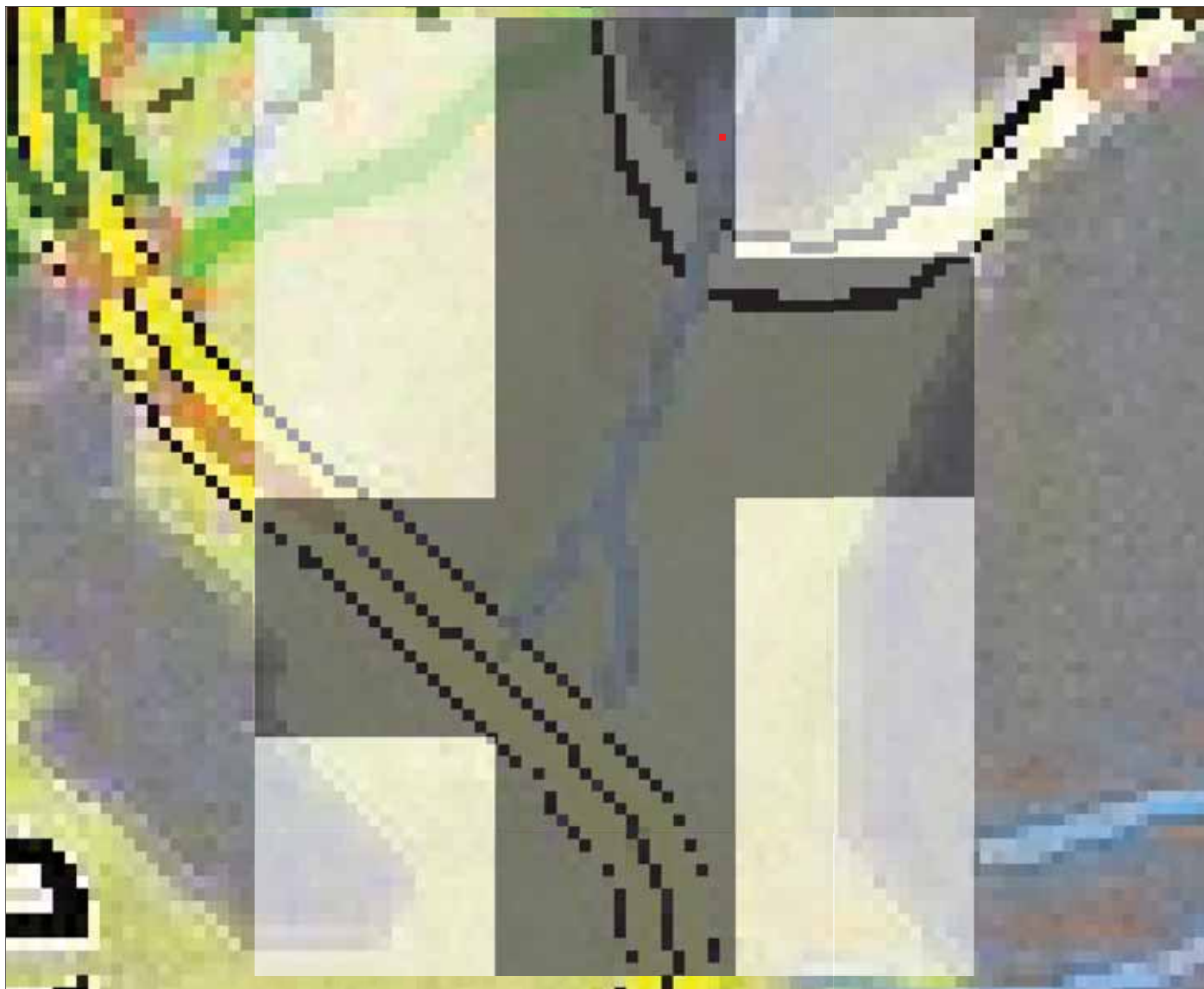
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 2



Fecha : 29.04.2021



## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5		Intensidad (I) (mm/h) : 26.16
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coeficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.12
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 27.1
Precipitación (mm) : 65.0		Coeficiente de escorrentía (C): 0.19
Factor corrector del área : 0.99		Coeficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 64.24		

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

#### RESULTADO

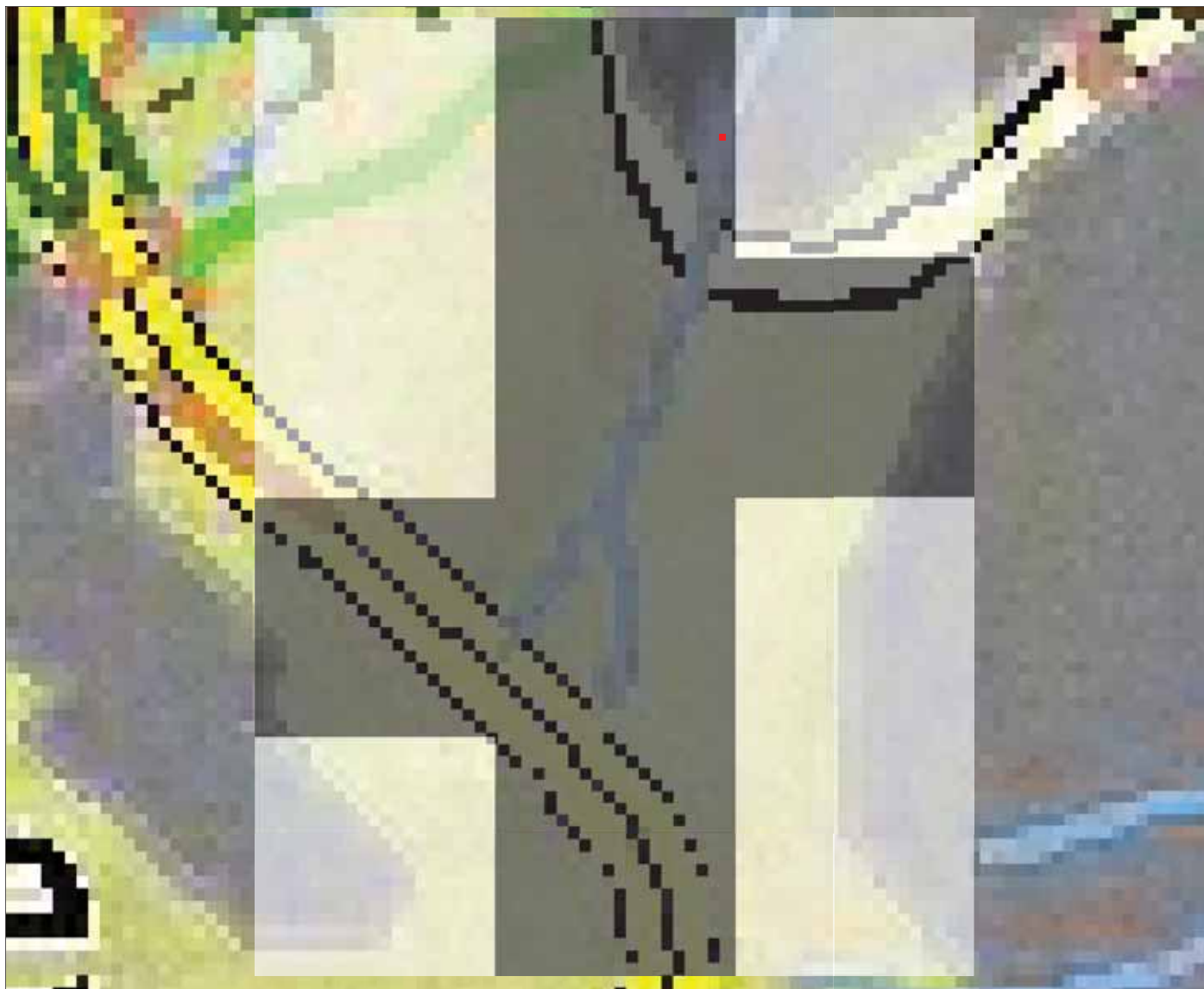
Periodo de retorno (años): 25

Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 2



Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5		Intensidad (I) (mm/h) : 33.0
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.31
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 31.7
Precipitación (mm) : 82.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.22
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 81.04		

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 100

Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 3



Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5		Intensidad (I) (mm/h) : 42.26
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.54
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 37.27
Precipitación (mm) : 105.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.24
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 103.77		

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 500

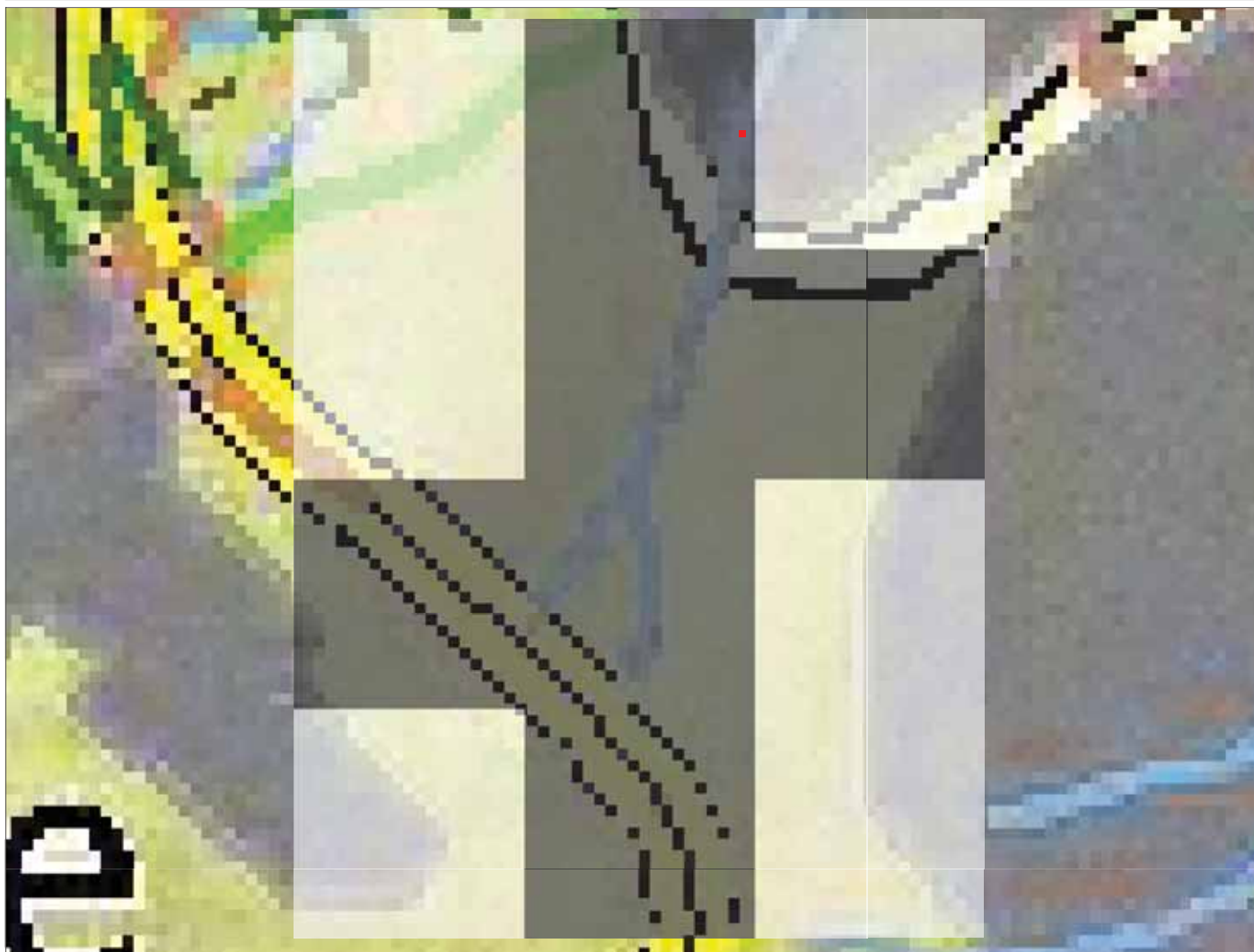
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 5



Fecha : 29.04.2021

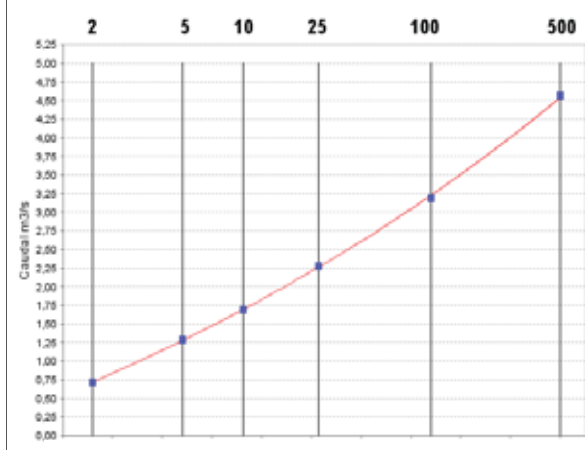


## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO MÉTODO RACIONAL Y MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

#### GRÁFICO LEY DE FRECUENCIA DE CAUDALES



#### RESULTADO MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

Periodo de retorno (años): 4.0

Caudal (m³/s) : 1

#### NOTAS :

- Los valores que proporciona esta aplicación para la máxima crecida ordinaria constituyen estimaciones basadas en asignar, mediante fórmulas aproximadas un valor regional al periodo de retorno correspondiente a dicha crecida. Se trata, por tanto, de valores orientativos que no sustituyen a los valores obtenidos en los estudios concretos realizados para el deslinde del dominio público hidráulico.

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525      Y utm : 4475800  
 Área (km²) : 1.5  
 Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0  
 Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0  
 Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0  
 Tiempo de concentración (h) : 1.04  
 Factor de torrencialidad (I1/I0) : 10.0  
 Coeficiente de uniformidad (K) : 1.07  
 P0 (mm) : 24.2  
 Coeficiente corrector del P0 : 1.0

#### PARÁMETROS LEY DE FRECUENCIA

Función de valores extremos generalizada  
 Procedimiento de ajuste: mínimos cuadrados

Parámetro u : 0.548

Parámetro k : -0.11

Parámetro alpha : 0.447

$$F(q) = \exp \left\{ - \left[ 1 - k \left( \frac{q - u}{\alpha} \right) \right]^{1/k} \right\}$$

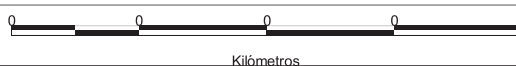
#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación

~ Ríos

~ Ríos 10 km

cartografia.ecw

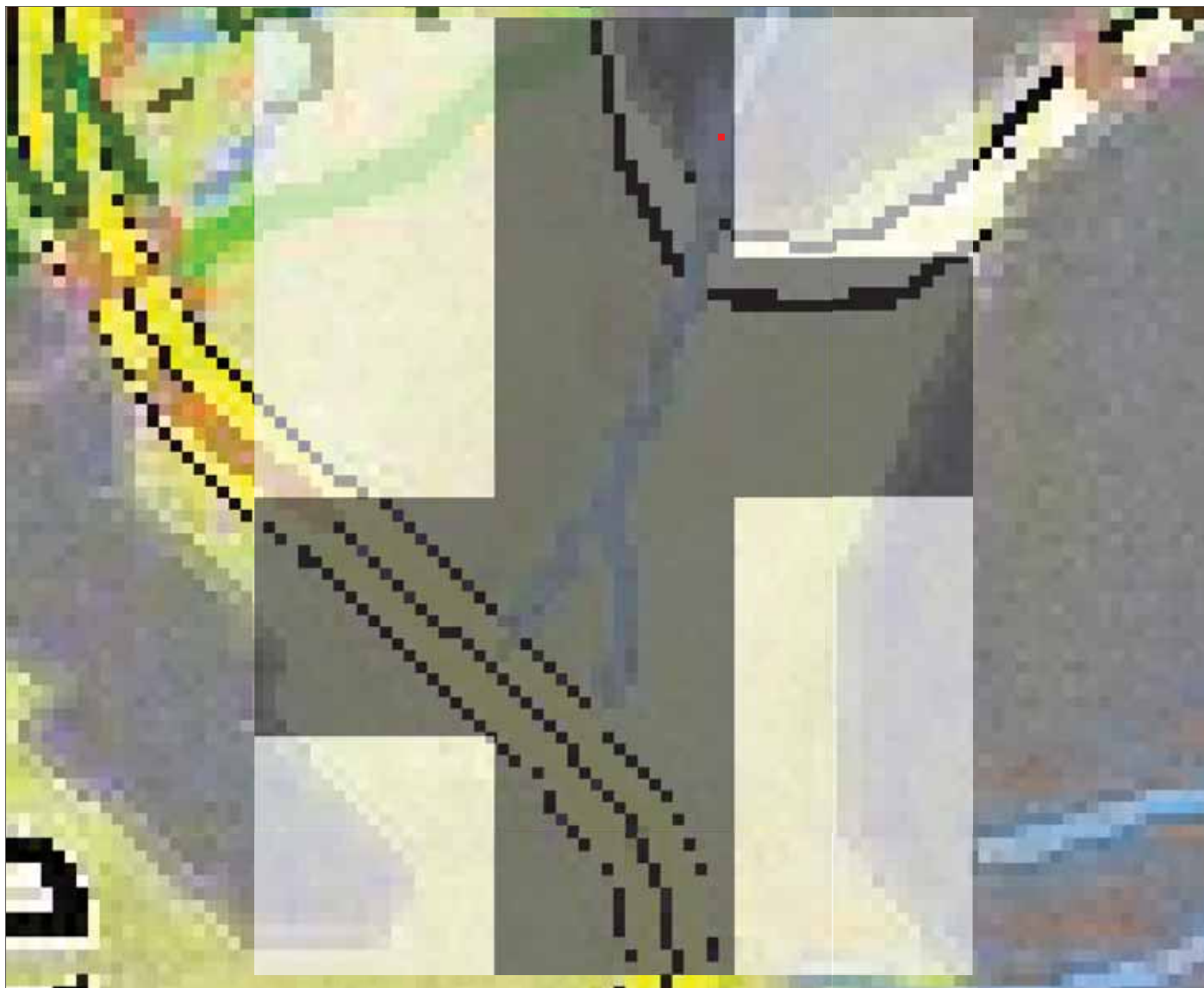


Fecha : 29.04.2021

**BASE CARTOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD DE MADRID**



## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5 / 1.42 (*)		Intensidad (I) (mm/h) : 14.11
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coeficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 0.82
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 19.84
Precipitación (mm) : 35.0		Coeficiente de escorrentía (C): 0.11
Factor corrector del área : 0.99		Coeficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 34.64		

(\*) Valores modificados por el usuario: original/modificado

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

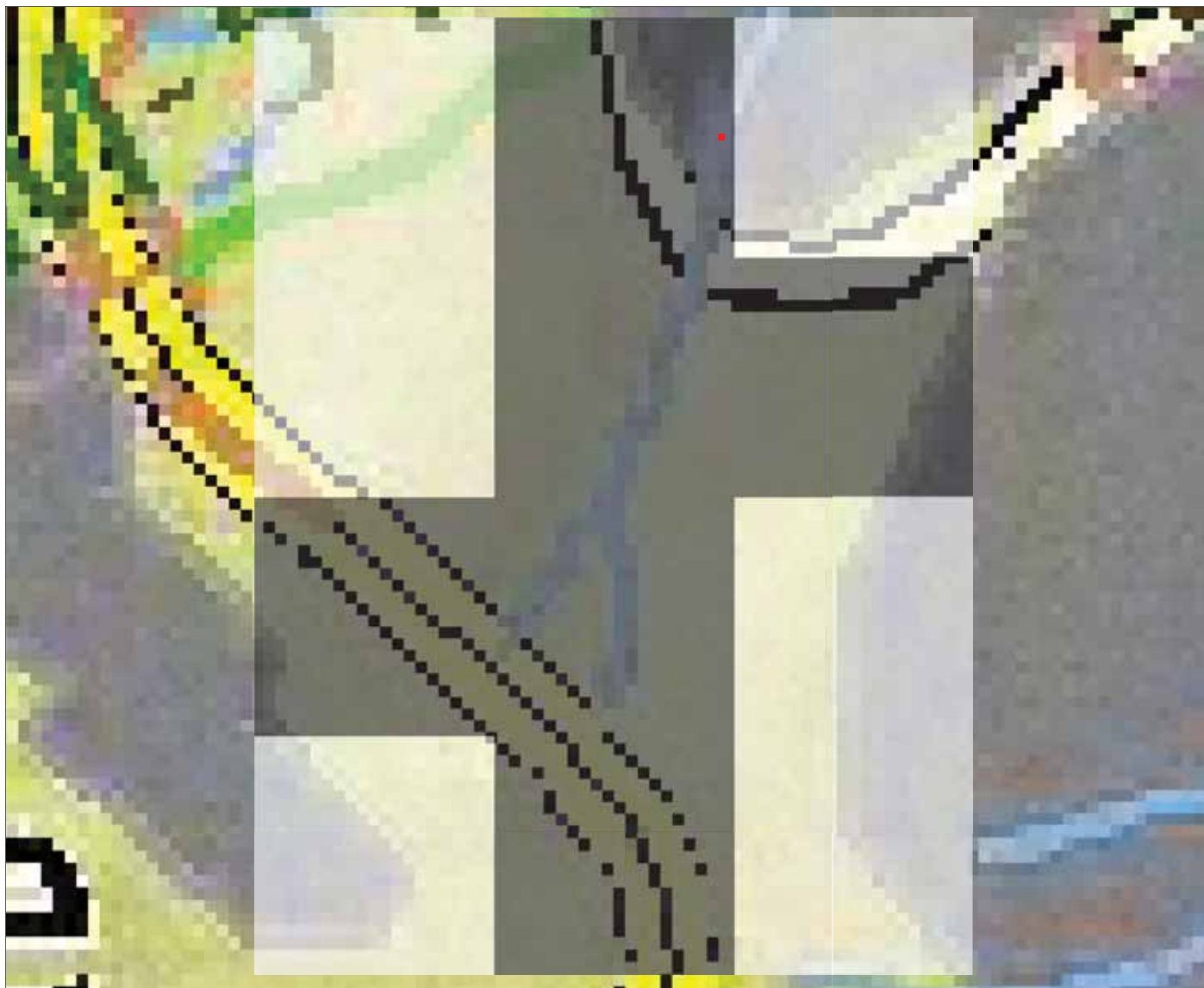
#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 2  
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 1



Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5 / 1.42 (*)		Intensidad (I) (mm/h) : 18.54
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 0.91
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 22.02
Precipitación (mm) : 46.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.16
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 45.53		

(\*) Valores modificados por el usuario: original/modificado

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 5  
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 1



Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo




### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5 / 1.42 (*)		Intensidad (I) (mm/h) : 21.77
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coeficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.0
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 24.2
Precipitación (mm) : 54.0		Coeficiente de escorrentía (C): 0.17
Factor corrector del área : 0.99		Coeficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 53.45		

(\*) Valores modificados por el usuario: original/modificado

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 10

Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 2



Fecha : 29.04.2021



## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5 / 1.42 (*)		Intensidad (I) (mm/h) : 26.2
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.12
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 27.1
Precipitación (mm) : 65.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.19
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 64.34		

(\*) Valores modificados por el usuario: original/modificado

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

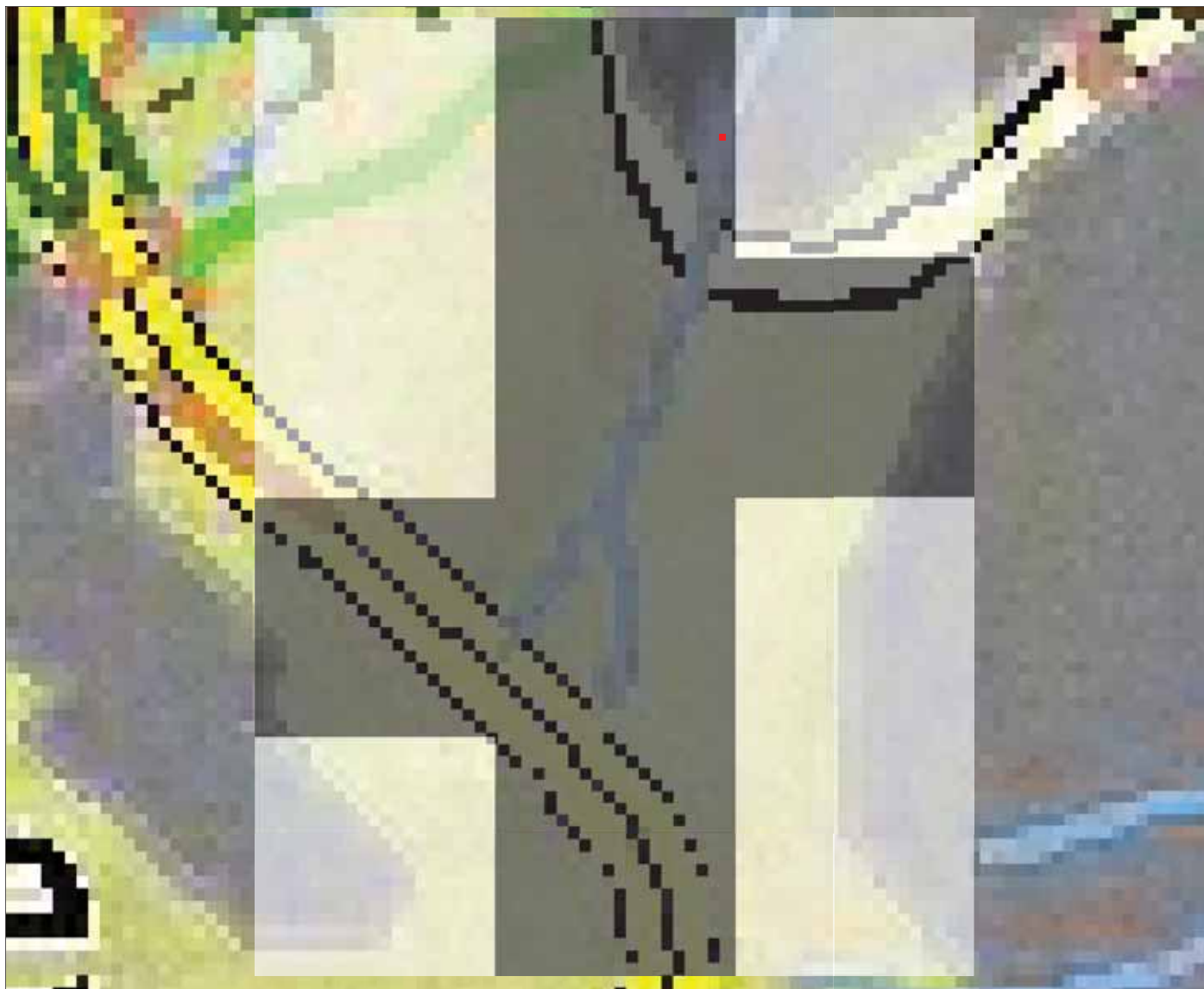
#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 25  
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 2



Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5 / 1.42 (*)		Intensidad (I) (mm/h) : 33.05
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.31
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 31.7
Precipitación (mm) : 82.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.22
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 81.17		

(\*) Valores modificados por el usuario: original/modificado

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 100  
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 3



Fecha : 29.04.2021



## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525	Y utm : 4475800	Factor de torrencialidad (I1/I <sub>d</sub> ) : 10.0
Área (km <sup>2</sup> ) : 1.5 / 1.42 (*)		Intensidad (I) (mm/h) : 42.33
Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0		P0 (mm) : 24.2
Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0		Coefficiente corrector del P0 : 1.0
Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0		Corrección P0 en funcion del periodo de retorno : 1.54
Tiempo de concentración (h) : 1.04		P0 corregido (mm) : 37.27
Precipitación (mm) : 105.0		Coefficiente de escorrentía (C): 0.24
Factor corrector del área : 0.99		Coefficiente de uniformidad (K) : 1.07
Precipitación corregida (mm) : 103.93		

(\*) Valores modificados por el usuario: original/modificado

#### LEYENDA

- punto
- cuenca
- Demarcación
-  Ríos
-  Ríos 10 km
- cartografia.ecw

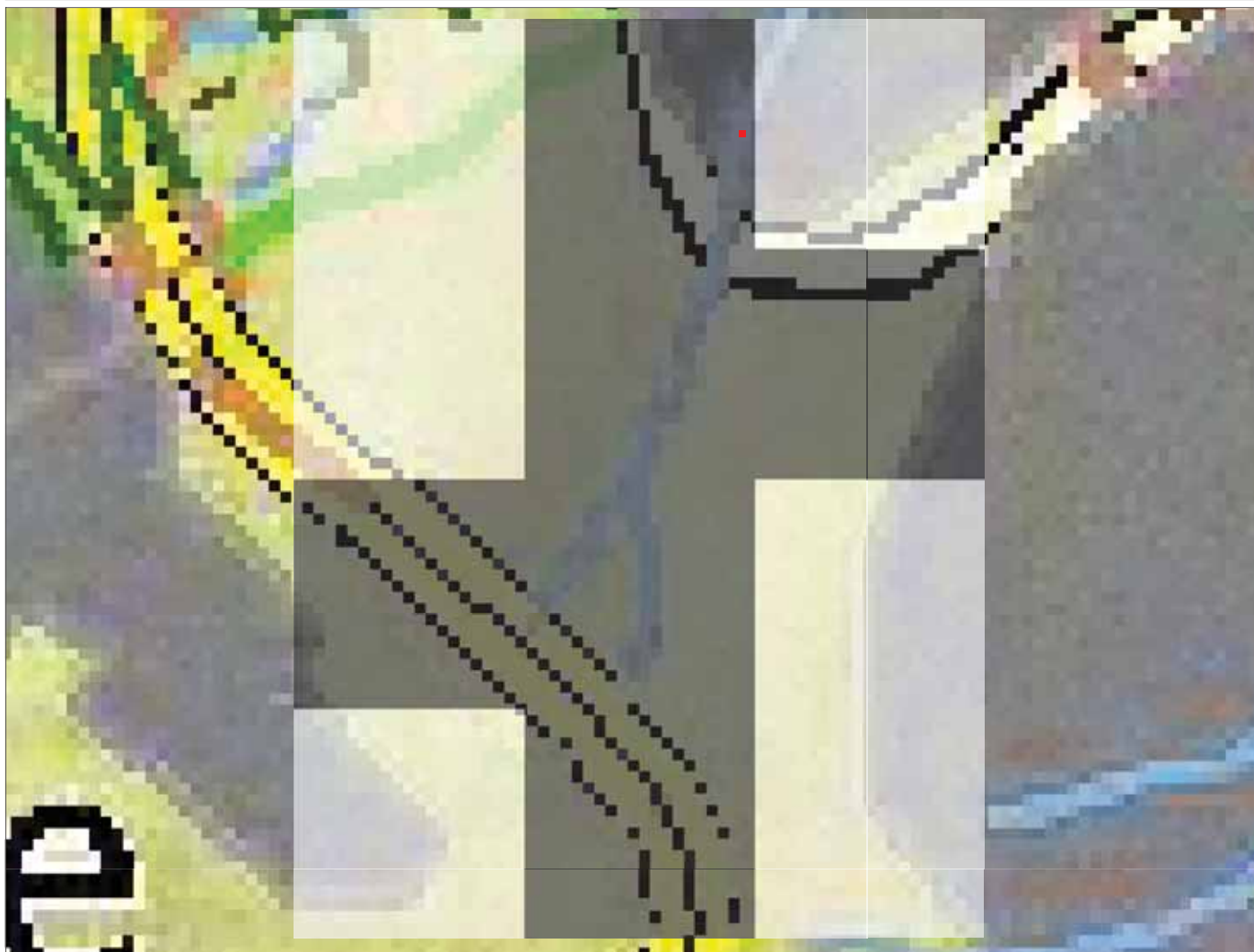
#### RESULTADO

Periodo de retorno (años): 500  
Caudal (m<sup>3</sup>/s) : 4



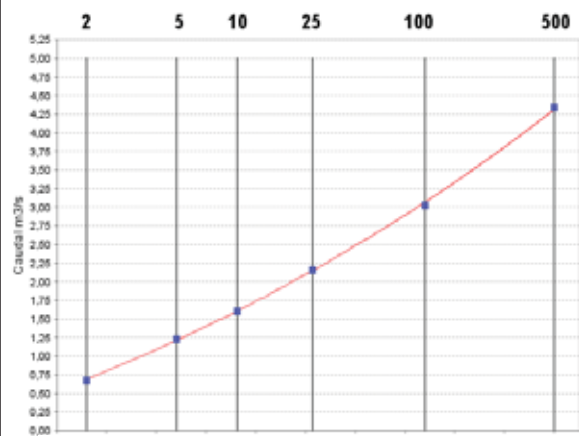
Fecha : 29.04.2021

## Demarcación hidrográfica del Tajo



### INFORME CÁLCULO MÉTODO RACIONAL Y MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

#### GRÁFICO LEY DE FRECUENCIA DE CAUDALES



#### RESULTADO MÁXIMA CRECIDA ORDINARIA

Periodo de retorno (años): 4.0

Caudal (m3/s) : 1

#### NOTAS :

- Los valores que proporciona esta aplicación para la máxima crecida ordinaria constituyen estimaciones basadas en asignar, mediante fórmulas aproximadas un valor regional al periodo de retorno correspondiente a dicha crecida. Se trata, por tanto, de valores orientativos que no sustituyen a los valores obtenidos en los estudios concretos realizados para el deslinde del dominio público hidráulico.

#### PARÁMETROS GENERALES

X utm : 430525      Y utm : 4475800  
 Área (km2) : 1.5 / 1.42 (\*)  
 Distancia al punto mas alejado (m) : 1500.0  
 Cota del punto mas alejado (msnm) : 701.0  
 Cota del punto de cálculo (msnm) : 690.0  
 Tiempo de concentración (h) : 1.04  
 Factor de torrencialidad (I1/I0) : 10.0  
 Coeficiente de uniformidad (K) : 1.07  
 P0 (mm) : 24.2  
 Coeficiente corrector del P0 : 1.0

(\*) Valores modificados por el usuario: original/modificado.

#### PARÁMETROS LEY DE FRECUENCIA

Función de valores extremos generalizada  
 Procedimiento de ajuste: mínimos cuadrados

Parámetro u : 0.521

Parámetro k : -0.11

Parámetro alpha : 0.425

$$F(q) = \exp \left\{ - \left[ 1 - k \left( \frac{q - u}{\alpha} \right) \right]^{1/k} \right\}$$

#### LEYENDA

■ punto

cuenca

□ Demarcación

~ Ríos

~ Ríos 10 km

cartografia.ecw



Fecha : 29.04.2021

## **APÉNDICE 2. MODELIZACIÓN HIDRÁULICA CON HEC-RAS DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO**