



Normas urbanísticas municipales de Saldaña (Palencia)

DI-EH II ESTUDIO HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO DEL ARROYO DELVALLE - Documento para Aprobación Definitiva. Julio 2016

Promotor:	Ayuntamiento de Saldaña (Palencia)
Redactor:	UTE PLANZ Planeamiento Urbanístico SLP – GAMA Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales SL

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	3
II.	JUSTIFICACIÓN LEGAL	5
III.	TRABAJOS REALIZADOS	7
IV.	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA.....	9
IV.1.	SITUACIÓN Y OROGRAFÍA	9
IV.2.	CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA	10
IV.3.	COBERTURA Y USOS DEL SUELO	10
IV.4.	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	11
IV.5.	OBRAS DE DRENAJE	11
IV.5.1.	OD-1	12
IV.5.2.	OD-2	13
IV.5.3.	OD-3	13
IV.5.4.	OD-4	13
IV.5.5.	OD-5	14
V.	ESTUDIO DE AVENIDAS.....	15
V.1.	CAUDAL DE AVENIDA.....	15
V.1.1.	Metodología utilizada	15
V.1.2.	Datos de partida.....	16
V.1.3.	Proceso de cálculo.....	16
V.2.	CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA	17
VI.	PELIGRO DE INUNDACIÓN	19
VI.1.	METODOLOGÍA UTILIZADA	19
VI.2.	CONDICIONES DE CONTORNO Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS	19
VI.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	20
VII.	RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	21
	ANEJOS.....	25
A.	MAPA DE PELIGRO DE INUNDACIÓN.....	25
B.	INDICES DE FIGURAS	29
C.	CÁLCULO DE CAUDALES DEL ARROYO DEL VALLE	31
D.	ESQUEMAS DE CALADOS	37
E.	PERFIL LONGITUDINAL	41
F.	PERFILES TRANSVERSALES DE LAS OBRAS DE FÁBRICA	45
G.	DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA.....	49

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo efectuar un estudio de avenidas y evaluar el peligro de inundación del arroyo Villaires o del Valle a su paso por los sectores residenciales SU-NC 01, SU-NC 02 y SUR 01 con el fin de discriminar, en el caso de existir, las superficies afectadas por zonas o terrenos inundables para la adecuada definición y desarrollo de las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña (Palencia).

La zona de estudio se encuentra en el tramo medio y bajo del arroyo del Valle, afluente del Carrión que pertenece a la cuenca hidrográfica del río Duero en su parte septentrional.

La caracterización del régimen del arroyo Valle es de tipo fluvio-nival con las mayores cargas en invierno y primavera, así como un acusado descenso del caudal en verano.

El segmento fluvial afectado por el estudio discurre enmarcado en un valle fluvial de entorno a 500 metros de anchura en el entorno de la zona de estudio. Las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del arroyo del Valle se caracterizan por situarse principalmente sobre materiales aluviales que se extienden a lo largo del curso fluvial y que en general son de poco espesor.

En esta cuenca la sedimentación fluvial ha jugado un papel primordial.

El arroyo del Valle atraviesa el Sector de Suelo Urbanizable SUR 01 de Norte a Sur y separa los sectores de Suelo Urbano No Consolidado SU-NC 01 y SU-NC 02, quedando el primero en la margen derecha del arroyo y el segundo en la izquierda. En el entorno de estos sectores el arroyo del Valle es entubado e incorporado su caudal al sistema de aguas urbanas.

Por consiguiente, en el presente documento se delimita el área de estudio, que va desde el cruce del arroyo del Valle con la carretera comarcal CL-615, hasta que el arroyo es entubado al aproximarse al núcleo urbano de Saldaña, en el entorno de los sectores antes citados.

En el trabajo se ha realizado un estudio geológico y geomorfológico al objeto de diferenciar la llanura de inundación asociada al arroyo del Valle, a su paso por los sectores SU-NC 01, SU-NC 02 y SUR 01, un estudio de avenidas a partir de los métodos aconsejados en la publicación del Ministerio de Fomento "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" para la obtención de la precipitación máxima diaria correspondiente a un periodo de retorno considerado, una comparativa de estos datos con los extraídos de la aplicación de Caumax y un estudio de los peligros de inundación de la zona mediante la utilización del software HEC-RAS, un paquete integrado de programas de análisis hidráulicos, creado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos.

De forma complementaria se ha utilizado el software HEC-GeoRAS, una extensión del Sistema de Información Geográfica ArcGIS, que permite tanto el proceso previo de los datos geométricos asociados con la línea de agua, como el tratamiento posterior de los resultados generados por el programa HEC-RAS.

Como resultado de esta simulación se obtienen, por un lado, datos de calados para cada punto de la llanura de inundación analizado, y por otro, datos de la altura máxima alcanzada por la lámina de agua para cada perfil transversal simulado. Estos datos se presentan en el Mapa de peligro de inundación (Anejo A), delimitando así las superficies de inundación obtenidas. Todos estos análisis se realizan para diferentes periodos de retorno.

II. JUSTIFICACIÓN LEGAL

El presente trabajo se desarrolla amparándose en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. En su artículo 9.1 delimita la zona de policía con una anchura de 100 metros medidos horizontalmente a partir del cauce.

El artículo 9.2 del Reglamento define zona de flujo preferente como “aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas. A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará 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 $0,5 \text{ m}^2/\text{s}$.”

Según el mismo artículo, “se entiende por vía de intenso desagüe 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. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m. cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m. en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos”.

En estas zonas o vías de flujo preferente sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía, siempre que el organismo de cuenca haya modificado los límites de la zona de policía para incluir estas zonas, con arreglo al procedimiento previsto en el artículo 9.3 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Finalmente, en el artículo 14.1 considera “zonas inundables las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas, a menos que el Ministerio de Medio Ambiente, a propuesta del organismo de cuenca fije, en expediente concreto, la delimitación que en cada caso resulte más adecuada al comportamiento de la corriente”.

También se fundamenta en las limitaciones que establece la Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León, que en su artículo 9 apartado c), explicita que “en áreas amenazadas por riesgos naturales o tecnológicos, tales como inundación, erosión, hundimiento, incendio contaminación u otros análogos, no se permitirá ninguna construcción, instalación ni cualquier otro uso del suelo que resulte incompatible con tales riesgos”.

El artículo 18.2 del Reglamento de Urbanismo de Castilla y León, aprobado por Decreto 22/2004, de 29 de enero, establece que “Las áreas amenazadas por riesgos naturales o tecnológicos y las limitaciones impuestas en las mismas son las establecidas, en esos términos o en cualesquiera otros análogos, por las Administraciones públicas competentes para la prevención de cada riesgo, a las que también corresponde evaluar en cada caso el cumplimiento del deber de prevención de riesgos”.

Según señala en artículo 18.3 del Reglamento citado, “cuando no exista un pronunciamiento expreso de la Administración competente en relación con un determinado riesgo, la delimitación del área amenazada y las limitaciones necesarias pueden ser establecidas por el Ayuntamiento o la Administración de la Comunidad Autónoma en forma de determinaciones justificadas incluidas en los instrumentos de ordenación del territorio y planeamiento urbanístico aplicables, con carácter subsidiario respecto del pronunciamiento de la Administración competente”

III. TRABAJOS REALIZADOS

Para este estudio se han realizado los siguientes trabajos:

- Reconocimiento del cauce y llanura de inundación del arroyo del Valle, a fin de determinar posibles puntos conflictivos (obras de drenaje, estrechamientos del cauce, etc.) en las inmediaciones de los sectores SU-NC 01, SU-NC 02 y SUR 01 y que pudieran afectar hidráulicamente a los mismos.
- Reconocimiento geológico y geomorfológico de la ribera del arroyo del Valle al objeto de estudiar las llanuras aluviales y de inundación, delimitación de los distintos niveles de terraza, así como el estudio de las marcas de corriente, lóbulos de desbordamiento y cicatrices erosivas existentes en las márgenes.
- Estudio topográfico del entorno de los cauces, y reconocimiento y toma de datos de campo relativo a forma y dimensiones de los cauces a fin de completar su topografía y la de las márgenes potencialmente inundables.
- Estimación de caudales de avenida del arroyo del Valle, para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, conforme la Instrucción de carreteras 5.2-IC Drenaje Superficial.
- Modelización del comportamiento hidráulico del tramo del arroyo del Valle objeto de estudio, a su paso por los sectores SU-NC 01, SU-NC 02 y SUR 01.
- Delimitación en un mapa topográfico de las líneas de inundación correspondientes a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Situación de las alturas de inundación del arroyo del Valle y los afluentes en los perfiles transversales para los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años.
- Evaluación y contraste de las alturas de inundación obtenidas con las observaciones geomorfológicas realizadas en el área de estudio.

La información de partida con la que se ha contado ha sido la siguiente:

- Base topográfica 1:5.000 de la Junta de Castilla y León con equidistancia entre curvas de nivel de 5 metros.
- Ortofoto correspondiente a la serie PNOA cobertura 2009 y con una resolución de 25 centímetros.
- Mapa Geológico digital de la Junta de Castilla y León (1:100.000).
- Mapa Geológico del España a escala 1:50.000 del Instituto Tecnológico Geominero de España. Hoja de Saldaña
- Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000 del Instituto Geológico Minero de España. Hoja de León (19)
- Mapas de usos de suelo digitales SIOSE proporcionados por el ITACYL.
- Aplicación Caumax versión 2.0. publicado por el CEDEX.

IV. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

IV.1. SITUACIÓN Y OROGRAFÍA

Se estudia la cuenca vertiente del arroyo del Valle, afluente por la margen izquierda del río Carrión y por consiguiente, subcuenca del río Carrión. Esta cuenca se encuentra encajonada entre las cuencas del río Carrión y del río Valdecuriada.

Esta situación se aprecia en la siguiente figura:

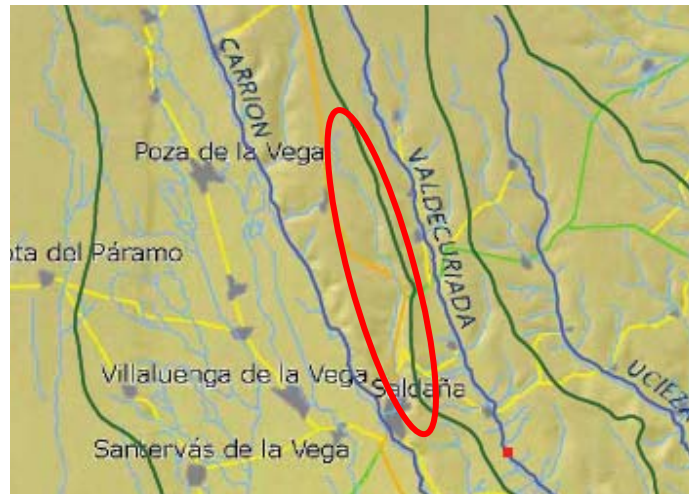


Gráfico 1. Situación de la cuenca vertiente del arroyo del Valle. La línea verde delimita las diferentes cuencas vertientes.

El arroyo del Valle a lo largo de todo su recorrido dentro de la zona de estudio discurre por un único cauce, apareciendo en su curso varias obras de fábrica en el entorno de la carretera autonómica CL-615 y caminos secundarios.



Gráfico 2. Modelo digital de elevación de la cuenca del arroyo del Valle (en rojo cuenca vertiente y en azul zona de estudio).

En la ordenación urbanística propuesta dentro de las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña se prevé la clasificación de un sector de Suelo Urbanizable residencial (SUR 01), ya clasificado de esta manera en las Normas Subsidiarias Municipales vigentes, que es atravesado por el arroyo en la zona de menor cota. Se proponen también dos sectores de Suelo Urbano No Consolidado residencial (SU-NC 01 y SU-NC 02), hasta ahora clasificados como Suelo Urbanizable, entre los que discurre el arroyo del Valle.

IV.2. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

Predomina el clima Mediterráneo templado fresco o Mediterráneo templado, por tener unos veranos un poco más cálidos, siendo los valores medios de temperatura de entre 8 y 12 °C, con una duración del periodo de heladas de 6 a 8 mese. La precipitación media anual es de 500-650 mm en Saldaña (1961-1990), que se distribuyen de otoño a primavera.

Nos encontramos con un relieve que puede considerarse llano, se encuentra inclinado en a dirección noroeste suroeste, dirección que, en consecuencia, siguen los cursos de agua que lo atraviesan.

El arroyo del Valle nace en las lomas que separan el río Carrión del Valdeperal, en el término de Saldaña, a una altitud aproximada de 1.000 metros, y vierte sus aguas al sistema de aguas urbanas del núcleo urbano de Saldaña. Es un cauce de la cuenca del río Duero. Con aguas procedentes de las zonas de cultivo, las repoblaciones de pinos y los páramos colindantes, situado en los contrafuertes meridionales de la Cordillera Cantábrica, su caudal es escaso en verano, alcanzando los máximos en otoño e invierno

La superficie de la cuenca hasta la sección de cierre propuesta es de 10,25 kilómetros cuadrados, con una longitud del río de 10414 metros y una pendiente media del cauce de 0,01%

IV.3. COBERTURA Y USOS DEL SUELO

A la hora de calcular los caudales que llegan a una sección determinada, es necesario estudiar la cobertura de la cuenca y las subcuencas, para poder realizar una estimación de la escorrentía producida por los aguaceros utilizados durante los cálculos. Así, se comprueba que la existencia de coberturas vegetales con una fracción de cabida cubierta alta favorece la infiltración de las precipitaciones, reduciendo en cuencas pequeñas los valores de escorrentía en la sección de cierre.

Para la realización del estudio de usos del suelo se necesitó, tanto información cartográfica digital como datos obtenidos en el estudio de campo. Inicialmente se estudió la cartografía digital SIOSE para la cuenca vertiente, en vistas a una mayor precisión para la escala a la que se trabaja en este proyecto, se optó por realizar una revisión a nivel de polígonos (y en algunos casos de parcela) de la cartografía aportada por el ITACYL.

La cuenca del arroyo del Valle, aguas arriba de la sección de cierre propuesta para el estudio se encuentra dominada cultivos herbáceos de secano.

El siguiente uso en importancia superficial dentro de la cuenca lo constituyen los cultivos forestales de pinos y las masas de arbolado de ribera autóctono.

Como usos residuales en la cuenca de estudio aparecen las áreas de pastizal y matorral, las zonas de huertas, las áreas degradadas y las zonas urbanas. Sobre este último tipo de superficies, para la estimación de escorrentías, se suele considerar que presentan una infiltración nula, no obstante como el porcentaje de suelo es significativo se considerará un umbral de escorrentía de 1 correspondiente a pavimentos bituminosos o de hormigón.

IV.4. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El arroyo del Valle situado en la submeseta septentrional se encuentra rodeado por depósitos de raña. Depósitos del Cuaternario, que constituyen un abanico muy plano con ápice en Guardo, formadas por gravas cuarcíticas con matriz arenosa mayores en el Norte (20 cm, 10 cm en el Sur).

La raña es una formación erosiva de los depósitos del Mioceno, por lo que fenómenos de gleyización pueden provocar el encharcamiento más o menos prolongado de los perfiles, drenaje deficiente y condiciones reductoras del suelo. El suelo es un planosuelo, con un perfil del tipo A1 A2 Bt C. El primer horizonte se encuentra en proceso de desaparición, por los procesos que se están dando en A2 de empardecimiento.

El suelo por el que transita el arroyo del Valle, es un fondo de valle constituido por fangos y gravas de aportes laterales y longitudinales, que acabará aguas abajo en el cono de deyección.

Alrededor de este fondo de valle se han formado diferentes tipos de suelo que varían según el curso del río. Todos estos suelos se formaron en el Mioceno superior conocido como Vallesiense, en el Terciario.

Aguas abajo se cambia a fangos ocre con suelos calcimorfos y paleocanales de arena. Son el paso de las facies conglomeríticas a las fano-conglomeríticas, donde predominan los fangos ocre con nódulos de carbonatos, la característica presencia de arena poco cementada y base de gravas silíceas, con una anchura de 100 m y potencia de 2 m. Los nódulos carbonatados presentes en la arena son de la propia cuenca sedimentaria. Y en el análisis de arcillas la Illita es mayoritaria frente a la Caolinita, apareciendo trazas de Pirofilita. Los canales son del tipo de ríos trenzados.

En la parte exterior a este tipo de suelo y predominando en la margen izquierda, aparecen limos y arcillas con algunos paleocanales y suelos calcimorfos. Se diferencia de la anterior facies por las intercalaciones de arcillas limosas y canales de arena y los suelos calcimorfos menos desarrollados. Los paleocanales son de carácter arenoso, con base de grava silícea y arena fina con laminación tipo festón. Las coladas de arcilla roja son procedentes del abanico de Guardo.

En la margen derecha nos encontramos con vertientes de depósitos de la raña, terrazas u otros depósitos miocenos. Son gravas cuarcíticas, limos y arcillas sobre las que no se ha desarrollado u horizonte Bt rojo, sino tierras pardas húmedas.

IV.5. OBRAS DE DRENAJE

Se ha realizado un reconocimiento de la zona a fin de inventariar las obras de drenaje situadas a lo largo del cauce que pudieran tener influencia en el régimen hidráulico del arroyo del Valle en el tramo estudiado.

La capacidad de desagüe se ha calculado siguiendo la instrucción "Drenaje Superficial" del MOPU¹ mediante la aplicación de la fórmula de Manning-Strickler que establece que:

$$Q = S \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2} \cdot K \cdot U$$

Donde:

Q: Caudal desaguado
S: Área de la sección
R: Radio hidráulico

J: Pendiente de la línea de energía
K: Coeficiente de rugosidad
U: Coeficiente de conversión

Para los cálculos anteriormente citados se deja siempre un resguardo para evitar que las obras de fábrica entren en carga, por lo que los cálculos no se realizan con la totalidad de la superficie ni del perímetro mojado.

¹ MOPU (1990). Instrucción de Carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (Boletín Oficial del Estado, 123, 23-5-1990).

De aguas arriba a aguas abajo del arroyo del Valle se describen las diferentes obras de drenaje.



Gráfico 3. Localización de las obras de fábrica (OD-1, OD-2, OD-3, OD-4 y OD-5) en el tramo del arroyo del Valle estudiado.

IV.5.1. OD-1

La obra de fábrica OD-1 consiste en una estructura formada por una caja de hormigón y dos tuberías de hormigón revestidas de chapa de acero corrugado colocadas de forma paralela y separadas 30 cm aproximadamente, que permite discurrir en cauce bajo la carretera CL-615.

La caja tiene unas dimensiones de 2,30 de ancho y 1,50 de alto, con una pendiente de 0,001% y un coeficiente de rugosidad de $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, al tratarse de una estructura de hormigón.

Cada tubería presenta un diámetro de 2,5 m, una pendiente del 0,001% y un coeficiente de rugosidad K estimado de $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, al tratarse de una estructura formada por hormigón.

Ambos vanos de las tuberías se encuentra totalmente invadido de vegetación briófitas, sauces autóctonos, zarzamoras, etc. y casi todo el caudal se desagua por la caja.

El fondo del cauce, tanto aguas arriba como aguas abajo, está formado por tierra y vegetación briófitas.

La capacidad de desagüe de la caja es de $9,07 \text{ m}^3/\text{s}$.

La capacidad de desagüe estimada para cada tubería es de $11,24 \text{ m}^3/\text{s}$, no obstante es necesario remarcar que se encuentran parcialmente obturadas por la vegetación, por lo que la capacidad de desagüe de esta obra de drenaje se ve muy reducida, impidiendo la correcta circulación del caudal.

En total la capacidad de desagüe de estas 3 obras es de $31,56 \text{ m}^3/\text{s}$.

El estudio de campo revela la necesidad de liberar de vegetación briófitas las dos tuberías dispuestas de forma paralela a la estructura en forma de caja, ya que actualmente están totalmente obturadas impidiendo el correcto desagüe del caudal.

Los problemas de desagüe en esta estructura se producirían aguas arriba de la obra y las líneas de inundación se verían limitadas por los taludes de la carretera, por lo que no afectaría a los sectores de estudio.

IV.5.2. OD-2

La obra de fábrica OD-2 consiste en una estructura formada por dos tuberías de hormigón revestidas de chapa de acero corrugado colocadas de forma paralela y separadas 30 cm aproximadamente, que permite discurrir en cauce bajo el vial de acceso al Sector SUR.02.

Cada tubería presenta un diámetro de 2,5 m, una pendiente del 0,001% y un coeficiente de rugosidad K estimado de $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, al tratarse de una estructura formada por hormigón recubierta de chapa de acero corrugado.

Uno de los dos vanos de las tuberías se encuentra invadido de vegetación briófitas y casi todo el caudal se desagua por la otra tubería.

El fondo del cauce, tanto aguas arriba como aguas abajo, está formado por tierra y vegetación briófitas.

Aguas abajo de la obra, en la margen derecha, existe una escollera de piedras que da protección a un espacio libre público.

La capacidad de desagüe estimada para cada tubería es de $91,20 \text{ m}^3/\text{s}$, no obstante es necesario remarcar que una de ellas se encuentra parcialmente obturada por la vegetación, por lo que la capacidad de desagüe de esta obra de drenaje se ve muy reducida, impidiendo la correcta circulación del caudal.

El estudio de campo revela la necesidad de liberar de vegetación briófitas el área de recepción de ambas tuberías.

IV.5.3. OD-3

Se considera como OD-3 una tubería de hormigón recubierta de acero corrugado que da acceso a fincas clasificadas como Suelo Rústico Común (SR-C).

La tubería presentan un diámetro de 2,8 m, una pendiente del 0,001% y un coeficiente de rugosidad K estimado de $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, al tratarse de una estructura de hormigón.

El fondo de este conjunto está cubierto por vegetación briófitas. La capacidad de desagüe estimada para esta tubería es de $123,43 \text{ m}^3/\text{s}$.

IV.5.4. OD-4

La OD-4 permite el acceso a fincas clasificadas como Suelo Rústico Común (SR-C). Se localiza bajo la carretera CL-615 y se trata de una obra constituida por una tubería de hormigón de 3 m de diámetro y 4,5 m de longitud.

La pendiente se estima en 0,001% y un coeficiente de rugosidad K estimado de $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ al tratarse de un tubo de acero corrugado. En el fondo de esta tubería, aguas arriba, hay una pieza grande de escombros, aparentemente de la misma construcción de la obra.

La capacidad de desagüe estimada para esta estructura es de 148,39 m³/s. La capacidad de desagüe de esta obra de drenaje se ve muy reducida por la abundante vegetación briófitas que se acumula, tanto aguas arriba como aguas abajo, impidiendo la correcta circulación del caudal.

IV.5.5. OD-5

La obra de fábrica OD-4 consiste en una tubería de hormigón de 2 m de diámetro que incorpora el flujo al sistema de aguas municipal.

Pendiente se estima en 0,001% y un coeficiente de rugosidad K estimado de 30 m^{1/3}/s por tratarse de una estructura de hormigón.

La capacidad de desagüe estimada para esta tajea es de 37,69 m³/s.

Se considera necesario el mantenimiento de las diferentes obras de fábrica en un correcto estado, limpias de tierra y vegetación briofita que se acumula de forma natural obstaculizando y reduciendo la capacidad de desagüe de las mismas.

V. ESTUDIO DE AVENIDAS

En el presente estudio se trabajará con los datos aportados por la aplicación Caumax ver.2.0 del CEDEX, tras una revisión de los valores que la aplicación da de manera automática.

V.1. CAUDAL DE AVENIDA

V.1.1. Metodología utilizada

La cuenca del arroyo del Valle tiene una superficie de 10,25 Km² y un tiempo de concentración de 4,3 horas, por lo que se encuentra al límite de ser considerada cuenca pequeña pero alargada.

Por consiguiente, en el presente trabajo optaremos por realizar los cálculos bajo el método hidrometeorológico más adecuados, el Método Racional.

El caudal se calcula mediante la fórmula de la Instrucción 5.2-IC relativa a drenaje superficial del MOPU (1990):

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

Donde:

Q (m³/s): Caudal punta para un período de retorno determinado

I (mm/h): Intensidad media durante un intervalo igual al tiempo de concentración T_c

A (Km²): Superficie de la cuenca

C : Coeficiente medio de escorrentía

Intensidad media precipitación

La intensidad media de precipitación I (mm/h) se obtiene de la relación I/I_d expresada en un gráfico I/I_d - I/I_d versus t

Donde:

I_d (mm/h): Intensidad media diaria de cada periodo de retorno considerado, igual a $P_d/24$

P_d (mm): Precipitación total diaria correspondiente a cada periodo de retorno

I/I_d (mm/h): Relación establecida en gráfico y que para esta zona tiene un valor de 10

t (h): Duración del aguacero que se tomará igual al tiempo de concentración T_c

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calcula mediante la expresión:

$$T_c = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{J^{1/4}} \right)^{0,76}$$

Donde:

L : Longitud del cauce principal (km)

J : Pendiente media (m/m)

Escorrentía

El coeficiente de escorrentía C se calcula mediante la expresión:

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

En las cuencas heterogéneas habría que realizar una subdivisión en áreas cuyos coeficientes de escorrentía se calcularán por separado, siendo ponderados por la extensión de cada área homogénea y multiplicados por un factor de corrección geográfico.

V.1.2. Datos de partida

Se extraen los datos obtenidos aplicando el método racional en la aplicación Caumax una vez revisados los datos de entrada. En el Anejo C se incorporan las fichas exportadas desde la aplicación con los datos de cálculo de caudales.

Tabla 1. Cálculos previos

Usos del suelo	METODO RACIONAL
	Río Valdeperal
Superficie (A) Km2	10,25
Tiempo de Concentración (Tc)	
Cota max (Cmax)	1028.0
Cota mínima (Cmin)	927.00
Longitud (L)	10414.0
Pendiente (%)=(C max.-C min.)/L)	0.01
Tc (horas)	4.3
Coefficiente de Uniformidad (K)	
K= 1+((Tc^1.25)/((Tc^1.25)+14)	1.31
Precipitación (I)	
Pd (mm/día)	55.45
Coefficiente Reductor por Área (ARF)	0.93
P (mm/día) corregida	51,71

Fuente: Elaboración propia

V.1.3. Proceso de cálculo

Como indica la Instrucción 5.2-IC relativa a drenaje superficial, se considera conveniente la aplicación del Método Racional para el arroyo del Valle. En la aplicación del CEDEX se incluye en el cálculo del coeficiente de uniformidad K propuesto por Ferrer (1993), con el que se corrige el error de que la precipitación no sea uniforme durante el tiempo de concentración de la cuenca, dado que es utilizado por el CEDEX en los cálculos del Método Racional en la aplicación Caumax.

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

Valor de K obtenido es de 1,31, como se muestra en la tabla anterior.

Por otro lado, incluye un coeficiente reductor de área ARF que corrige el hecho de que la precipitación no sea geográficamente uniforme ni simultánea en toda la cuenca.

$$1 - \frac{\log Sup(Km^2)}{15}$$

Estos coeficientes fueron tenidos en cuenta en los cálculos que a continuación se describen. Valor de ARF obtenido es de 0,93.

Coeficiente de escorrentía

Para determinar el umbral de escorrentía P_0 se efectuaron recorridos de campo y un reconocimiento fotogeológico de la cuenca a fin de determinar los usos del suelo, tipos de suelo, tipos de terrenos y las características hidrológicas. A partir del resultado de este análisis se efectuó una subdivisión de la cuenca a fin de determinar la superficie de las áreas a delimitar y la ponderación correspondiente de los umbrales de escorrentía. Los datos del umbral de escorrentía P_0 son calculados para unas condiciones medias de humedad (AMC II), este valor se calibra a través de un coeficiente auxiliar β , cuyo valor oscila entre 0,5 y 3, en este caso utilizaremos el valor propuesto por el Mapa de caudales máximos del CEDEX que es de 0,7 para la región 23. El coeficiente de escorrentía para la cuenca (C) es de 0,21.

El dato teórico obtenido para P_0 es 29,7 dato que será corregido mediante un coeficiente corrector regional extraído del mapa de la instrucción 5.2-IC y que nos dará un valor de P_0 corregido de 20,79.

V.2. CAUDALES MÁXIMOS DE AVENIDA

A partir de estos datos, se procedió a calcular los caudales máximos de avenida correspondientes a los periodos de retorno considerados. En la Tabla 2 se expresan los resultados obtenidos a partir de la valoración efectuada.

Tabla 2. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	Caudales de avenida (m^3/s)
	Método Racional
10	6
50	12
100	15
500	24

Fuente: Elaboración propia

En el periodo de retorno de 500 años los caudales estimados son inferiores a la capacidad de desagüe de todas las obras de fábrica.

VI. PELIGRO DE INUNDACIÓN

VI.1. METODOLOGÍA UTILIZADA

En cuencas aluviales las crecidas de los cursos asociados son las responsables del peligro de inundación de las márgenes, es decir la posibilidad de anegamiento de los márgenes aluviales. Se habla de riesgos cuando tienen lugar daños o pérdidas económicas principalmente a consecuencia de los procesos de erosión y del poder de arrastre de las aguas de inundación. Los efectos más importantes tienen lugar sobre todo en las riberas de los cauces principales, y su extensión dependerá del caudal de avenida del río, geometría del cauce, presencia de vegetación, etc.

En general, para un determinado tramo del río en el que no se produzcan variaciones geométricas del cauce (ausencia significativa de erosión y sedimentación), la altura que alcanza la lámina de agua dependerá fundamentalmente del caudal de avenida, siendo tanto mayor cuanto más elevado sea éste.

Las actividades antrópicas que se desarrollan en las llanuras de inundación pueden ser gravemente afectadas cuando se desborda un río. Además de los efectos primarios que se producen por los procesos de erosión/arrastre y de sedimentación/colmatación, habría que añadir otros efectos secundarios como los de deslizamientos de laderas, asentamientos, colapsos del terreno, etc.

Para determinar y delimitar las superficies de inundación existen diversos procedimientos centrados fundamentalmente en dos métodos: los métodos hidrológicos que se basan en aspectos hidrológicos (caudales máximos, periodos de retorno, etc.) y los métodos geológicos que consideran otros factores como las características de la sedimentación fluvial, geomorfología, estratigrafía, etc.

La metodología utilizada en este trabajo intenta conjugar tanto los aspectos hidrológicos como los factores geológicos relacionados con las inundaciones. De esta manera se contrastan los datos obtenidos mediante métodos hidrometeorológicos y modelos hidráulicos con los rasgos y formas geomorfológicas que producen las avenidas en la dinámica aluvial y evolución del río.

Dentro del ámbito de estudio, el Sector de Suelo Urbanizable SUR 01 se ve atravesado de Norte a Sur por el arroyo del Valle. En el caso de los sectores de Suelo Urbano No Consolidado SU-NC 01 y SU-NC 02 el arroyo discurre entre ambos sectores.

VI.2. CONDICIONES DE CONTORNO Y PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Para la delimitación de las zonas inundables que se exponen en el Mapa de Peligro de Inundación (recogido en el Anejo A) se ha elaborado un modelo hidráulico unidimensional partiendo de la base topográfica de detalle de Saldaña asociada al arroyo del Valle.

Las condiciones de contorno específicas aplicadas al modelo han sido las siguientes:

- Geometría de los cauces. El arroyo del Valle se ha considerado a efectos de la modelización, como un único tramo. Sobre este tramo se han extraído del Modelo Digital del Terreno los datos de elevaciones correspondientes a 46 perfiles a lo largo del tramo de estudio del arroyo del Valle.
- Obras de Fábrica. Se han modelizado todas las obras de fábrica, cuya morfología se describe en el apartado 4.5 obras de drenaje. Las principales obras de drenaje son estructuras de hormigón u hormigón revestido con chapa de acero corrugado que permiten superar el obstáculo que supone la carretera CL-615.
- Régimen de flujo. Se ha considerado un régimen permanente, unidimensional y mixto entre supercrítico y subcrítico. Esto supone una simplificación de la realidad, ya que no en todo el curso se cumplen estas condiciones. No obstante y dado que no se está elaborando un estudio de

peligrosidad de inundación, sino de delimitación de zonas inundables, esta simplificación puede considerarse válida a efectos del trabajo.

- Caudales de cálculo. Obtenidos en el estudio hidrológico para los diferentes períodos de retorno de 10 (máxima crecida ordinaria, MCO), 50, 100 y 500 años.
- Rugosidad. Estimada a partir de los valores del número de Manning que se extraen de las tablas al uso, y que valoran “n” en función de las características morfológicas y de uso del suelo y del tipo de fondo en las obras de drenaje. Los valores empleados han sido²:

Tabla 3. Números de Manning aplicados en la simulación

Tipo de uso	Número de Manning (n)
Bosque	0,065
Otro arbolado	0,070
Cultivo herbáceo de secano	0,020
Pastizal	0,035
Estructura urbana	0,025
OD (hormigón)	0,015
OD (hormigón revestido de acero corrugado)	0,025

Fuente: Elaboración propia

VI.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el Mapa de peligro de inundación recogido como Anejo A, y los esquemas de calados del Anejo D son coherentes con la interpretación geomorfológica; así el arroyo del Valle a su paso por el área de estudio en el término municipal de Saldaña, incluso para la máxima crecida ordinaria, tiende ocupar las áreas de terreno con cotas bajas. Esta coherencia de resultados valida el modelo de cálculo empleado y se traduce en pocas variaciones entre las líneas correspondientes a los diferentes periodos.

En la clasificación urbanística propuesta dentro de las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña se plantea bien mantener el Sector de Suelo Urbanizable residencial SUR 01 que, según el presente estudio, se vería afectado por las líneas de avenidas de todos los periodos de retorno considerados, adecuando los usos admisibles en el mismo a dicha circunstancia, bien reclasificar este sector como Suelo Rústico.

Los Sectores de Suelo Urbano No Consolidado SU-NC 01 y SU-NC 02 también se ven afectados por las líneas de inundación, por lo que, para solventar el problema dado su carácter de Suelo Urbano y su proximidad con la incorporación del arroyo al sistema de aguas municipal, se planteará una medida estructural adecuada.

² Chow, V.T.; Maidment, D.R. & Mays, L.W. Hidrología Aplicada. McGraw-Hill, 580 págs.

VII. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo ha sido la realización de un estudio de avenidas y la evaluación del peligro de inundación en el entorno de los sectores residenciales SUR 01, SU-NC 1 y SU-NC 02 propuestos por las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña (Palencia).

Para el siguiente trabajo se estudiará el comportamiento hidrológico del arroyo del Valle a su paso por los sectores de estudio en el término municipal de Saldaña, prestando especial atención a los tramos donde el río colinda con los mismos.

A lo largo de su recorrido por la zona de estudio el arroyo del Valle discurre por un único tramo.

La cuenca del arroyo del Valle tiene una superficie de 10,25 Km² y un tiempo de concentración de 4,3. Por consiguiente, en el presente trabajo se optó por realizar los cálculos bajo el método hidrometeorológico más adecuado, el Método Racional.

El Método Racional es el más adecuado para cuencas pequeñas y se basa en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de la escorrentía, con lo que se admite que la única componente de dicha precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente.

Tras el estudio y análisis del método y apoyándose en la aplicación informática Caumax del CEDEX y a partir de la aplicación de cálculos hidrometeorológicos se deducen los siguientes caudales de avenida para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años:

Tabla 4. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	Caudales de avenida (m ³ /s)
10	6
50	12
100	18
500	24

Fuente: Elaboración propia

En el periodo de máxima crecida ordinaria, periodo de retorno de 50 años y sucesivos, los caudales estimados son inferiores a la capacidad de desagüe de las 5 obras de fábrica estudiadas, considerando todas las obras de fábrica libres de vegetación y otros materiales que obstruyan el flujo. En caso contrario, con el estado actual de las obras de fábrica, habría problemas para desaguar el caudal de un periodo de retorno de 50 años en la primera obra de fábrica, ya que tanto la disposición de las tuberías, como su estado o su falta de mantenimiento, hacen que se encuentren parcialmente inutilizadas.

La OD-5 también podría tener problemas de evacuación de caudal si no se mantiene libre de vegetación y otros materiales que pudieran obstruir la circulación del agua.

En relación a todas las obras de fábrica se aconseja el mantenimiento periódico de las mismas evitando su deterioro, aterramiento u obstrucción, para que no disminuya su capacidad de evacuación de agua y por consiguiente evitar la acumulación de agua incluso posibles inundaciones aguas arriba de las obras de fábrica.

Además, aguas abajo de los sectores de Suelo Urbano No Consolidado, se observó un área excavada en la tierra, posiblemente originada por las obras inacabadas colindantes, con agua estancada que debería adecuarse (ver Fotografía 12. del Anejo G).

Para la delimitación de las zonas inundables asociadas a los posibles desbordamientos que pudieran desencadenarse en los diferentes sectores, y a partir de los caudales estimados para periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, y sobre las secciones de cálculo se ha generado un modelo hidráulico unidimensional. De esta manera se delimitaron las líneas de inundación esperadas.

En vistas a las líneas de inundación resultantes y como consecuencia de la tendencia del agua a ocupar zonas de cota inferior, tanto el Sector SUR 01, como los sectores SU-NC 01 y SU-NC 02 se verían muy afectados por las inundaciones de todos los periodos de retorno considerados. No obstante es necesario mencionar que cuando se realizó la ampliación de las aceras de la calle Luís Vives (situada al Oeste de los sectores de Suelo Urbano No Consolidado) y el nuevo nudo de la CL-615, se ejecutó un canal abierto que recorre el límite Oeste de esta zona, reduciendo la escorrentía y por consiguiente el caudal que llegará a estos sectores y a la sección de cierre.

En consecuencia, el Documento para Aprobación Definitiva de las Normas Urbanísticas Municipales propondrá bien mantener el Sector de Suelo Urbanizable residencial SUR 01, adecuando los usos admisibles en el mismo a dicha circunstancia, bien reclasificar el Sector Urbanizable SUR 01 a Suelo Rústico, y mantendrá los Sectores de Suelo Urbano No Consolidado aprobados provisionalmente, considerando oportuno adecuar el entorno aguas arriba de la OD-5 y canalizar el arroyo del Valle a su paso por los sectores de Suelo Urbano No Consolidado SU-NC 01 y SU-NC 02, de forma que el arroyo discurra por un cauce definido sin inundar las áreas adyacentes.

Se proponen dos posibles alternativas optándose en el presente estudio por el encauzamiento mediante zanja, por lo que se presentará modelo HEC RAS de esta alternativa.

Las dos opciones propuestas son:

- a) El encauzamiento mediante una zanja de sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica de 1,75x1,5 metros (en función de los materiales a revestir o no la zanja), en una longitud de aproximadamente 250 metros aguas arriba de la OD-5, en función de cómo se planteen las uniones con las OD existentes aguas arriba y abajo (OD-4 y OD-5), y adecuación del entorno.
- b) Canalización mediante tubería de hormigón de 2 metros de diámetro en una longitud de 250 metros aguas arriba de la OD-4.

El resultado de ambas medidas estructurales sería similar en cuanto a capacidad de desagüe, que se representa en el Gráfico 4, donde se puede comprobar que la envolvente máxima para el periodo de retorno de 500 años con la canalización en zanja abierta cambia la situación en esta zona, evitando el riesgo de inundación de los sectores SU NC 01 y SU NC 02, que además establece una banda de espacios libres públicos de 12,45 metros de anchura en el tramo urbano del arroyo del Val.



Gráfico 4. Resultado de la medida estructural planteada en el entorno de los sectores de Suelo Urbano No Consolidado.

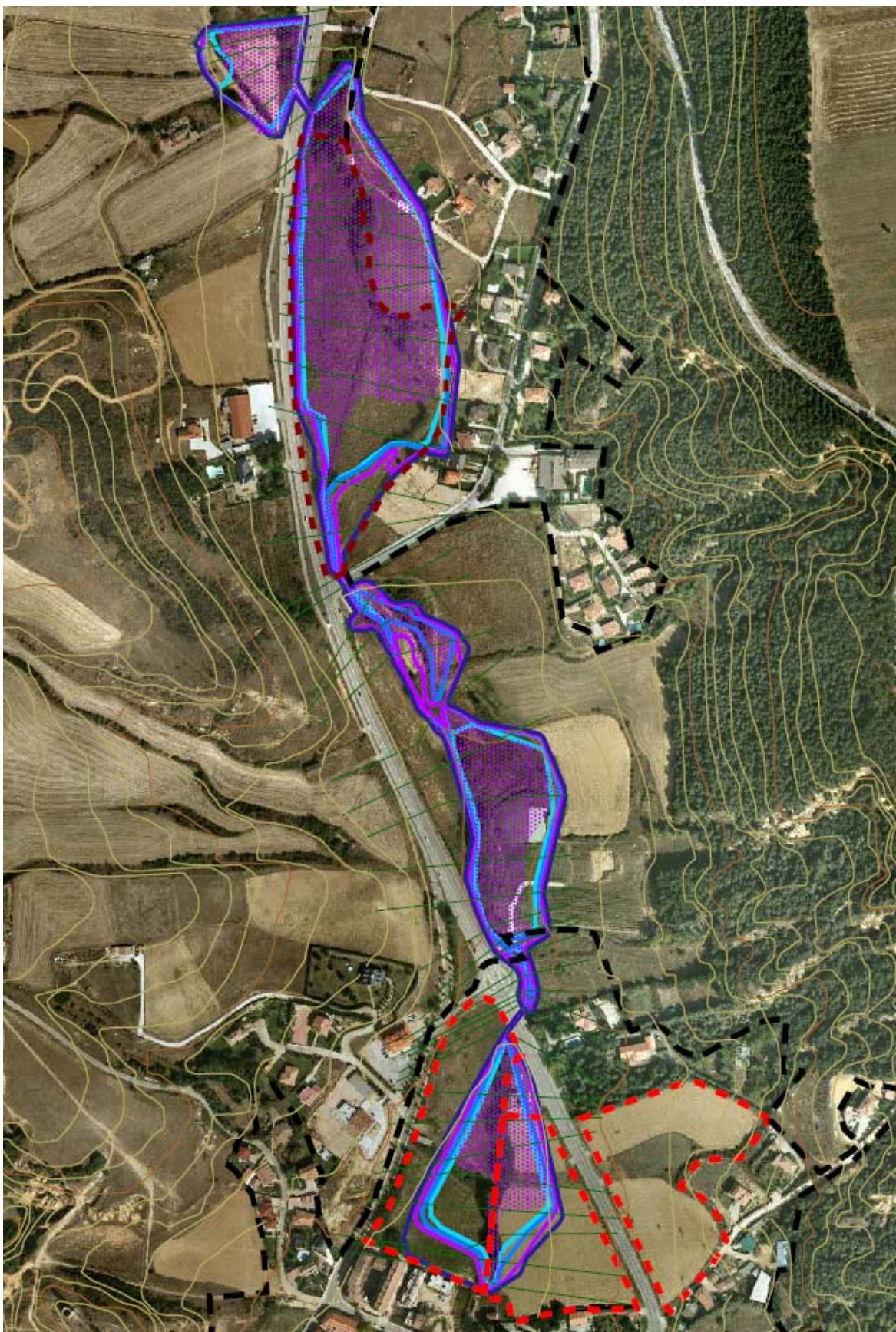
Se plantea la posibilidad de llevar la zanja recta dejando por la margen izquierda del canal la vegetación autóctona de ribera intacta, afectando únicamente a la vegetación de uno de los márgenes del arroyo. Se recomienda adecuar y revegetar la zona tras la actuación.

Valladolid, Julio 2016

Fdo.: Verónica García García
Ingeniera de Montes
Colegiado 5.305

ANEJOS

A. MAPA DE PELIGRO DE INUNDACIÓN



Líneas de inundación correspondientes a la MCO y los periodos de retorno de 50, 100 y 500 años (de azul claro a azul oscuro) y zona de flujo preferente (tramado morado) en relación a los sectores de Suelo Urbanizable SUR 01 (en granate) y Suelo Urbano No Consolidado SU-NC 01, SU-NC 02 y SU-NC 03 (de izquierda a derecha, en rojo). En negro, Suelo Urbano Consolidado.

B. INDICES DE FIGURAS

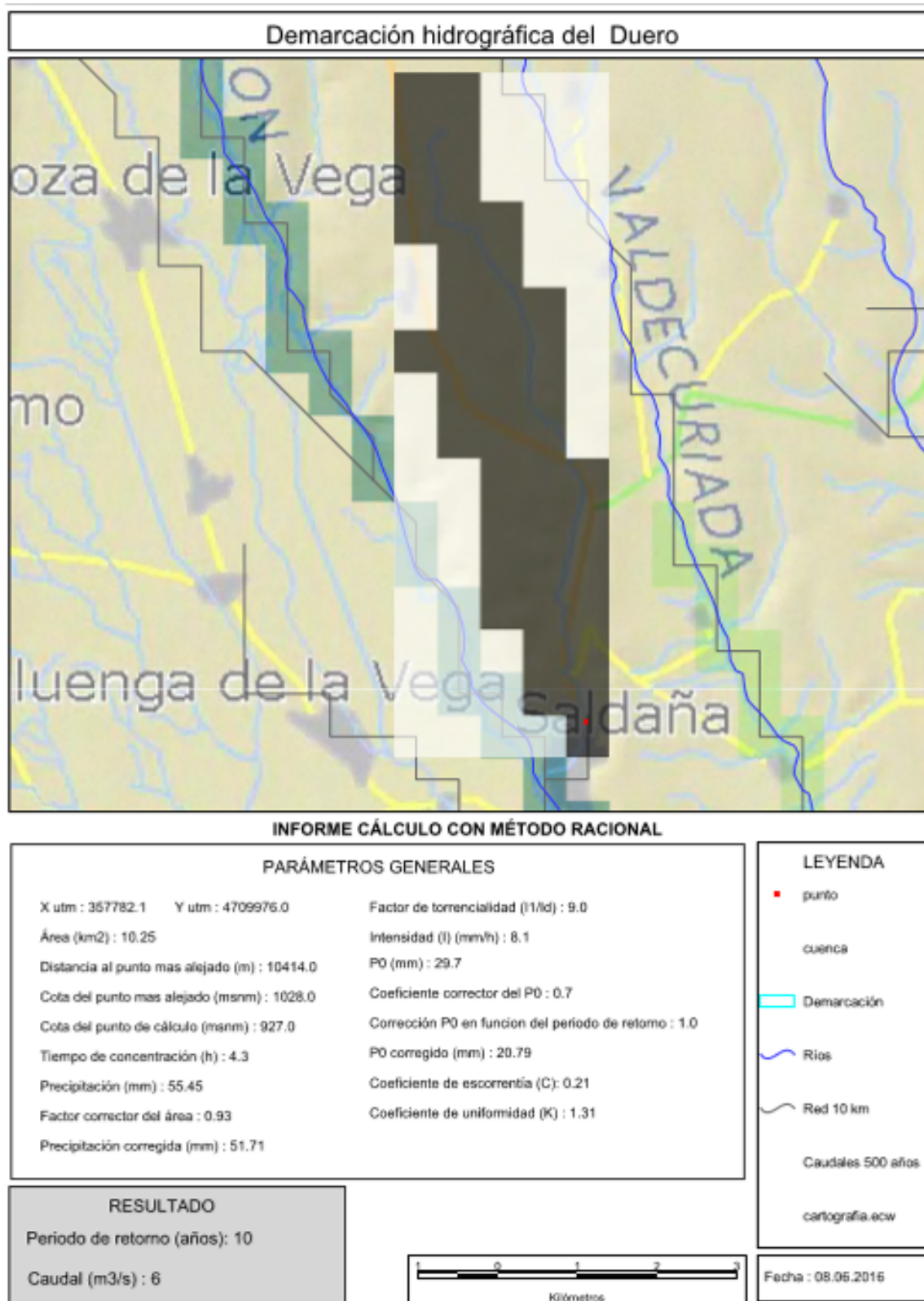
ÍNDICE DE TABLAS

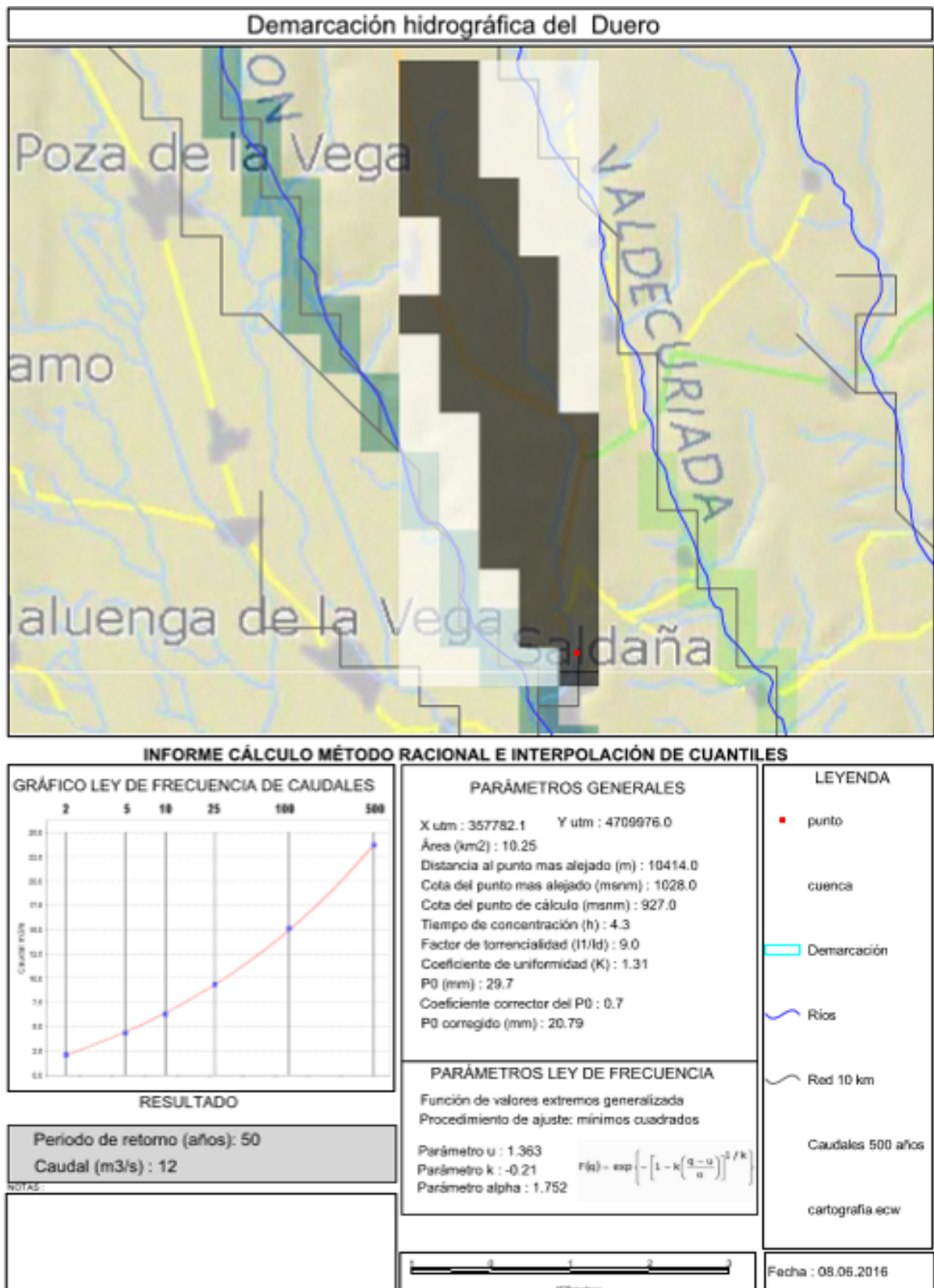
Tabla 1. Cálculos previos	16
Tabla 2. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno	17
Tabla 3. Números de Manning aplicados en la simulación	20
Tabla 4. Caudales de avenidas estimados para diferentes periodos de retorno	21

ÍNDICE DE GRÁFICOS

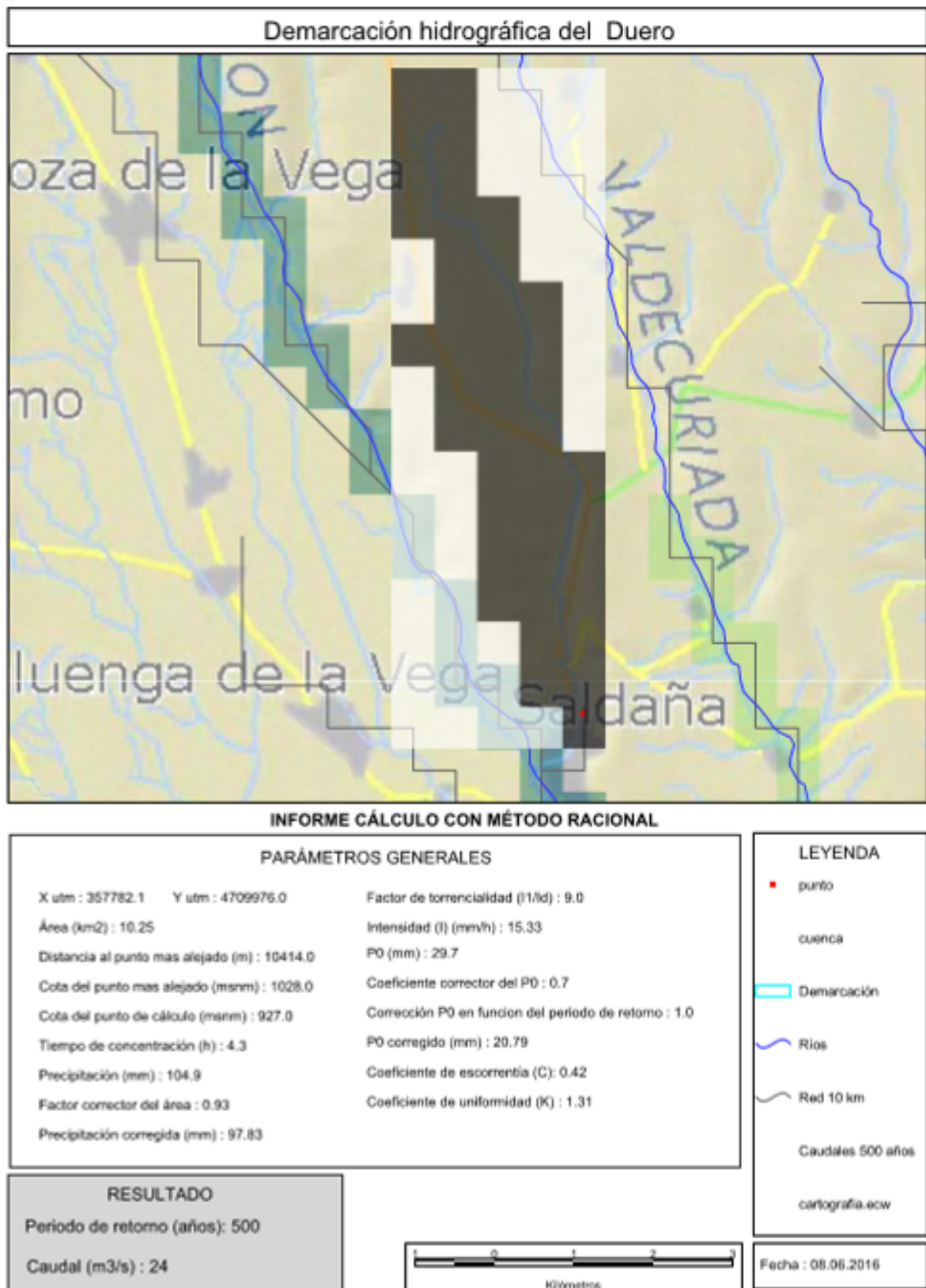
Gráfico 1. Situación de la cuenca vertiente del arroyo del Vale. La línea verde delimita las diferentes cuencas vertientes.....	9
Gráfico 2. Modelo digital de elevación de la cuenca del arroyo del Valle (en rojo cuenca vertiente y en azul zona de estudio).....	9
Gráfico 3. Localización de las obras de fábrica (OD-1, OD-2, OD-3, OD-4 y OD-5) en el tramo del arroyo del Valle estudiado.	12
Gráfico 4. Medida estructural planteada en el entorno de los sectores de Suelo Urbano No Consolidado SU-NC 01 y SU-NC 02.	23

C. CÁLCULO DE CAUDALES DEL ARROYO DEL VALLE

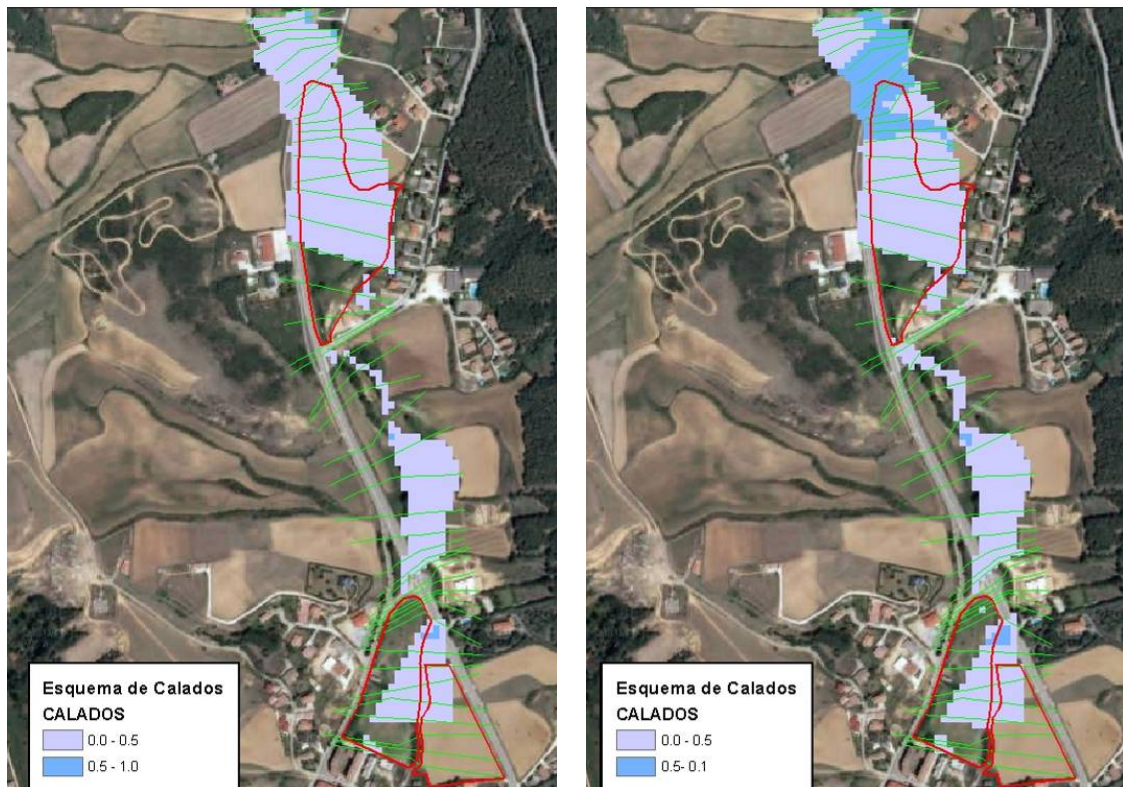




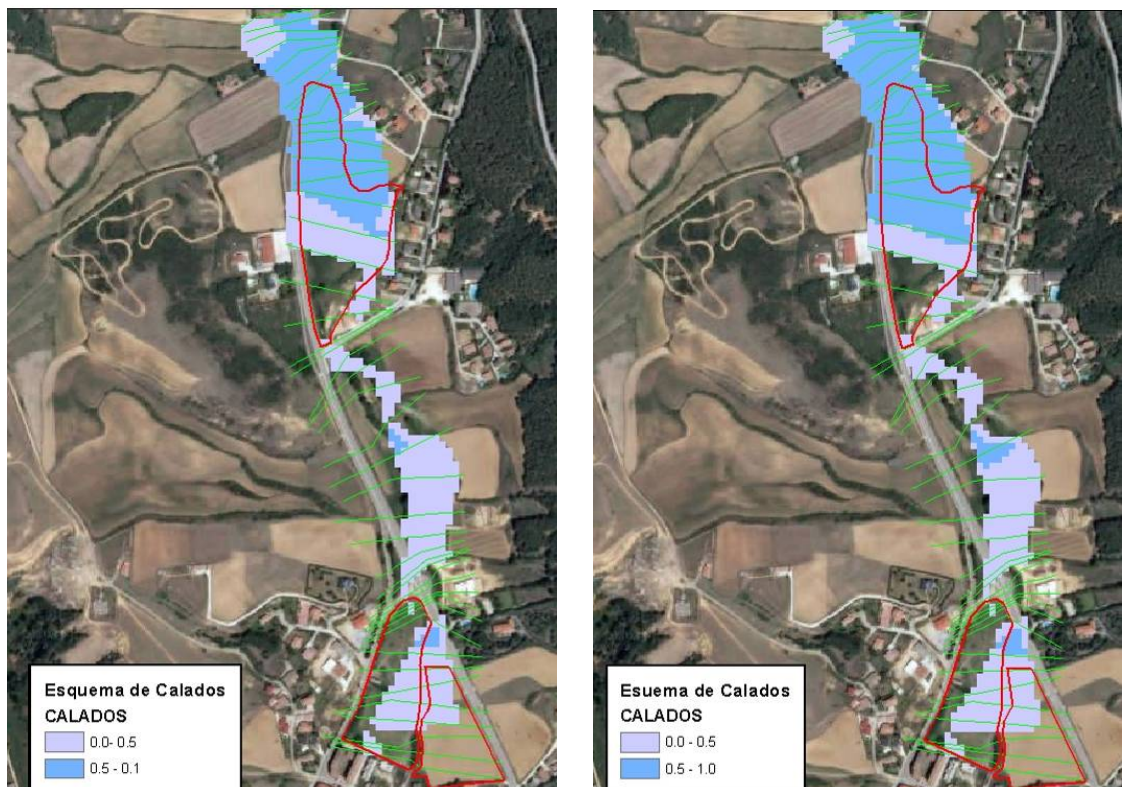




D. ESQUEMAS DE CALADOS

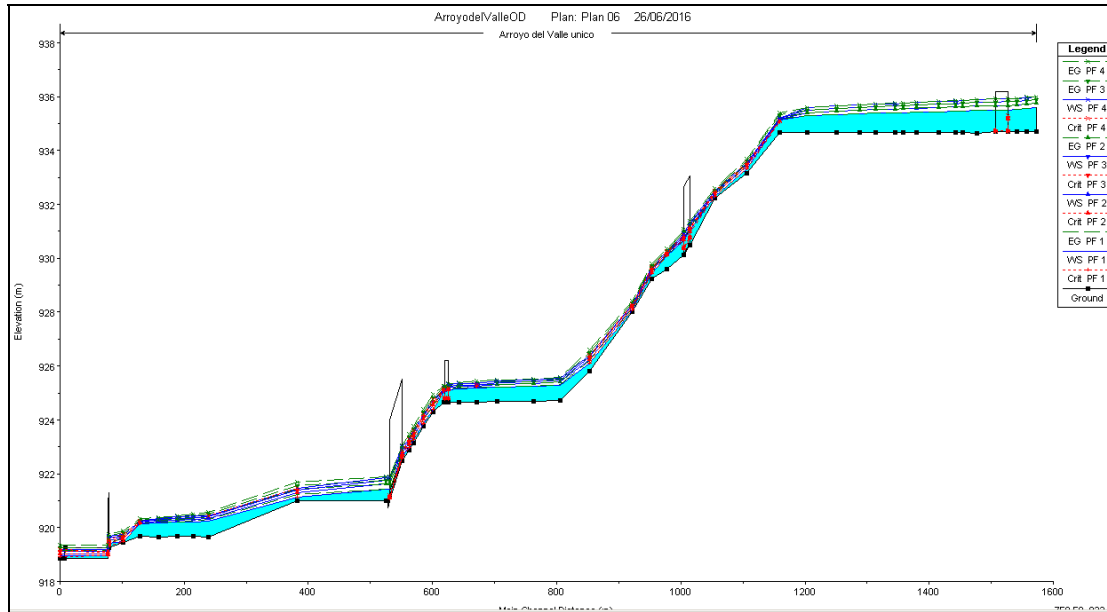


Esquema de calados para MCO y periodo de retorno de 50 años

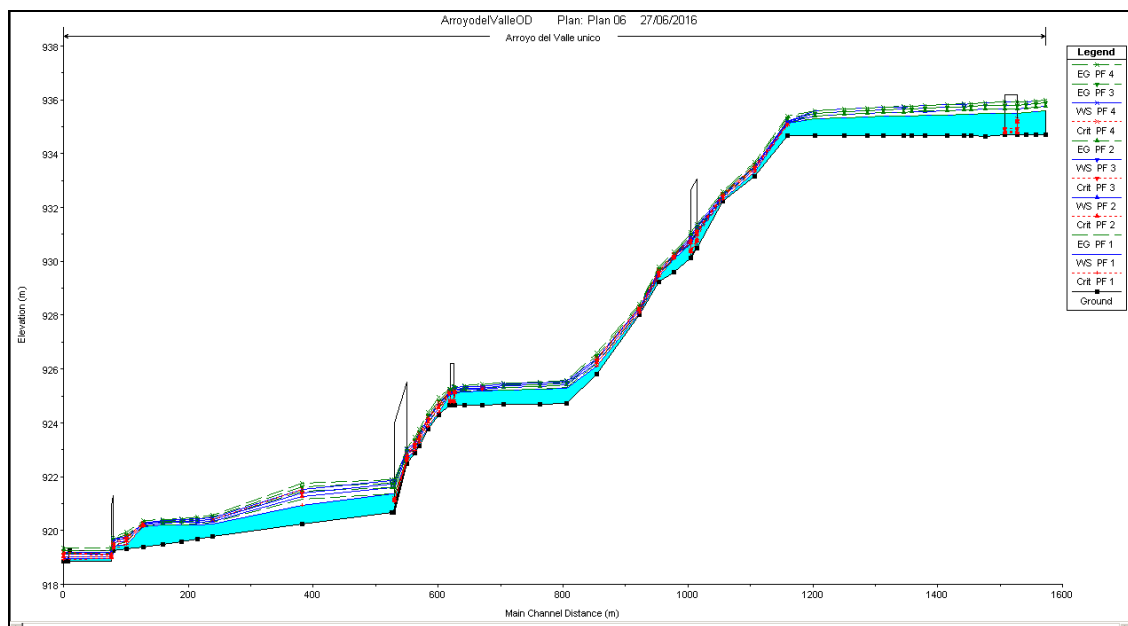


Esquemas de calados para periodos de retorno de 100 y 500 años

E. PERFIL LONGITUDINAL

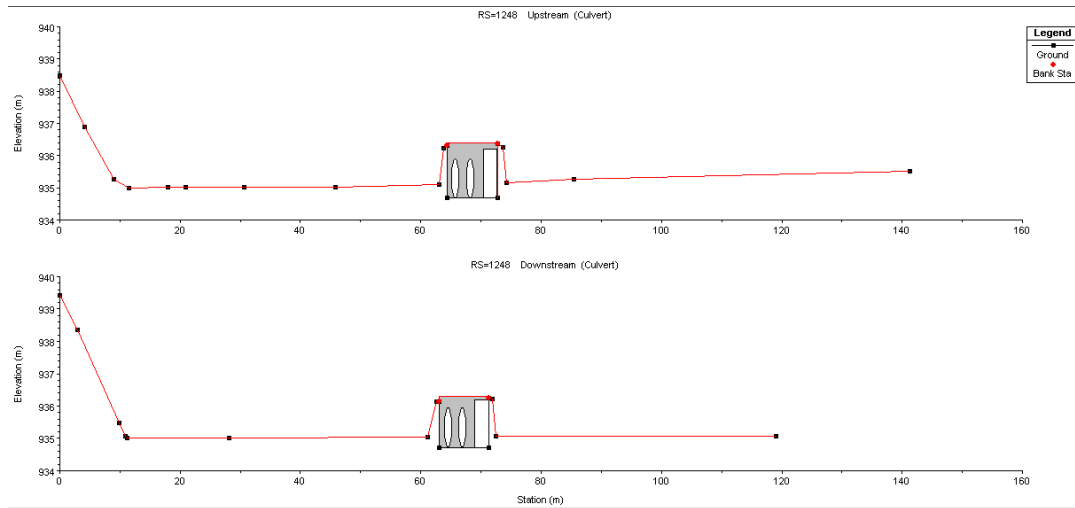


Perfil longitudinal del arroyo del Valle

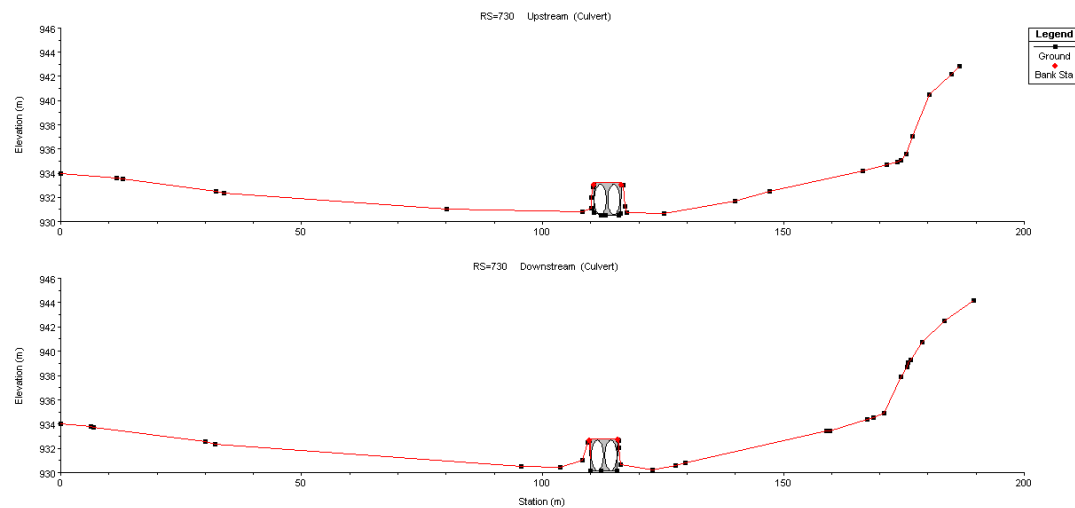


Perfil longitudinal del arroyo del Valle con tramo final canalizado.

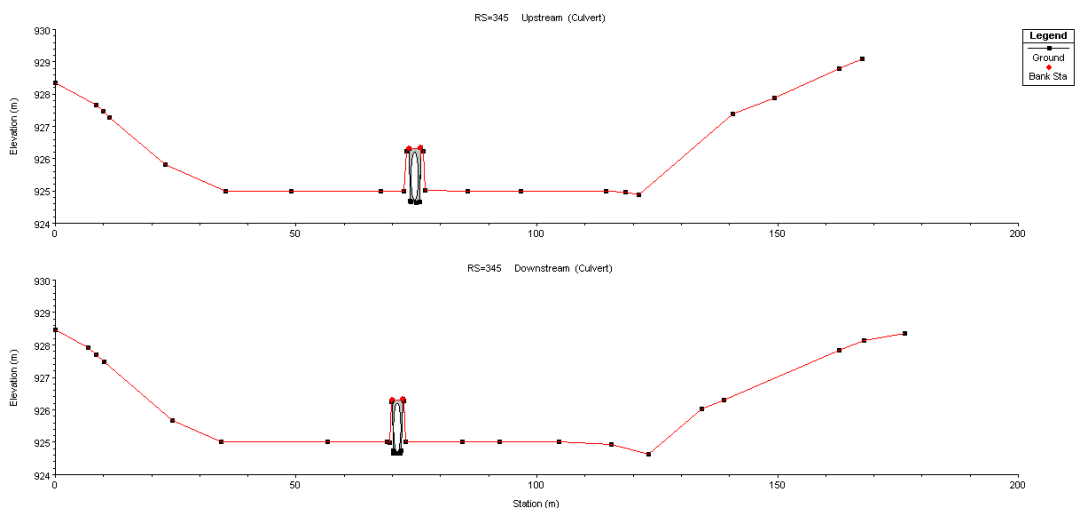
F. PERFILES TRANSVERSALES DE LAS OBRAS DE FÁBRICA



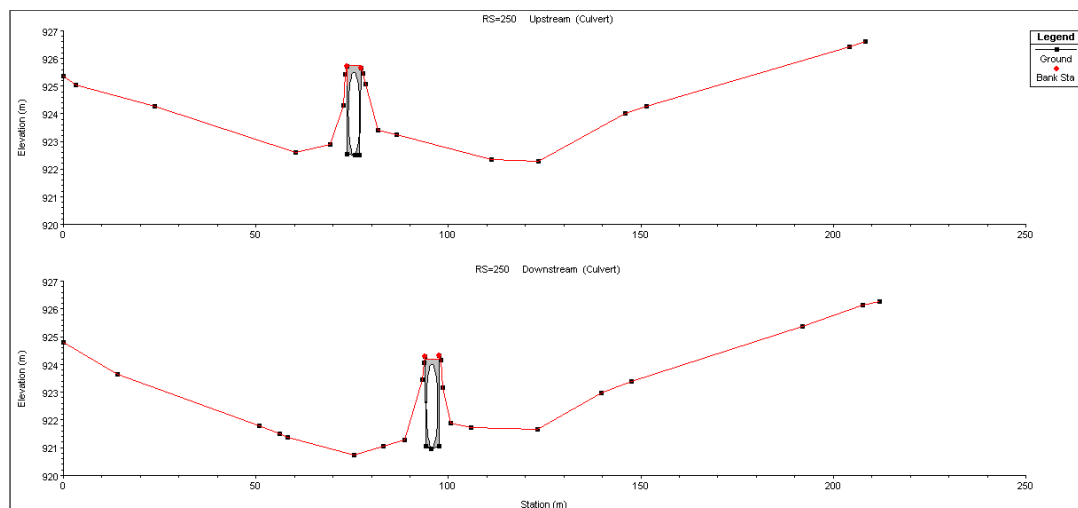
Perfil transversal OD-1



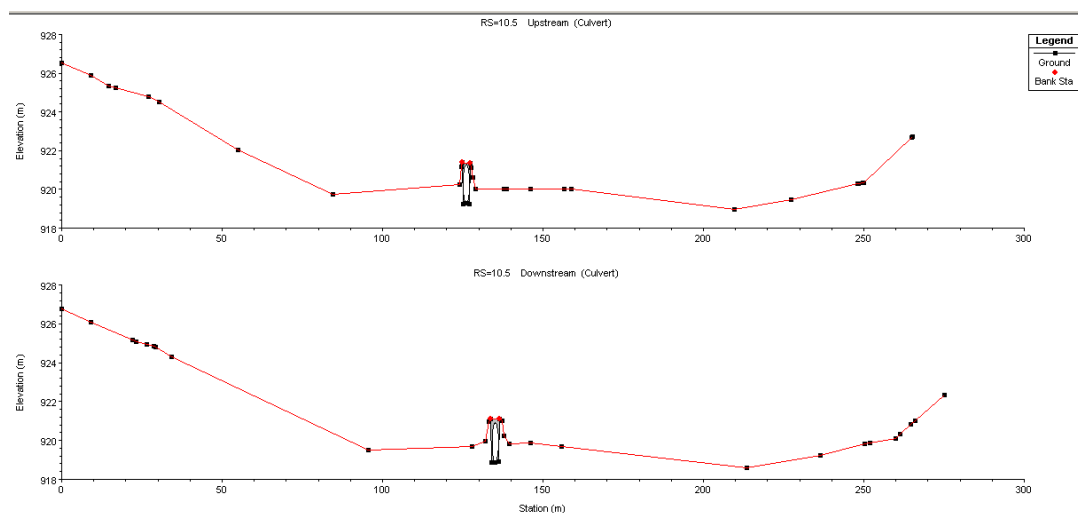
Perfil transversal OD-2



Perfil transversal OD-3



Perfil transversal OD-4



Perfil transversal OD-5

G. DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA



FOTOGRAFÍA 1. Obra de fábrica OD-1 aguas arriba.



FOTOGRAFÍA 2. Obra de fábrica OD-1 aguas abajo.



FOTOGRAFÍA 3. Imagen de la OD-2 aguas arriba.



FOTOGRAFÍA 4. Imagen de OD-2 aguas abajo.



FOTOGRAFÍA 5. Obra de fábrica OD-3 aguas arriba.



FOTOGRAFÍA 6. Obra de fábrica OD-3 aguas abajo.



FOTOGRAFÍA 7. Obra de fábrica OD-4, aguas arriba.



FOTOGRAFÍA 8. Obra de fábrica OD-4 aguas abajo.



FOTOGRAFÍA 9. Entorno de los sectores de Suelo Urbano No Consolidado.
(Vista desde aguas abajo)



FOTOGRAFÍA 10. Entorno del Sector de Suelo Urbanizable SUR 01.
(Vista desde aguas abajo)



FOTOGRAFÍA 11. Vista del canal abierto próximo a los sectores de Suelo Urbano No Consolidado.



FOTOGRAFÍA 12. Vista del área encharcada aguas debajo de los sectores de Suelo Urbano No Consolidado.

EQUIPO REDACTOR

Este **Estudio Hidrológico Hidráulico**, forma parte del Documento para Aprobación Definitiva de las Normas Urbanísticas Municipales de Saldaña (PALENCIA), que ha sido redactado por el equipo técnico de la UTE PLANZ Planeamiento Urbanístico S.L.P.-GAMA Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales S.L, por encargo del Excmo. Ayuntamiento de Saldaña

Han participado en la redacción del documento:

DIRECCIÓN TÉCNICA

Gregorio Vázquez Justel, Arquitecto-Urbanista.
PLANZ Planeamiento Urbanístico S.L.P.

ORDENACIÓN URBANÍSTICA Y REDACCIÓN DE DOCUMENTOS

Andrea Roderer Culhane. Arquitecto. Coordinación general.
Carlos Santamarina Macho. Arquitecto.
PLANZ Planeamiento Urbanístico S.L.P
Miguel Ángel Ceballos Ayuso, Geógrafo. Coordinación administrativa.
GAMA Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales S.L.:

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO

Miguel Ángel Ceballos Ayuso, Geógrafo.
Verónica García García. Ingeniera Técnica Forestal. Estudios hidrológico-hidráulicos.
GAMA Grupo de Alternativas Medioambientales y Territoriales S.L.

ESTUDIO Y CATÁLOGO ARQUEOLÓGICO

STRATO Gabinete de Estudios Históricos y Arqueológicos S.L.

Gregorio Vázquez Justel
Director Técnico del Equipo Redactor

Valladolid, Julio de 2016.