Firmado por Antonio Dorado Calvo - I.C.C.P. - Nº Col.: 31.721 - adorado.iccp@gmail.com - 654 955 808

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 - 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

Vélez-Málaga, diciembre de 2024

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3
   1.1 Titular 3
   1.2 Redactor 3
2. CONDICIONANTES LEGALES Y MARCO NORMATIVO 3
3. ASPECTOS NORMATIVOS 4
4. OBJETIVO 4
5. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO 5
6. METODOLOGÍA 5
7. DATOS DE PARTIDA Y BIBLIOGRAFÍA 5
8. RED HIDROGRÁFICA SUPERFICIAL DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO 6
9. DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO 6
10. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL 6
   10.1 Consideraciones Generales. 6
   10.1 Máxima Crecida Ordinaria. 6
   10.2 Cartografía. 7
   10.3 Estudio de Cuencas. 8
   10.4 Superficie de la Cuenca y Parámetros Físicos. 8
   10.5 Tiempo de concentración. 8
   10.6 Precipitaciones máximas para distintos períodos de retorno. 9
   10.7 Coeficiente de escorrentía y estimación del umbral de escorrentía. 10
   10.8 Corrección del umbral de escorrentía. 11
   10.9 Intensidad de precipitación. 12
   10.10 Caudales según método 5.2 I.C. 13
11. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL 13
   11.1 Fundamentos del Modelo HEC-RAS. 13
   11.2 Simulación hidrodinámica del cauce. 14
      11.2.1 Cartografía. 14
      11.2.2 Parámetros del Modelo 15
      11.2.3 Asignación Coeficientes de Rugosidad 15
      11.2.4 Condiciones de contorno 17
      11.2.5 Condiciones iniciales 17
      11.2.6 Condiciones internas 17
   11.3 Resultados del modelo hidráulico de la red de drenaje principal en el ámbito de actuación 19
   11.4 Zona de Flujo Preferente 19
12. CONSIDERACIONES FINALES 20
13. ANEXO I: RESUMEN HIDROLÓGICO 21
   13.1 Tiempo de concentración. 21
   13.2 Intensidades medias de precipitación 21
   13.3 Coeficiente de escorrentía 21
   13.4 Caudales. 21
14. ANEXO II: PLANOS 21

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este documento, es el **Estudio Hidrológico e Hidráulico del Torrent de Sitges, a su Paso por las Parcelas 210 - 213, Polígono 2, en el Término Municipal de Pollença (Mallorca)**, a fin de conocer las condiciones de dicho cauce natural que linda las anteriores propiedades, y así servir de documentación técnica para el análisis de la posible afección.

La redacción del presente estudio surge del interés de diversos promotores de realizar nuevas instalaciones de almacenamiento energético en las citadas parcelas.

Bajo este contexto, **One Dev Energy S.L. (ODS)**, que gestiona los proyectos de las nuevas instalaciones mencionados, cuenta con los servicios de Antonio Dorado Calvo para el desarrollo de los trabajos aquí incluidos, y, por consiguiente, es objeto de este documento, del que la presente es su Memoria, ser el Estudio Hidrológico e Hidráulico que arroje los límites administrativos necesarios para realizar los procedimientos pertinentes con la Administración.

1.1 Titular

Se redacta la presente memoria por encargo de **ONE DEV ENERGY S.L.,** con Código de Identificación Fiscal **B72481856** y domicilio social en **Av. Averroes, número 8, Edificio Acrópolis, módulos 409-410, 41020 Sevilla.**

1.2 Redactor

Redacta el presente Estudio Hidrológico e Hidráulico, el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Antonio Dorado Calvo, con número de colegiado 31.721.

2. CONDICIONANTES LEGALES Y MARCO NORMATIVO

A continuación, se expone la normativa vigente en referencia a zonas susceptibles de ser invadidas por las crecidas de los cauces de corrientes naturales y que será adoptada como marco de referencia en el desarrollo del presente Estudio.

Cualquier omisión aquí de legislación no exime de su obligatoriedad de cumplimiento. Asimismo, la indicación, en su caso, de normativa derogada implicará la obligatoriedad de cumplimiento de la normativa que, aun sin estar explícitamente aquí indicada, la sustituya.

- **Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas:**

Art.2: Constituyen el dominio público hidráulico del Estado, con las salvedades expresamente establecidas en esta Ley:

a) Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables con independencia del tiempo de renovación.

b) Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.

c) Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.

d) Los acuíferos subterráneos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.

e) Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar.

Art.5.1: Son de dominio privado los cauces por los que ocasionalmente discurran aguas pluviales en tanto atraviesen, desde su origen, únicamente fincas de dominio particular.

- **Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminares. I. IV. V. VI. VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. (R.D. 849/1986, de 11 de abril modificado por R.D. 665/2023, de 18 de julio):**

1. Se consideran 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.

La calificación como zonas inundables no alterará la calificación jurídica y la titularidad dominical que dichos terrenos tuviesen.

2. Los organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo, y en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables.

De igual manera los organismos de cuenca trasladarán al Catastro inmobiliario así como a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo los deslindes aprobados definitivamente, o las delimitaciones de los mismos basadas en los estudios realizados, así como de las zonas de servidumbre y policía, al objeto de que sean incorporados en el catastro y tenidos en cuenta en el ejercicio de sus potestades sobre ordenación del territorio y planificación urbanística, o en la ejecución del planeamiento ya aprobado.

3. El conjunto de estudios de inundabilidad realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y sus organismos de cuenca configurarán el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, que deberá desarrollarse en colaboración con las correspondientes Comunidades Autónomas, y, en su caso, con las administraciones locales afectadas. En esta cartografía, además de la zona inundable, se incluirá de forma preceptiva la delimitación de los cauces públicos y de las zonas de servidumbre y policía, incluyendo las vías de flujo preferente.

La información contenida en el Sistema Nacional de Cartografía de las Zonas Inundables estará a disposición de los órganos de la Administración estatal, autonómica y local.

Se dará publicidad al Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables de conformidad con lo dispuesto en la Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

- **Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica.**

Art.5: Identificación y delimitación de masas de agua superficial

En cada demarcación hidrográfica se determinarán la situación y los límites de las masas de agua superficial y se llevará a cabo una caracterización de dichas masas mediante su clasificación en categorías y tipos. Se podrán agrupar distintas masas de agua superficial a efectos de dicha caracterización. La situación y los límites de las masas de agua superficial se definirán mediante un sistema de información geográfica.

- **Texto refundido de Ley de Aguas (R.D.L. 1/2001, de 20 de julio):**

Art.11: Las zonas inundables.

Los terrenos que puedan resultar inundados durante las crecidas no ordinarias de los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos, conservarán la calificación jurídica y la titularidad dominical que tuvieren.

Los Organismos de cuenca darán traslado a las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo de los datos y estudios disponibles sobre avenidas, al objeto de que se tengan en cuenta en la planificación del suelo y, en particular, en las autorizaciones de usos que se acuerden en las zonas inundables.

El Gobierno, por Real Decreto, podrá establecer las limitaciones en el uso de las zonas inundables que estime necesarias para garantizar la seguridad de las personas y bienes. Los Consejos de Gobierno de las Comunidades Autónomas podrán establecer, además, normas complementarias de dicha regulación.

- **Plan Hidrológico Nacional (ley 10/2001, de 5 de julio):**

Art.28. Protección del dominio público hidráulico y actuaciones en zonas inundables.

En el dominio público hidráulico se adoptarán las medidas necesarias para corregir las situaciones que afecten a su protección, incluyendo la eliminación de construcciones y demás instalaciones situadas en el mismo.

El Ministerio de Medio Ambiente impulsará la tramitación de los expedientes de deslinde del dominio público hidráulico en aquellos tramos de ríos, arroyos y ramblas que se considere necesario para prevenir, controlar y proteger dicho dominio.

Las Administraciones competentes delimitarán las zonas inundables teniendo en cuenta los estudios y datos disponibles que los Organismos de cuenca deben trasladar a las mismas, de acuerdo con lo previsto en el artículo 11.2 de la Ley de Aguas.

Para ello contarán con el apoyo técnico de estos Organismos y en particular, con la información relativa a caudales máximos en la red fluvial, que la Administración hidráulica deberá facilitar.

El Ministerio de Medio Ambiente promoverá convenios de colaboración con las Administraciones Autonómicas y Locales que tengan por finalidad eliminar las construcciones y demás instalaciones situadas en dominio público hidráulico y en zonas inundables que pudieran implicar un grave riesgo para las personas y los bienes y la protección del mencionado dominio.

- **Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2007 relativa a evaluación y gestión de los riesgos de inundación:**

Art.1: El objetivo de la presente Directiva es establecer un marco para la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, destinado a reducir las consecuencias negativas para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica, asociadas a las inundaciones en la Comunidad".

La Directiva obliga a los Estados miembros a elaborar mapas de riesgos de inundación y planes de gestión para proteger a la población, y exige la coordinación entre los Estados que compartan una cuenca hidrográfica para impedir que las decisiones de un país aumenten el riesgo de inundación en otro.

Esta Directiva detalla:

- Evaluación preliminar de riesgo de inundación.
- Mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgos de inundación.
- Planes de gestión de riesgos de inundación.
- Coordinación con la Directiva 2000/60/CE, información y consultas públicas.
- Medidas de ejecución y modificaciones
- Medidas transitorias.

- **Instrucción 5.2-IC "Drenaje Superficial" (2018).**

En la redacción de este estudio, se han seguido las especificaciones contenidas en esta instrucción.

3. ASPECTOS NORMATIVOS

Por su propia naturaleza, el problema de las inundaciones es de gran complejidad, viéndose afectado por cuestiones hidrológicas, meteorológicas, territoriales, socioeconómicas y medioambientales. Ante cualquier actuación se deberán tener en cuenta, en la medida que corresponda su aplicación en cada caso, los preceptos relativos a:

- **Zonas de Servidumbre**: Respetará una franja de 5 m de anchura paralelas a los cauces para permitir el uso público regulado en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 849/86 de 11 de abril), con prohibición de edificar y plantar especies arbóreas sobre ellas. (art.6 al 8 del Reglamento).
- **Zonas de Policía**: Obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca, para efectuar en la banda de 100 metros de anchura paralelas a los cauces para las actuaciones que se contienen en los artículos 6 al 9 y 78 al 82 del Reglamento.
- **Zonas Inundables**: Para proteger a personas y bienes, los planes de expansión deberán respetar las áreas inundables, de acuerdo con el art. 28.2 del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001 de 5 de julio) deberán delimitarse dichas zonas inundables por las Administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo.
- **Cauces de Dominio Público Hidráulico**. Obtener autorización previa del Organismo de la Cuenca para el uso o las obras dentro del cauce público (art. 51 al 77; 126 al 127 y 136 del Reglamento).

4. OBJETIVO

El objetivo del presente estudio es efectuar la caracterización hidrológica e hidráulica del entorno de las parcelas, para poder estimar el comportamiento del flujo y las afectaciones de inundación que pueden producir las crecidas estimadas, y de ahí servir de base para el marcaje de los límites administrativos.

Esta caracterización consiste en:

- Identificación de la red hidrográfica en el ámbito de estudio.
- Análisis de la interferencia entre la red hidrográfica y la instalación.
- Determinación del procedimiento de estudio más apropiado.
- Delimitación de las cuencas de escorrentía correspondientes a la red de drenaje.
- Caracterización hidrogeológica de las cuencas de escorrentía consideradas.
- Caracterización pluviométrica en las cuencas de escorrentía consideradas.
- Modelización hidráulica para el análisis del comportamiento del flujo superficial en el ámbito de la instalación.

5. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La zona de estudio se ubica dentro del Término Municipal de Rincón de la Victoria. Concretamente, a unos 3 km al oeste de su centro urbano, al norte de la Autovía del Mediterráneo A-7 que la separa con la localidad de La Cala del Moral, tal y como se puede observar en las siguientes imágenes.

Ilustración 1. Situación del ámbito de estudio.

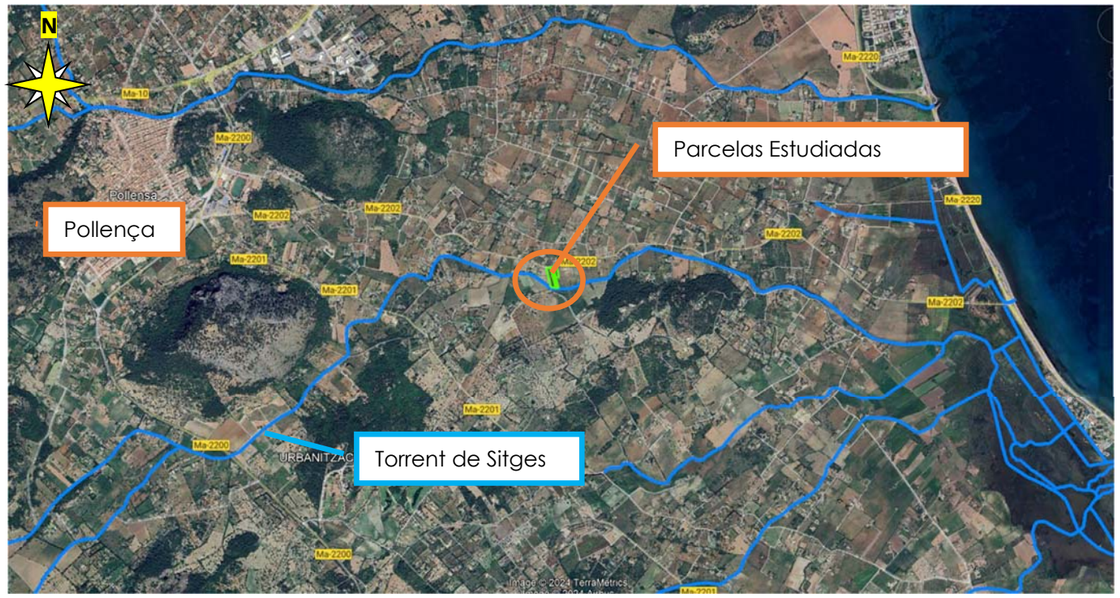
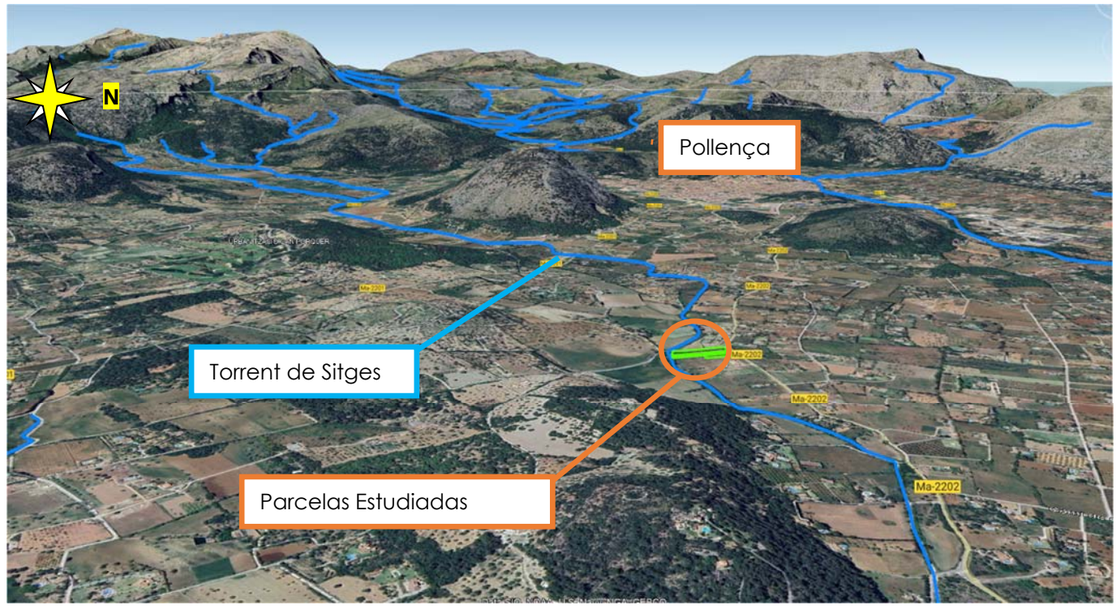


Ilustración 2. Emplazamiento del ámbito de estudio.



6. METODOLOGÍA

La metodología a seguir es la siguiente:

- A partir de los datos de partida de terreno se procederá a la creación de su modelo digital en torno al ámbito sometido a estudio, a partir del cual, mediante la aplicación de herramientas GIS, se generará la red de drenaje del entorno y las cuencas vertientes que intervienen.
- Se analizará tanto las dimensiones de las mencionadas cuencas, como la interacción de esta red de drenaje con los límites del ámbito de las parcelas, de modo que como resultado de este análisis se establecerá cuál es el proceso más adecuado para el estudio hidrológico e hidráulico.
- Seguidamente se procederá a la caracterización en base a sus características fisiográficas y pluviométricas.
- A continuación, se procederá a establecer el ámbito y procedimiento del análisis hidráulico del ámbito que permita caracterizar el comportamiento del flujo en toda la extensión del mismo. Esta caracterización del comportamiento del flujo se realizará mediante el desarrollo de un modelo hidráulico.

Este análisis se efectuará para escenarios de recurrencia correspondientes a 10, 100 y 500 años de periodo de retorno, de manera que se obtendrán las superficies inundables en cada escenario en el ámbito de las citadas parcelas.

7. DATOS DE PARTIDA Y BIBLIOGRAFÍA

Para la realización del presente estudio se parte de las siguientes fuentes de información:

- Sede Electrónica de Catastro.
- Fotogramas y ortofotografías de vuelos:
  - PNOA MÁXIMA ACTUALIDAD.
  - Google Maps y Google Earth
- Modelos Digitales de Elevaciones:
  - MDT02 PASO DE MALLA DE 2X2 (Instituto Geográfico Nacional).
  - Nubes de puntos LIDAR.
- Red Hidrográfica Superficial:
  - Mapa Topográfico de España (1:25.000) (IGN).
  - Visualizador de Información Geográfica de Referencia de Hidrografía (Instituto Geográfico Nacional) y fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua DGA, Instituto Hidrográfico de la Marina IHM, etc.).
  - Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) – Inventario de presas y embalses (IPE) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
  - El Centro de Descargas (CdD) - Organismo Autónomo Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) desde donde se han descargado ficheros digitales de carácter geográfico generados por la Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Usos de suelo
  - Mapa ocupación suelo Corine Land Cover 2018.
- CauMax (Mapa de caudales máximos).

También se ha tomado en consideración la siguiente bibliografía:

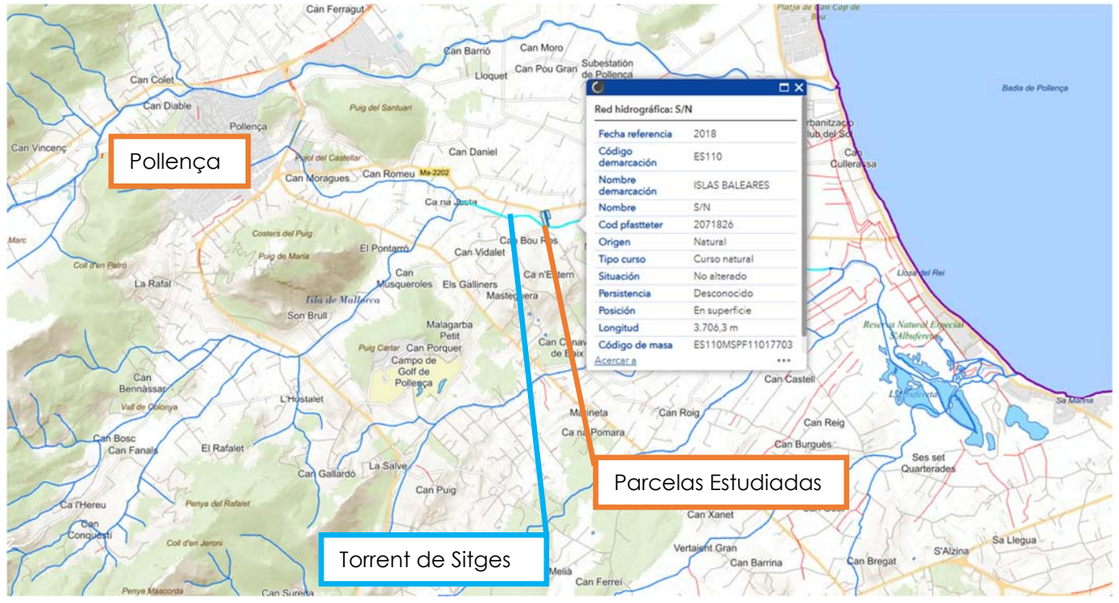
- Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras (2018).
- Estimación de la intensidad máxima para una duración y período de retorno determinados en la España peninsular.
- Guía metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.

8. RED HIDROGRÁFICA SUPERFICIAL DEL ÁMBITO DEL ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en el ámbito hidrológico del Torrent de Sitges. El Instituto Geográfico Nacional dispone de información vectorial de los elementos hidrográficos. Entre toda ella, es de interés la red de principales cursos fluviales.

Pues bien, según esta fuente de información, la zona analizada es interceptada por el Torrent de Sitges, tal y como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

Ilustración 3. Red de drenaje principal en el ámbito de estudio (fuente: CNIG).



9. DESCRIPCIÓN DEL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Se plantea el siguiente desarrollo del estudio:

- **Estudio hidrológico** del eje de la red de drenaje principal. El objeto es caracterizar, a nivel hidrogeológico y pluviométrico, sus cuencas asociadas y así establecer los caudales de escorrentía que cada una de ellas aportará al citado ámbito.
- **Análisis hidrológico-hidráulico** en base a una modelización combinada hidrológica-hidráulica en la que se considera la cuenca de aportación de caudales correspondiente a la red de drenaje principal mencionada.

10. CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL

El estudio o caracterización hidrológica tiene por objetivo la delimitación, identificación y caracterización morfológica, hidrológica y pluviométrica, de las vertientes asociadas a la red de drenaje que interfiere directamente con la extensión sometida a análisis.

En este caso, el cauce sometido a estudio tiene una superficie de cuenca vertiente menor de 50 km2. Por consiguiente, se utilizará el citado **Método Racional** para obtener los caudales de cálculo.

Por tanto, en el presente apartado se desarrolla el proceso de cálculo de caudales de la cuenca identificada anteriormente, mediante la aplicación del Método Racional descrito en la Norma 5.2-IC de Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras, publicada en el B.O.E el martes 05 de junio de 2018.

10.1 Consideraciones Generales.

A los efectos de la citada norma, se ha considerado el siguiente método de cálculo de caudales:

Método Racional: Supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie.

No tiene en cuenta:

- Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
- Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares o accidentales de cualquier clase.
- Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas.
- Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
- Caudales que afloren en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico.

A la vista de las características de la zona de estudio, por su orografía, hidrografía y tras las visitas realizadas a la zona de estudio se ha podido comprobar que ninguno de estos puede resultar relevante, por lo que se puede aplicar el Método Racional.

La elección del método de cálculo racional como el más adecuado para la zona de estudio queda reforzado debido a que las cuencas analizadas tienen un área inferior a cincuenta kilómetros cuadrados (A < 50 km²).

10.1 Máxima Crecida Ordinaria.

El artículo 4 de la Ley de Aguas establece que el **caudal de la máxima crecida ordinaria** es la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural, producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente

Como método empírico para la obtención del período de retorno característico de la M.C.O. ha sido consultada la publicación del CEDEX en sus Jornadas Técnicas sobre Caudales Máximos en donde se divide la península en regiones con homogeneidad estadística. No obstante, cabe señalar que para las Islas Baleares no hay información a este respecto, por lo que, siendo conservadores, se ha estimado fijarla en 10 años.

Teniendo en cuenta que, tras un análisis de la covarianza en el resto de regiones de la península, esta publicación propone estimar el período de retorno asociado a la Máxima Crecida Ordinaria el producto siguiente:

$$T_{MCO} = 5 \times C_v$$

Y ninguna de las citadas regiones quedan por debajo de 7 años de Periodo de Retorno, es de esperar que, con las condiciones pluviométricas de la zona sometida a estudio, asociando un Periodo de Retorno de 10 años para la M.C.O. significaría adoptar un punto de vista conservador.

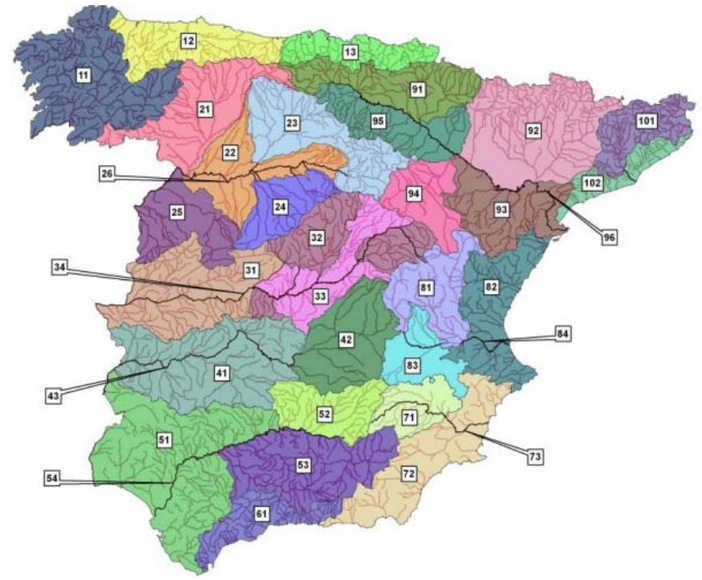
Además, siguiendo las recomendaciones y criterios expuestos en los "Aspectos a tener en cuenta para la redacción de estudios hidrológicos e hidráulicos destinados a las diferentes figuras del planeamiento", se establece el Dominio Público Hidráulico a partir del caudal asociado al **periodo de retorno de 10 años**, posicionándonos más si cabe del lado de la seguridad. Así pues, este ha sido el periodo

considerado para tal limite administrativo.

Ilustración 4. Tabla con los valores estimados de Cv y TMCO para cada una de las regiones estadísticas consideradas.

Región	C_V	T_{MCO}
11	0,59	3,0
12	0,54	2,5
13	0,54	2,5
21	0,48	2,5
22	1,15	6,0
23	0,66	3,5
24	0,75	4,0
25	0,75	4,0
26	0,81	4,0
31	0,79	4,0
32	0,79	4,0
33	1,04	5,0
34	0,76	4,0
41	1,20	6,0
42	1,05	5,5
43	0,83	4,0
51	0,96	5,0
52	0,74	3,5
53	1,12	5,5
54	0,66	3,5
61	1,09	5,5
71	1,13	5,5
72	1,44	7,0
73	1,07	5,5
81	0,87	4,5
82	1,21	6,0
83	1,19	6,0
84	0,88	4,5
91	0,47	2,5
92	0,70	3,5
93	1,36	7,0
94	1,04	5,0
95	0,69	3,5
96	0,50	2,5
101	0,91	4,5
102	1,39	7,0

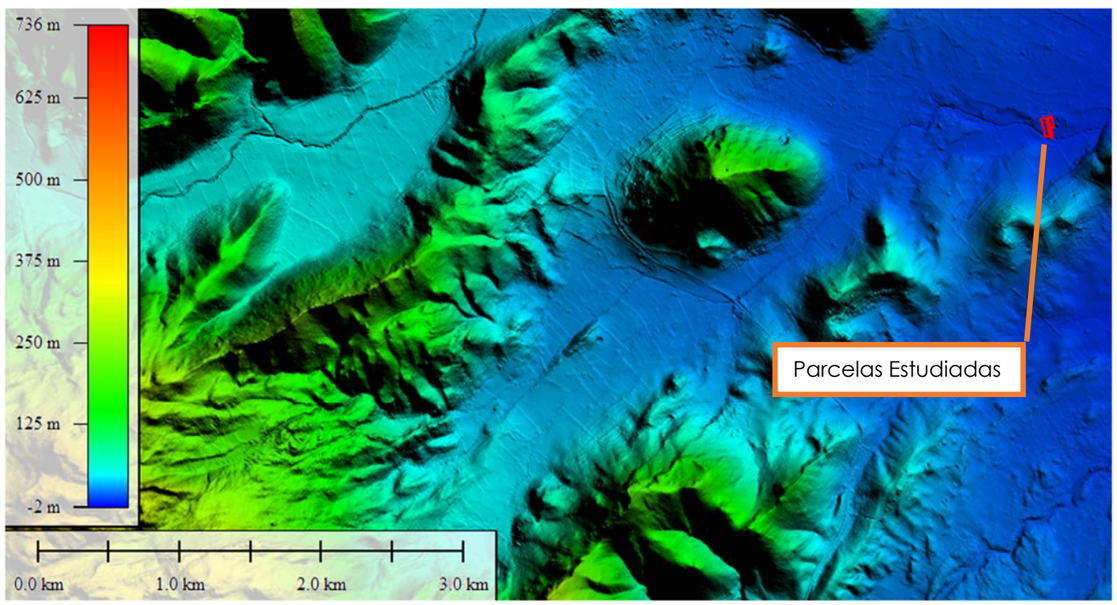
Ilustración 5. Mapa regional con homogeneidad estdística.



10.2 Cartografía.

La cartografía empleada en la obtención de la cuenca y posterior simulación bidimensional, procede del Centro de Descargas de Información Geográfica, siendo utilizado el Modelo Digital de Terreno – MDT02 (2ª Cobertura, con paso de malla de 2m). Esta, se ha generado a partir de una nube de puntos LIDAR, con una densidad de 0.5 puntos /m2 o mayor en algunos casos. En su proyección UTM se ha tenido en cuenta el Datum ETRS 1989 y HUSO 31.

Ilustración 6. MDT utilizado para el estudio, procesado mediante software GIS.



10.3 Estudio de Cuencas.

La finalidad del estudio de cuencas es poder determinar el caudal asociado a un período de retorno en el punto de desagüe de la cuenca en estudio, para ello se ha utilizado el método hidrometeorológico descrito en la Norma 5.2-IC "Drenaje superficial".

El caudal según dicho método, viene dado por la expresión:

$$Q = C * A * I * Kt / 3.6$$

Siendo:

C = el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca drenada

A = la superficie de la cuenca, siempre que no existan aportaciones procedentes de otras cuencas o que no tenga pérdidas hacia el exterior a través de puntos distintos al punto de desagüe superficial.

I = la intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

Kt= Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación:

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

Siendo t el tiempo de concentración de la cuenca en horas.

Q = caudal en el punto de desagüe de la cuenca de superficie A para una precipitación de intensidad media igual a I.

Este método es adecuado para cuencas pequeñas, considerando como tales aquellas que tienen un tiempo de concentración menor de 6 horas.

Como se deduce de la formulación anterior, el método hidrometeorológico descrito está basado en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escorrentía. Ello equivale a admitir que la única componente de esa precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que se escurre superficialmente.

En los apartados que siguen se describe la forma de obtener los valores que toman las variables anteriores para las cuencas que son necesarias drenar.

El estudio se realiza para un evento extremo de un periodo de retorno de 500 años con el objeto de evitar daños catastróficos a terceros.

La definición de la cuenca, se han realizado en sucesivas etapas:

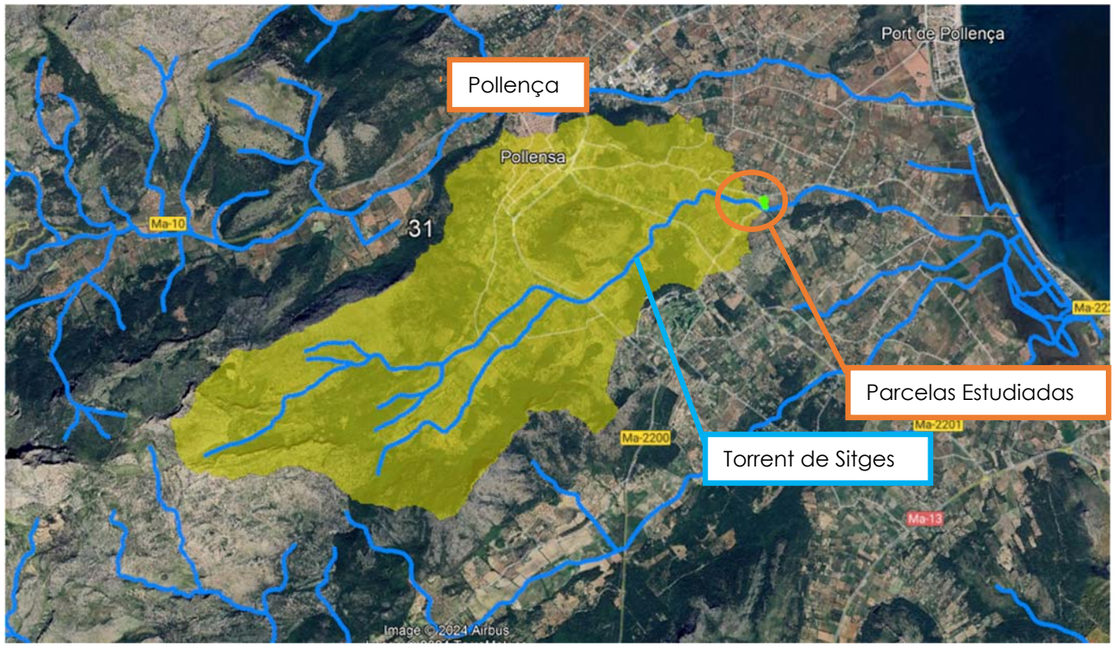
- Delimitación de la cuenca interceptada por las parcelas.
- Evaluación de las características físicas de la cuenca.
- Selección del método de cálculo.
- Selección del período de retorno.
- Obtención del coeficiente de escorrentía.
- Régimen de precipitaciones máximas. Leyes de intensidad-duración.
- Caudales de referencia de la cuenca.

Para cada una de estas etapas se describen, en los puntos siguientes, los criterios adoptados para su aplicación, las bases de partida, las herramientas utilizadas y las conclusiones.

10.4 Superficie de la Cuenca y Parámetros Físicos.

Las parcelas sometidas a estudio, se ubican próximas al Torrent de Sitges, cuya cuenca vertiente se expone en la siguiente ilustración:

Ilustración 7. Cuenca de aportación con red hidrográfica principal y ámbito del sector (para mayor detalle véase Anexo II – Planos).



Dicha cuenca vertiente tiene las siguientes características:

Ilustración 8. Tabla: Características de la cuenca vertiente sometida a estudio.

Cuenca	Superficie (ha)	L (m)	Cota sup (m)	Cota inf (m)	Desnivel (m)	J (m/m)	Kt
Torrent de Sitges	1.745,74	8.700	705	13	692,00	0,080	1,18

Los parámetros determinados y el método seguido para su obtención han sido los siguientes:

- Superficie, por planimetría sobre la cartografía.
- Cota máxima, por identificación sobre la cartografía.
- Cota mínima, por identificación sobre cartografía.
- Desnivel, por diferencia entre las cotas máxima y mínima.
- Longitud del cauce principal, por medición de curvas en programa de dibujo.
- Pendiente, por cociente entre el desnivel y la longitud.
- Tiempo de concentración.

10.5 Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración de la cuenca se ha obtenido siguiendo las recomendaciones de la Norma 5.2-I.C para cauces definidos, por aplicación de la fórmula propuesta de J.R. Témez y recomendada por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Carreteras, Orden del 14 de mayo de 1.990, en la obra titulada "Cálculos Hidrometeorológicos de Caudales Máximos en Pequeñas Cuencas

Naturales".

Es decir, aplicando la ecuación:

$$T = 0{,}3 \times (L/J1/4)0{,}76$$

Donde

L = Longitud en km

J = Pendiente (m/m)

Utilizando los planos cartográficos se delimitó la cuenca sometida a estudio y se calculó su tiempo de concentración. Esta se expone en la siguiente tabla. No obstante, se recoge igualmente en el apartado **Anexo I**.

Ilustración 9. Tabla: Tiempo de concentración para la cuenca analizada.

Cuenca	T (h)
Torrent de Sitges	2,51

10.6 Precipitaciones máximas para distintos períodos de retorno.

El objeto del estudio pluviométrico consiste en caracterizar las precipitaciones extremas que se producen en las cuencas que afectan a la zona analizada, con la finalidad de determinar las aportaciones o caudales de avenida esperables para un determinado período de retorno.

Se entiende como **período de retorno** de una precipitación al tiempo medio, en años, que transcurre entre distintos episodios de precipitaciones de valor superior al considerado.

La caracterización de la precipitación máxima consiste en la estimación de los parámetros necesarios para definir las lluvias de proyecto, es decir, la distribución espacial de las precipitaciones máximas diarias y las intensidades de lluvia.

Para ello, se analizan las propiedades regionales de este parámetro climático en una amplia zona que envuelve la cuenca vertiente a todo el tramo en estudio e incluye el recubrimiento necesario para tener en cuenta la pluviometría externa a la zona y disponer así de series largas que permitan corregir las asimetrías propias de las series con otras más consistentes con el conjunto.

Este proceso se traduce en la realización de análisis de frecuencia para relacionar la magnitud de cada fenómeno con su probabilidad de aparición o con el período de retorno. Es práctica habitual componer la serie de datos extremos seleccionando en cada año el valor máximo observado de la precipitación en un día. De esta forma, existe la certeza casi absoluta de que los valores máximos de cada año son independientes y no pertenecen al mismo episodio de lluvias (serie anual).

El resultado más práctico de la caracterización se refleja en unos mapas de isolíneas de precipitación máxima diaria para diferentes períodos de retorno, en los que se observa que las líneas de igual precipitación extrema (isomáximas) se asemejan a la altimetría mientras siguen otras tendencias debidas a las características de los flujos de humedad, efectos barrera, etc…

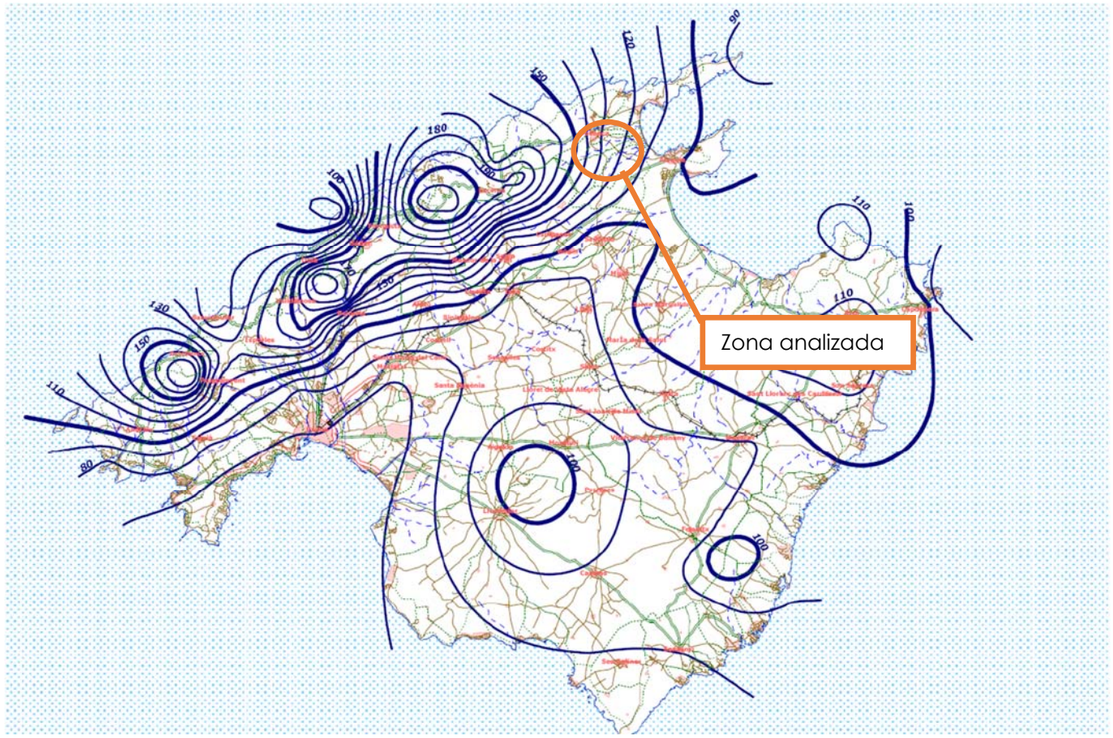
La forma óptima de abordar la caracterización pluviométrica de la zona de estudio es realizando un análisis regional de la pluviometría utilizando la información disponible de pluviógrafos y pluviómetros en un amplio entorno que permita detectar las tendencias de variación de la precipitación en el área cubierta por el estudio, descartar los datos no representativos y, como consecuencia, estimar con la máxima fiabilidad la precipitación en las cuencas hidrográficas para diversos períodos de retorno.

Para la obtención de los valores de precipitación en cada punto específico del territorio, se efectúa el ajuste de las series de precipitaciones máximas diarias a distribuciones extremales (Gumbel, SQRT, …) con el objeto de adaptar para cada serie temporal un modelo estadístico válido y así extrapolar las precipitaciones a los períodos de retorno que requiere el cálculo de los caudales de avenida.

Finalmente, las precipitaciones obtenidas en el ajuste estadístico se presentan en un gráfico para obtener los mapas de isoyetas de máximas precipitaciones diarias (isomáximas) que dan sentido espacial al conjunto de valores y que permiten leer directamente la precipitación de proyecto en cada punto del territorio para un determinado período de retorno en cada cuenca hidrográfica a analizar.

En este sentido, el Consell de Mallorca ha publicado unos **mapas de la isla, de isoyetas máximas diarias** para diferentes períodos de retorno realizados por la Dirección General de Recursos Hídricos de Baleares (DGRH). Estos se exponen en el apartado **Anexo I** para los periodos de retorno considerados.

Ilustración 10. Mapa de isoyetas de precipitaciones máximas diarias para periodo de retorno T=10 años.



Confrontando estos valores con los que se obtienen para la zona de estudio en la publicación "Isolíneas de precipitaciones máximas previsibles en un día" de la Dirección General de Carreteras, MOPU 1978, se observa que los estimados por la DGRH son mayores.

Por consiguiente, a falta de datos pluviográficos y por configurarse los resultados de la DGRH como más recientes, con mayor número de datos disponibles y más conservadores, se aplicarán estos últimos, siendo los correspondientes a la zona analizada los siguientes:

Ilustración 11. Tabla: Valores de precipitación Pd (mm/día) obtenidos para cada periodo de retorno.

T (años) =	10	100	500
P_d (mm/día) =	140.00	215.00	270.00

Ilustración 12. Tabla: Superficies (Ha) y coeficientes de reducción areal, KA, obtenidos para la cuenca.

Cuenca	Superficie (Has)	K_A(*)
Torrent de Sitges	1.745,74	0,92

El coeficiente reductor ARF, ahora denotado como KA, se puede usar para cuencas mayores de 100 Ha (1 Km2). Se puede llegar entonces a cuencas de 3.000 Km2. Método Modificado de Témez: Con el coeficiente ARF se establece una precipitación máxima media en la cuenca, obtenida del producto de este coeficiente por la precipitación máxima de toda la cuenca. El resultado es menor, pues sería excesivo tomar la máxima lluvia como lluvia media.

(*) Coeficiente reductor por Área. [KA**=1- Log(*Sup (km²)*/15**]

Ilustración 13. Tabla: Valores de precipitación Pd (mm) corregidos con KA.

Cuenca	T: 10 años		T: 100 años		T: 500 años	
	Pd(mm)	Pd' (mm)	Pd(mm)	Pd' (mm)	Pd(mm)	Pd' (mm)
Torrent de Sitges	140.00	128.41	215.00	197.20	270.00	247.64

Pd (mm) * Precipitación máxima

Pd' (mm) * Precipitación máxima diaria corregida

10.7 Coeficiente de escorrentía y estimación del umbral de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía, que define la proporción que la componente superficial de la precipitación supone respecto a la total caída sobre una cuenca, dependerá de la razón entre la precipitación diaria Pd correspondiente a un período de retorno T y la precipitación Po o umbral de escorrentía a partir de la cual se inicia ésta. Para la determinación de dicho coeficiente C, la Norma 5.2.-I.C. da para su cálculo la expresión:

$$C = \frac{\left[\left(Pd / Po\right) - 1\right] * \left[\left(Pd / Po\right) + 23\right]}{\left[\left(Pd / Po\right) + 11\right]^2}$$

Dónde:

Pd = precipitación diaria correspondiente al período de retorno considerado en mm

Po = umbral de escorrentía a partir del cual se inicia la misma en mm

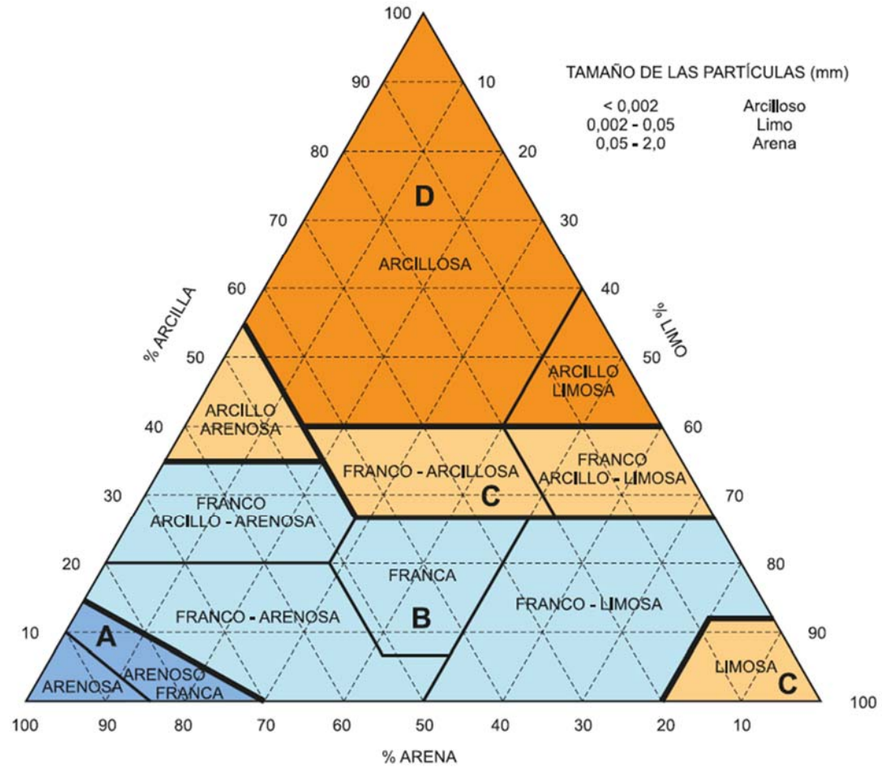
C = coeficiente de escorrentía

Los valores de Pd han sido calculados en el apartado anterior.

Para estimar el valor del umbral de escorrentía Po se ha hecho uso de la tabla 2.3. de la Norma 5.2-I.C. Los valores de las variables, tales como: uso de la tierra, pendiente del terreno, características hidrológicas y grupo de suelo necesarias para determinar Po, se han obtenido mediante la consulta de los Mapas de Cultivo y Aprovechamiento a escala 1:50.000 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

En cuanto al **grupo de suelo elegido ha sido el B** para los materiales de textura, franco-arcillo-arenosa, franco-arenosa, o franco-limosa, según la terminología del U.S. Departament o Agricultura y adaptados a la situación real que actualmente se presenta en el sitio. Este grupo de suelos elegido corresponde a suelos con una infiltración moderada, que provocan un drenaje bueno a moderado.

Ilustración 14. Diagrama triangular para determinación de la textura en materiales tipo suelo.



El parámetro principal para calcular el umbral de escorrentía depende del porcentaje que ocupa cada cultivo con respecto al área total de cada cuenca.

El valor de Po de cálculo, se obtiene multiplicando el valor anterior por el coeficiente corrector del umbral de escorrentía:

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

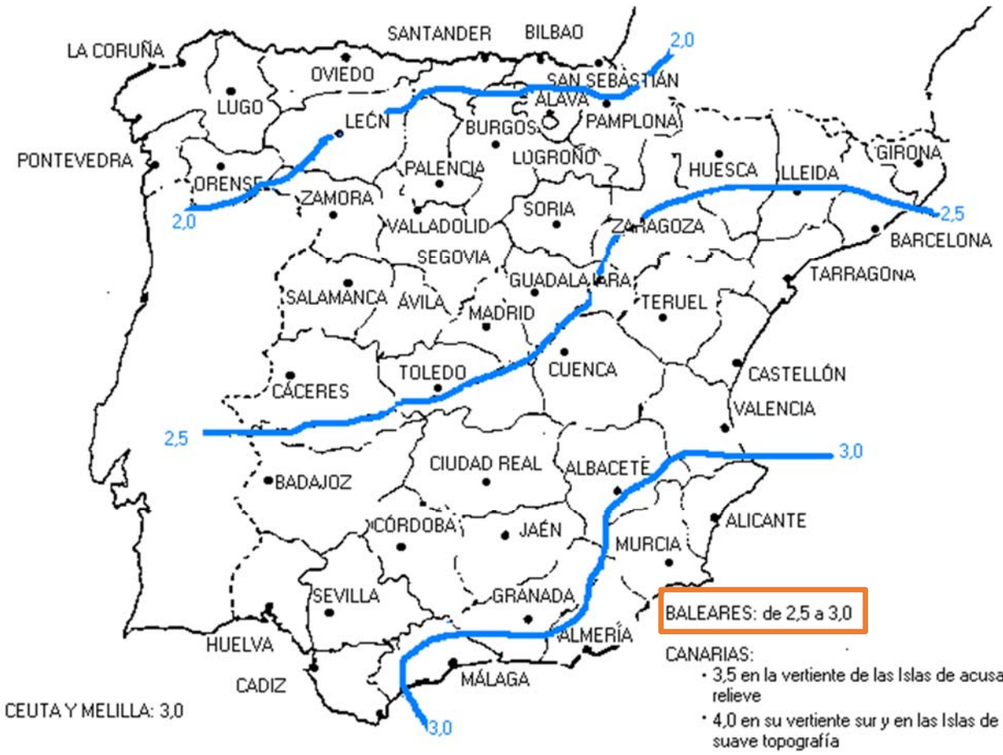
10.8 Corrección del umbral de escorrentía.

Siendo P_o^i (mm) el valor inicial del umbral de escorrentía y B (adimensional) el coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

La formulación del método racional efectuada en los epígrafes precedentes requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía B.

Este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de aguaceros significativos e incluye una mayoración para evitar sobrevaloraciones del caudal de referencia producidas por el propio método de cálculo.

Ilustración 15. Mapa del coeficiente corrector de umbral de escorrentía.

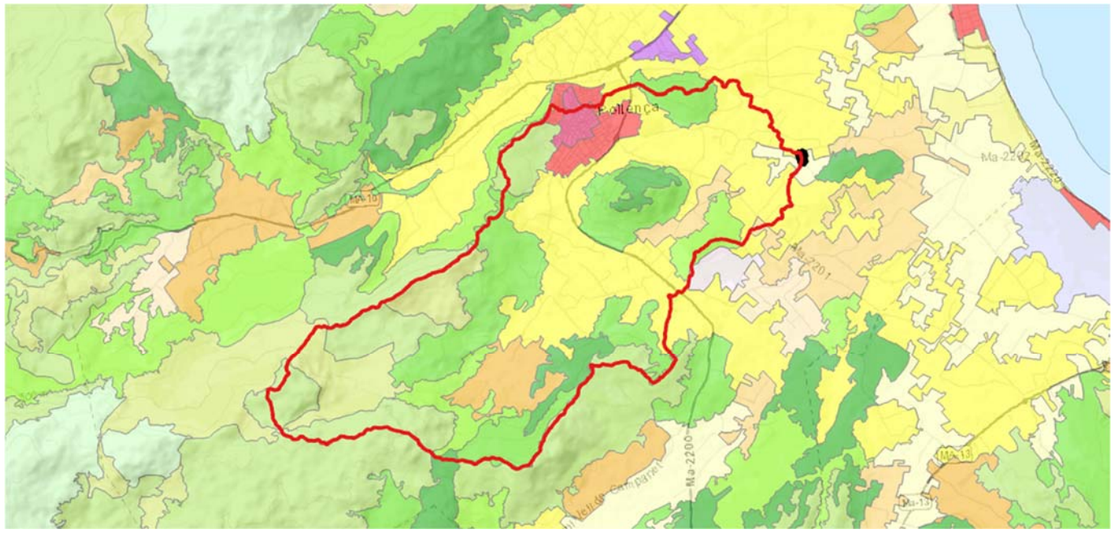


Para este estudio, se ha determinado un factor corrector de umbral de escorrentía B=3.

A partir de cada umbral de escorrentía, y para cada precipitación correspondiente a los períodos de retorno contemplados, se obtiene un coeficiente de escorrentía parcial en cada terreno de cada cuenca. El valor medio ponderado resultante de los terrenos considerados en las cuencas, es el coeficiente de escorrentía a adoptar para las misma.

A continuación, se muestra una ilustración procedente del proyecto Corine Land Cover (CLC) que desarrolla la creación de una base de datos sobre usos de suelo y los asocia a un umbral de escorrentía característico, según el tipo de uso:

Ilustración 16. Mapa Corine Land Cover 2018 correspondiente a la cuenca vertiente sometida a estudio.



Dentro de los usos de suelo de la cuenca sometida a análisis, en la zona sometida a estudio predominan **mosaico de cultivos, y tierras de labor en secano**. Partiendo de las superficies correspondientes a cada uso se puede calcular el umbral de escorrentía de la cuenca.

Por otro lado, la base de datos CLC en ocasiones plantea para un mismo tipo de suelo varios umbrales, en función de la pendiente del terreno. En este sentido, cabe señalar que **la pendiente media de todas las subcuencas ha resultado mayor del 3%.** Este desnivel se puede hallar con las informaciones de cota máxima y mínimas (en nuestro punto de control o desagüe) de la cuenca y la longitud máxima del cauce principal de esta.

Así pues, en las siguientes tablas se exponen los diferentes umbrales de escorrentía calculados:

Ilustración 17. Tabla: Valores iniciales de Umbral de Escorrentía.

		Umbral P'0	Torrent de Sitges		P'0
Código	Uso del suelo	GH B	Área (ha)	%	GH B
11100	Tejido urbano continuo	1	20.91	1.20%	0.01
11200	Tejido urbano discontinuo	14	52.47	3.01%	0.42
142	Instalaciones deportivas	32	0.37	0.02%	0.01
21100	Tierras de labor en secano (Hortalizas) >3%	16	12.92	0.74%	0.12
22220	Frutales en regadio >3%	34	88.34	5.06%	1.72
24211	Mosaico de cultivos anuales >3%	17	539.62	30.91%	5.25
24310	Terrenos principalmente agricolas >3%	17	36.38	2.08%	0.35
31100	Bosques frondosos	47	102.44	5.87%	2.76
31200	Bosques de coniferas	47	77.85	4.46%	2.10
31300	Bosque mixto	47	397.82	22.79%	10.71
32100	Pastizales Naturales >3%	23	165.03	9.45%	2.17
32300	Vegetación esclerofila	24	251.59	14.41%	3.46
TOTALES			**1745.74**	**100.00%**	**29.08**

10.9 Intensidad de precipitación.

La intensidad de precipitación *I (T, t)* correspondiente a un período de retorno *T*, y a una duración del aguacero *t*, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula:

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

En la misma se tiene que:

I (T, t) (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno *T* y a una duración del aguacero *t*.

Id (mm/h) Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno *T.*

Fint (adimensional) Factor de intensidad (ver siguiente gráfico).

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero *t*

- El período de retorno *T*, si se dispone de curvas intensidad - duración- frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo de su comportamiento.

Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los que se indican a continuación:

$$F_{int} = máx\ (F_a, F_b)$$

donde:

Fint (adimensional) Factor de intensidad

Fa (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad *(I1/Id)*

Fb (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

a) Obtención de *Fa*

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

donde:

Fa (adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad *(I1/Id).* Se representa en la siguiente figura

I1/Id (adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa siguiente.

t (horas) Duración del aguacero.

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

Ilustración 18. Factor Fa.

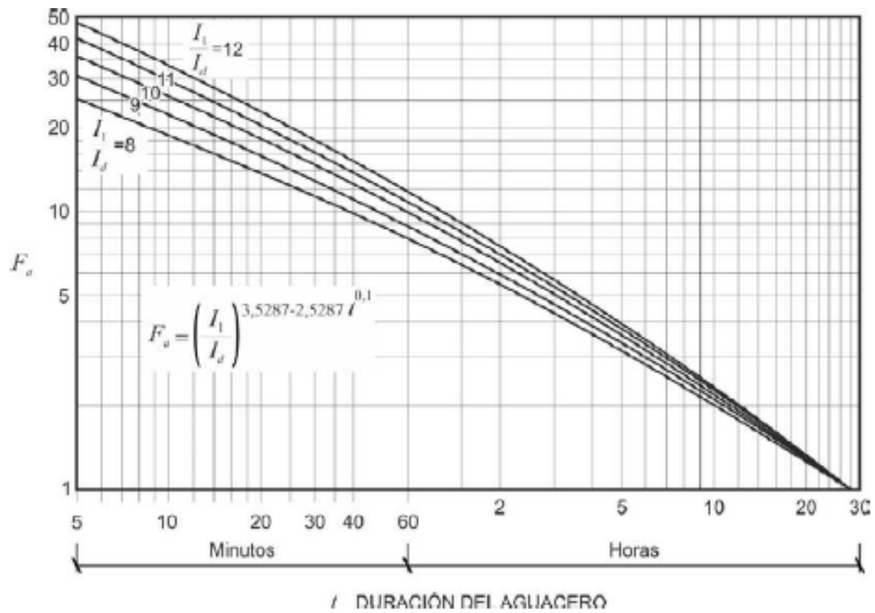
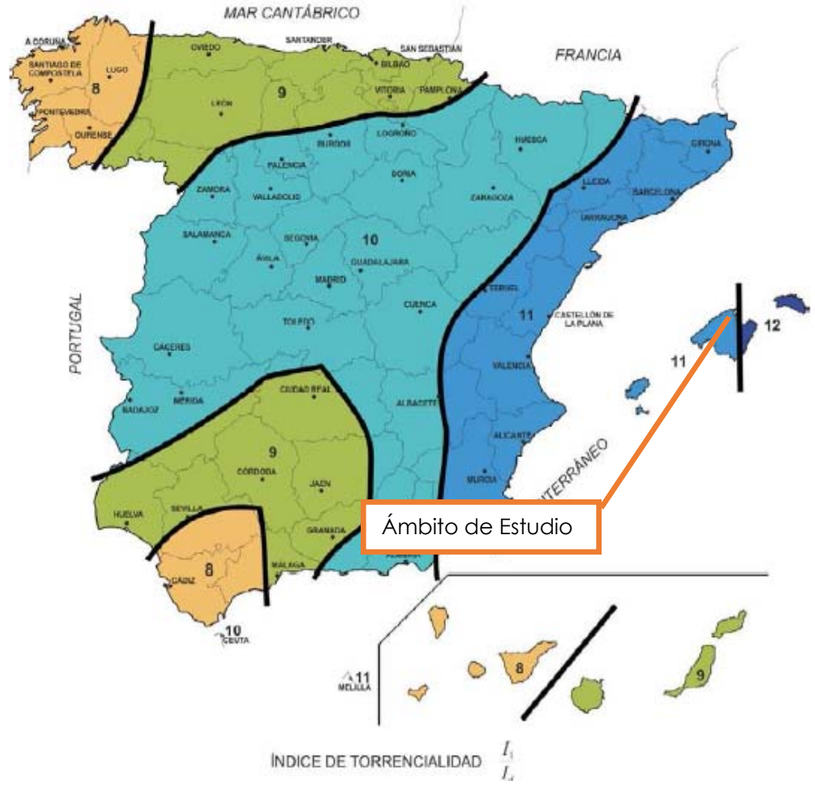


Ilustración 19. Mapa de Índice de torrencialidad



b) Obtención de Fb

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

donde:

Fb (adimensional) Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

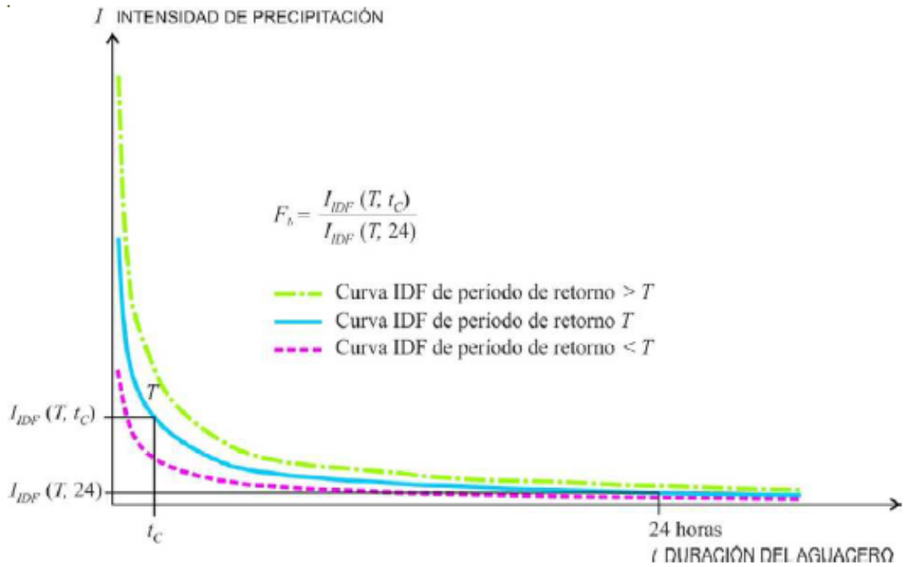
I_{IDF} *(T,tc)* (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno *T* y al tiempo de concentración *tc*, obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo

I_{IDF} *(T,24)* (mm/h) Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno *T* y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas (t=24h), obtenido a través de curvas IDF

kb (adimensional) Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria.

En defecto de un cálculo específico se puede tomar *kb* = 1.13

Ilustración 20. Obtención del Factor Fb.



En este sentido, al no dar con ningún pluviógrafo cercano, se asemeja Fint a Fa.

10.10 Caudales según método 5.2 I.C.

Se estiman los caudales para períodos de retorno seleccionados de **10, 100, y 500** años para la cuenca estudiada analizando los efectos que generan en el entorno estudiado.

Estos caudales de cálculo, así como el resto de parámetros hidrológicos, tiempo de concentración, Intensidades medias de precipitación, y Coeficientes de escorrentía, quedan expuestos en el ANEXO I: RESUMEN HIDROLÓGICO.

11. ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA RED DE DRENAJE PRINCIPAL

En el presente apartado se describen los cálculos realizados para la determinación de las cotas alcanzadas por las láminas de inundación correspondientes a los siguientes periodos de retorno:

- 100 años para valorar la gravedad de la inundación (en función del riesgo para las vidas humanas).
- 500 años.

Además, se procede a estudiar la afección de dichas láminas alrededor del ámbito de estudio, mediante el establecimiento de puntos de control, con el objetivo de comprobar las sobreelevaciones producidas.

Para ello se ha realizado un modelo hidráulico con el programa informático HEC-RAS, partiendo de los datos disponibles cartográficos e hidrológicos, y asumiendo valores de otros parámetros hidráulicos para garantizar la fiabilidad del cumplimiento de los objetivos hidráulicos establecidos, como se expone a continuación.

11.1 Fundamentos del Modelo HEC-RAS.

La modelización hidráulica tiene como finalidad obtener los valores de calados y velocidades en cualquier punto de la zona a estudiar, para la avenida de interés.

El flujo de un fluido isótropo viene gobernado por las ecuaciones de NavierStokes, que se obtienen a partir de la aplicación a dicho fluido de las ecuaciones de conservación de la masa y de conservación de la cantidad de movimiento. La integración vertical de las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido sometido a la presión atmosférica y bajo las hipótesis de distribución hidrostática de presiones y pendiente de fondo reducida da lugar a las ecuaciones de Saint-Venant o ecuaciones del flujo en lámina libre. Estas ecuaciones tienen carácter bidimensional y la forma más común de escribirlas es en su forma no conservativa, dando lugar al sistema de ecuaciones formado por la ecuación de continuidad:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (hu)}{\partial x} + \frac{\partial (hv)}{\partial y} = 0$$

Y las ecuaciones de cantidad de movimiento:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + g\frac{\partial h}{\partial x} = -g\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\tau_{0x} + \tau_{sx}}{\rho h} + fv + \frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + g\frac{\partial h}{\partial y} = -g\frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\tau_{0y} + \tau_{sy}}{\rho h} + fu + \frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})$$

Donde:

- h es el calado o altura alcanzada por la lámina de agua

- u y v son las componentes de la velocidad

- t es el tiempo

- x e y son las componentes espaciales en dos dimensiones

- g es la aceleración de la gravedad

- z es la cota del lecho

- $\tau 0y$ y $\tau 0s$ son las tensiones tangenciales en el fondo y en la superficie

- ρ es la densidad del fluido

- ff es la aceleración de Coriolis

- TT es la turbulencia

En las ecuaciones de la cantidad de movimiento, el término de la variación de la velocidad (u,v) con el tiempo es la aceleración local, mientras que la variación del campo de velocidades en el espacio es la aceleración convectiva. Bajo la hipótesis de distribución hidrostática de presiones y pequeña pendiente del terreno, el término debido a las fuerzas gravitatorias es el correspondiente a:

$$g\frac{\partial}{\partial x,y}(h+z)$$

Y se puede descomponer en la suma del gradiente del calado y de la pendiente del lecho ($SS0$). El término de la tensión tangencial en el fondo viene dado por:

$$\frac{\tau_0}{\rho h} = gS_f$$

Siendo Sf ~ uv la pendiente motriz, que se expresa según una ecuación de rugosidad. En general, y en ausencia de un modelo de turbulencia, lo habitual es que la pendiente motriz suele absorber las tensiones del fondo y las debidas a las de la turbulencia. El término $\tau s/\ \rho h$ se debe a las tensiones tangenciales en la superficie debidas al viento. El término f (u,v) es la aceleración de Coriolis, dada por el coeficiente f=2wsen(ʎ), donde w es la velocidad angular de la tierra, y ʎ la latitud. No se ha considerado en la presente modelización, pues su contribución es despreciable en un modelo fluvial como el del Estudio.

Por último, los dos últimos sumandos de las ecuaciones de cantidad de movimiento se deben a la turbulencia, y suelen expresarse en función del coeficiente de viscosidad turbulenta (o de remolino) y de la aceleración convectiva. En general, la modelización de la turbulencia en un esquema bidimensional supone el ajuste de parámetros adicionales que requieren calibración, por lo que habitualmente suele incluirse este efecto en el debido a la rugosidad. En la presente modelización no se ha incluido, por no ser usual su inclusión en modelos fluviales de esta índole.

Considerando despreciables los términos de fricción en la superficie y de Coriolis, así como la turbulencia, las ecuaciones de cantidad de movimiento se pueden escribir según las siguientes ecuaciones, que es la manera más sencilla de modelizar el flujo en lámina libre en dos dimensiones, y en la que se basa el programa de cálculo que se va a utilizar, HEC RAS.

$$\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial h}{\partial x}=g(S_{0x}-S_{fx})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+g\frac{\partial h}{\partial y}=g(S_{0y}-S_{fy})$$

Donde:

- S0 es la pendiente del lecho

- Sf es la pendiente motriz

El modelo bidimensional resuelve las ecuaciones de Saint-Venant en los nodos de una malla de cálculo generada a partir de la topografía. El modelo es capaz de resolver las situaciones de cambio de régimen hidráulico.

Los datos que precisa el programa para calcular los niveles de agua en el cauce son los siguientes:

a) Tipo de régimen

En el cauce natural del tramo fluvial estudiado se ha supuesto régimen lento. El régimen rápido solo se da en cauces artificiales y rarísimas veces, según algunos autores, y nunca (según muchos) en cauces naturales. Lo que se produce es una sucesión continua y alternativa de calados críticos, remansos, resaltos, etc. con tales turbulencias que impiden la formación de un régimen rápido estableciéndose por el contrario un régimen crítico inestable.

Esto viene comentado con el texto "Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics" de Danigel H. Hoggan, en un artículo de Douglas J. Trieste titulado "Evaluation of Supercritical/Subcritical Flow in High-Gradient Channel" en el que además hace referencia a estudios de Dobbie y Wolf (1953) y de Jarret (1984 y 1987), en el texto "Guide to Brigde Hydraulics" de C.R. Neil, etc. y está comprobado experimentalmente en laboratorio y en diversos ríos y cauces artificiales.

Al suponer un régimen lento en los tramos de estudio el modelo matemático del programa acota inferiormente los calados de las secciones transversales empleadas con su correspondiente calado crítico, empleando éste cuando analíticamente se requiere un calado inferior (régimen rápido), con objeto de representar las turbulencias y pérdidas de energía que en la naturaleza del río realmente se producirían.

b) Caudal de cálculo

Se establecen los caudales de cálculo del apartado anterior.

c) Definición geométrica

La topografía disponible del cauce viene dada mediante un Modelo Digital del Terreno generado a partir de los LIDAR disponibles y levantamiento topográfico.

d) Parámetros hidráulicos

El parámetro hidráulico básico empleado es el coeficiente de rugosidad de Manning. Este coeficiente da una idea de la dificultad que encuentra el agua para desplazarse por una zona en función de su naturaleza.

e) Condiciones de contorno

Al considerarse un régimen lento, el cálculo se inicia en la sección más aguas debajo de los tramos, en sentido contrario a la corriente. Por otro lado, se exponen las condiciones de contorno en apartados posteriores.

11.2 Simulación hidrodinámica del cauce.

11.2.1 Cartografía.

Una vez generado el Modelo Digital del Terreno, ha sido depurado e importado a HEC-RAS como ráster tipo *.asc con las siguientes características:

Ilustración 21. Información de archivo de modelización de terreno utilizado.

Filename	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation	Cell Size	Rounding	Info	Folder
Terrain.vrt	8.3984375	331.1015625	44.78695549...	45.15111061...			i	
Terrain.MDT SIMULACION.tif	8.3984375	331.1015625	44.78724521...	45.14969842...	1	1/128	i	

11.2.2 Parámetros del Modelo

En los modelos bidimensionales, el cálculo de las variables hidráulicas se realiza en los elementos de una malla de cálculo que se debe confeccionar a partir de un Modelo Digital del Terreno (MDT). Cuanto mayor sea la definición de dicha malla, menor será el error cometido en el cálculo de los niveles y velocidades. El inconveniente que se plantea en la modelización bidimensional es que la relación entre el aumento de resolución y el aumento del tiempo de cálculo es mucho mayor que en el caso de la modelización unidimensional. A mayor detalle de la malla, mayor número de elementos y, por tanto, mayor tiempo de cálculo.

A parte, hay que tener en cuenta que, para que un modelo bidimensional tenga buenas características de convergencia, **el nº de Courant debe ser menor o igual a 1**.

En este sentido se ha procedido a calcular el paso de tiempo necesario para asegurar la estabilidad de la simulación y obtener unos resultados robustos, este cálculo se ha realizado a partir de la formulación de Courant y respetando que el valor de la variable sea igual a 1 o menor.

$$C = v\frac{\Delta t}{L}$$

Donde:

C número de Courant próximo a 1.

V velocidad del flujo m/s

L Lado de las celdas = 2 m.

Δt tiempo de paso o calculo = 0,3 segundos.

Así pues, **el modelo será estable siempre y cuando la velocidad en la celda sea inferior a 6,67 m/s**. Se han revisado los resultados para verificar que no se supera dicha velocidad y el modelo es estable.

En cuanto al **mallado**, se ha estructurado con un tamaño de celda de 1x1 m de lado en el ámbito sometido a análisis, y de 2x2 m en el resto de la malla, disponiendo de un total de **118.239 celdas**.

11.2.3 Asignación Coeficientes de Rugosidad

Para estimar el número de Manning se ha partido del plano temático del CLC, para determinar el uso de los suelos por los que discurren las diferentes avenidas calculadas.

A partir de aquí, la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (CEDEX) nos aporta valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a cada uso de suelo. Tal y como se muestra a continuación:

Ilustración 22. Asignación de n de Manning obtenida de la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (CEDEX).

Tabla 1. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning asignados a los usos del suelo del SIOSE y CLC2000.

Clasificación de usos del suelo del SIOSE				n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)		
Artificial compuesto	Urbano mixto	Casco		0,1	Tejido urbano continuo		Tejido urbano
Cobertura artificial	Edificación						
	Otras construcciones						
Artificial compuesto	Urbano mixto	Ensanche			Estructura urbana abierta	Tejido urbano discontinuo (urbanizaciones)	
		Discontinuo		0,09	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas		
	Industrial	Polígono industrial ordenado			Zonas industriales		
		Polígono industrial sin ordenar					
		Industria aislada					
	Primario	Piscifactoría					
	Infraestructuras	Energía	Eólica				
			Solar				
			Nuclear				
			Eléctrica				
			Térmica				
			Hidroeléctrica				
			Gaseoducto/ oleoducto				
		Telecomunicaciones				Zonas industriales y comerciales (granjas agrícolas)	
		Suministro de agua	Depuradoras y potabilizadoras				
			Desalinizadoras				
	Terciario	Comercial y oficinas		0,1	Zonas industriales, comerciales y de transporte		Zonas artificiales
		Complejo hotelero					
		Parque recreativo					
	Equipamiento/ dotacional	Administrativo institucional			Grandes superficies de equipamientos y servicios		
		Sanitario					
		Cementerio					
		Educación					
		Penitenciario					
		Religioso					
		Cultural					

Clasificación de usos del suelo del SIOSE				n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)			
Cobertura artificial	Zonas de extracción o vertido			0,04	Zonas de extracción minera		Zonas de extracción minera, vertidos y de construcción	Zonas artificiales
Artificial compuesto	Primario	Minero extractivo						
	Infraestructuras	Residuos	Vertederos y escombreras		Escombreras y vertederos			
Cobertura artificial	Suelo no edificado				Zonas en construcción			
Cobertura artificial	Zona verde artificial y arbolado urbano			0,09	Zonas verdes urbanas		Zonas verdes artificiales, no agrícolas	
Artificial compuesto	Primario	Forestal						
	Terciario	Camping						
	Equipamiento/ dotacional	Parque urbano						
		Deportivo			Resto de instalaciones deportivas y recreativas	Instalaciones deportivas y recreativas		
		Campo de golf		0,035	Campos de golf			
Cultivos	Cultivos herbáceos	Cultivos herbáceos distintos de arroz		0,04	Tierras de labor en secano (tierras abandonadas/barbechos)		Tierras de labor	
					Cultivos herbáceos en regadío	Terrenos regados permanentemente		
					Otras zonas de irrigación			
		Arroz			Arrozales			
	Cultivos leñosos	Viñedo		0,05	Viñedos en secano	Viñedos en secano		
					Viñedos en regadío			
		Frutales	Frutales cítricos	0,06	Frutales en secano		Cultivos permanentes	
					Cítricos	Frutales en regadío	Frutales y plantaciones de bayas (plantaciones de lúpulo)	
			Frutales no cítricos		Frutales tropicales			
		Otros cultivos leñosos			Otros frutales en regadío			
		Olivar			Olivares en secano	Olivares		
					Olivares en regadío			
	Prados			0,035	Prados y praderas (pastos en tierras abandonadas, prados arbolados)		Praderas	
Asentamiento agrícola residencial				0,035-0,05	0,04	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano	Cultivos anuales asociados a cultivos permanentes	Zonas agrícolas heterogéneas
						Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		

Clasificación de usos del suelo del SIOSE			n	Clasificación de usos del suelo del CORINE (2000)				
Asentamiento agrícola residencial			0,035-0,05	0,035	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano		Mosaico de cultivos (mosaico de cultivos con casas dispersas)	Zonas agrícolas heterogéneas
Artificial compuesto	Primario	Agrícola/ ganadero		0,04	Mosaico de cultivos permanentes en secano	Mosaico de cultivos en secano		
					Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano			
				0,035	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	Mosaico de cultivos en regadío		
				0,04	Mosaico de cultivos permanentes en regadío			
					Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío			
Huertas familiar					Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío			
				0,05	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		Terrenos principalmente agrícolas con importantes espacios de vegetación natural	
					Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural			
					Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural			
Dehesa			0,06		Pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado		Sistemas agro-forestales	
					Cultivos agrícolas con arbolado adehesado			
Arbolado forestal	Frondosas	Frondosas caducifolias	0,07		Bosque mixto		Bosques de frondosas	Bosques	Bosques y áreas seminaturales
					Perennifolias			
					Caducifolias y marcescentes			
		Frondosas perennifolias			Otras frondosas de plantación			
					Mezclas de frondosas			
					Laurisilva macaronésica			
					Bosques de ribera			
	Coníferas				Bosques de coníferas de hojas aciculares		Bosques de coníferas	
					Bosques de coníferas de hojas de tipo cupresáceo			
Pastizal			0,035		Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos	Pastizales supraforestales	Pastizales naturales (Prados alpinos)	Matorrales y/o asociaciones de vegetación herbácea
					Pastizales supraforestales mediterráneos			
					Otros pastizales templado oceánicos	Otros pastizales		
					Otros pastizales mediterráneos			

Por tanto, para los usos de suelo detectados se tienen las siguientes rugosidades de Manning:

- Tejido urbano continuo (111): n=0,1.

- Tejido urbano discontinuo (112): n=0,09.
- Instalaciones deportivas y recreativas (142): n=0,09.
- Tierras de labor en secano (211): n=0,04.
- Frutales (222): n=0,06.
- Mosaico de cultivos (242): n=0,04.
- Terrenos principalmente agrícolas (243): n=0,05.
- Bosques de frondosas, coníferas, mixto (311, 312, 313): n=0,07.
- Pastizales naturales (321): n=0,035.
- Vegetación esclerófila (323): n=0,065.

Por su parte, se ha aplicado a la malla de simulación hidráulica un coeficiente de Manning n=0,04, que se corresponde con el tipo de suelo existente en el entorno de la zona sometida a estudio, concretamente como ya se ha indicado en epígrafes anteriores: Tierras de labor en secano y Mosaico de cultivos.

11.2.4 Condiciones de contorno

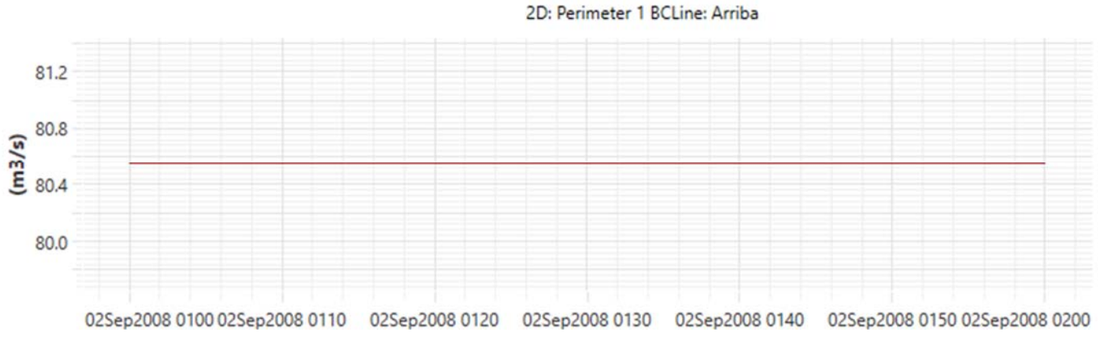
Ilustración 23. Condiciones de contorno introducidas en el modelo.

Storage/2D Flow Areas		Boundary Condition
1	Perimeter 1 BCLine: Arriba	Flow Hydrograph
2	Perimeter 1 BCLine: Abajo	Normal Depth

AGUAS ARRIBA

Como condición de aguas arriba se han introducido hidrogramas permanentes para los periodos de retorno **T10, T100** y **T500** años. La duración del caudal punta de estos se ha prolongado hasta **2 horas**, sobrepasando el tiempo de concentración del tramo analizado, para estar del lado de la seguridad. Por otro lado, dichos hidrogramas han sido añadidos en el módulo de simulación de régimen variable (unsteady Flow simulation), tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen:

Ilustración 24. Hidrograma introducido correspondiente a T=500 años.

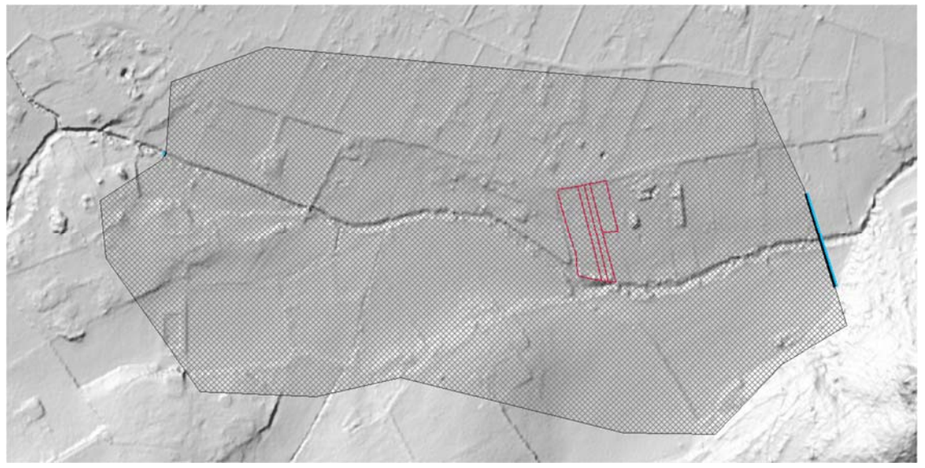


AGUAS ABAJO

Para la condición de salida se ha aplicado un régimen subcrítico en calado normal asignando la pendiente del tramo de salida, que resulta en 3,00%.

A continuación, se pueden observar las anteriores condiciones ubicadas en el ámbito de actuación junto con la malla de simulación.

Ilustración 25. Ubicación de condiciones de contorno en el mallado de simulación.



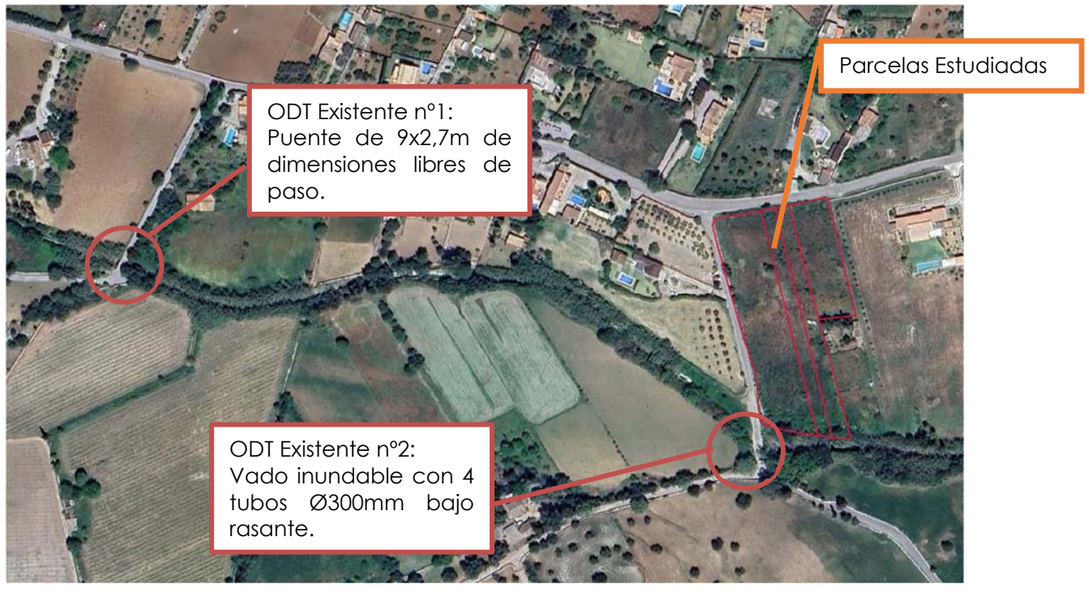
11.2.5 Condiciones iniciales

Respecto a las condiciones iniciales, y teniendo en cuenta que nos encontramos en una zona de clima árido o semiárido, la llegada de las crecidas puede ser muy repentina, por lo que suponemos un cauce inicialmente seco.

11.2.6 Condiciones internas

Han sido localizadas varias obras de paso, las cuales se han modelizado hidráulicamente en el modelo de simulación. Concretamente, estas estructuras se refieren a un puente, ubicado unos 450 metros aguas arriba de las parcelas estudiadas, y un badén inundable con varios tubos bajo la rasante del mismo.

Ilustración 26. Vista en planta de ODTs sometidas a estudio.



Estas ODTs se han cotejado en visita a campo, y se han tomado sus medidas, tal y como puede observarse en las siguientes imágenes.

Respecto a la ODT nº2 relativa al badén inundable con 4 tubos Ø300mm, finalmente se ha desestimado incluir los citados tubos en el modelo hidráulico, adoptando un punto de vista más conservador, pues estos tienen un diámetro escaso para los caudales resultantes de cálculo, y además, se encuentran colmatados por los arrastres de materiales del cauce, algo que suponemos es habitual, y que sin duda no trabaja hidráulicamente como se espera. No obstante, y pese a posicionarnos desde un punto de vista de la seguridad eliminando del modelo los citados tubos, no se estiman grandes diferencias con la introducción de estos.

Ilustración 27. Foto ODT existente nº1 tomadas in situ.



Ilustración 28. Foto ODT existente nº2 tomadas in situ.

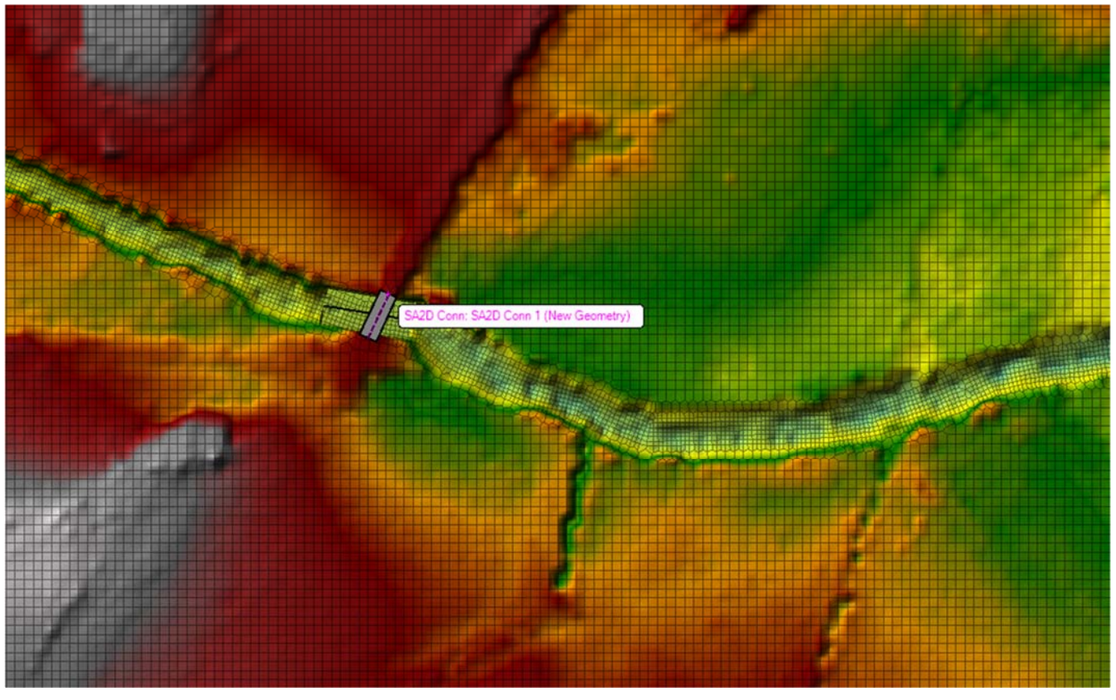


Ilustración 29. Foto ODT existente nº2 tomadas in situ.



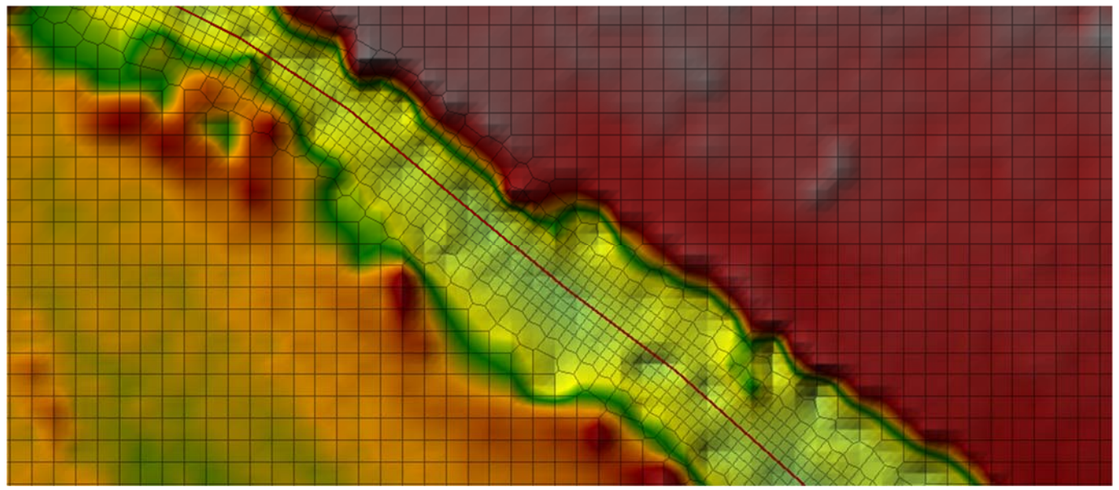
Por su parte, en el presente estudio se han modelizado estas estructuras debidamente, como se puede apreciar en las siguientes ilustraciones

Ilustración 30. Edición de ODT nº1 sometida a estudio (HEC-RAS 6.5)



Por otro lado, se han incluido los tramos de la Red Hidrográfica obtenidos del IGN y de fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua, Instituto Hidrográfico de la Marina, etc.) como líneas de rotura, con el objetivo que se produzca un mayor ajuste de las celdas de la malla de simulación en el entorno de las mismas, obteniendo resultados más óptimos.

Ilustración 19. Red Hidrográfica del ámbito de estudio, utilizada como líneas de rotura.



11.3 Resultados del modelo hidráulico de la red de drenaje principal en el ámbito de actuación

Completadas las simulaciones, HEC-RAS permite realizar la visualización de los resultados de distintas variables y en distintos formatos. De todos ellos, en el presente estudio tiene un especial interés la determinación de las superficies de inundación.

Dichos resultados de inundabilidad, correspondientes a los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 500 años, quedan detallados en el **Anexo II – Planos**, para su interpretación, debido a la gran extensión del ámbito sometido a estudio.

11.4 Zona de Flujo Preferente

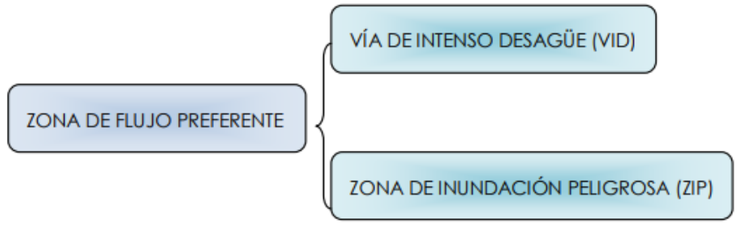
La **Zona de Flujo Preferente (ZFP)**, a la cual hace alusión el Real Decreto 9/2008 de 11 de enero, se define como el resultado de superponer dos zonas o superficies hidráulicas:

• La **Vía de Intenso Desagüe (VID)**, o zona donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas

• La **Zona de Inundación Peligrosa (ZIP)**, donde se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes.

Y todo ello referido a las condiciones hidráulicas estimadas para el período de retorno de 100 años.

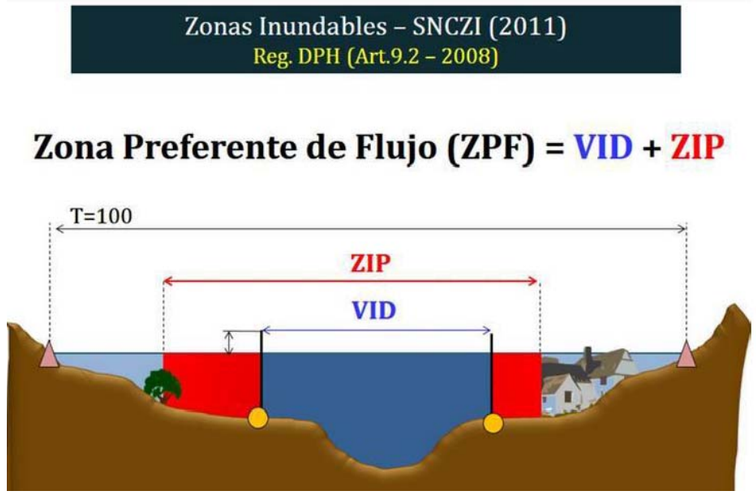
Ilustración 31. Diagrama de composición de la Zona de Flujo Preferente.



Y, para definir concretamente la zona de flujo preferente hay que introducir los conceptos:

- **Zona de Inundación Peligrosa**: De acuerdo con los criterios establecidos en el Real Decreto, la Zona de Inundación Peligrosa o Zona de Graves Daños, viene dado cuando se cumple alguno de los siguientes criterios:
  - Que el calado sea superior a 1 m
  - Que la velocidad sea superior a 1 m/s
  - Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m2/s.
- **Vía de Intenso Desagüe**: Se entiende por Vía de Intenso Desagüe (VID) la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de período de retorno sin producir una sobreelevación mayor de 0,3, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida, considerando toda la llanura de inundación existente.

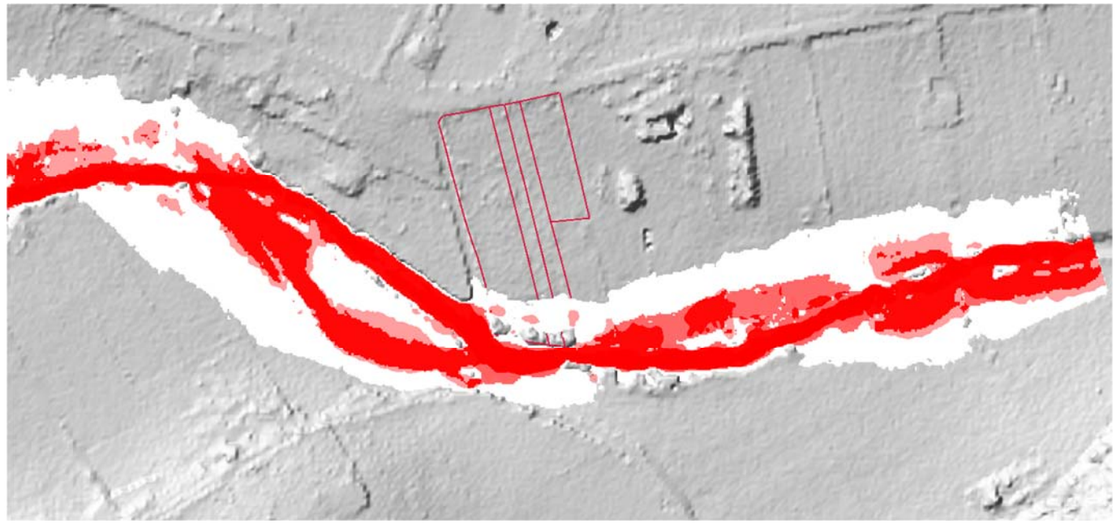
Ilustración 32. Zona de Flujo Preferente.



Los resultados de la **Zona de Flujo Preferente (ZFP)** que se muestran en el **Anexo II – Planos** se han delineado igualándose a la lámina de inundación del periodo de retorno de 100 años, por los siguientes motivos:

1. De las condiciones de **Zona de Inundación Peligrosa (ZIP)**, las únicas significativas han resultado ser la de Velocidad>1m/s y calado*velocidad>0,50m²/s, resultando la condición de calado>1m contenida en las dos anteriores.

Ilustración 33. Zona de Inundación Peligrosa (en rojo) sobre lámina de inundación T100.



2. La envolvente de la ZIP queda, en la mayoría del tramo sometido a estudio, muy cercana a los límites de inundación T100.

3. Tras analizar la ZIP, se intuye que la Vía de Intenso Desagüe (VID) va a resultar muy similar a la ZIP, o incluida dentro de la misma. En cualquier caso, por su propia definición se puede afirmar que los límites que arroja la VID se sitúan por dentro de la mancha de inundación T100.

Por tanto, teniendo en cuenta lo anterior, y por situarse las nuevas instalaciones fuera de zona inundable, se ha considerado como ZFP la lámina arrojada por la T100.

Ilustración 34. Zona de Flujo Preferente calculado con HEC-RAS.



12. CONSIDERACIONES FINALES

Tras los resultados obtenidos en los apartados anteriores se puede concluir que:

La simulación del Torrent de Sitges ha generado, en el ámbito sometido a estudio, láminas concentradas con algunas difusiones puntuales, siendo los calados menores a 1 metro en la mayor parte de la mancha de inundación, para los periodos de retorno considerados.

Estos resultados se configuran desde un punto de vista conservador. Por un lado, en lo referido a la parte hidrológica, con parámetros optimizados para estar del lado de la seguridad, y por otra parte, desde un punto de vista hidráulico, teniendo en cuenta que se trata de una franja de simulación muy antropizada, donde las barreras arquitectónicas son habituales, especialmente los cerramientos de las diversas parcelas compuestas de mampostería que dificultan el flujo de los caudales.

Por su parte, en cuanto a la Zona de Flujo Preferente se ha definido igualándose a la lámina T100, pues, las nuevas instalaciones que se proyectan se ubican fuera de las manchas de inundación calculadas.

Por último, con los resultados del presente estudio se ha hallado el límite de interés administrativo, como es la delimitación del Dominio Público Hidráulico (propuesto, y conservador, para T=10 años) que queda detallado en el apartado **Anexo II – Planos**.

Así pues, considerando que el presente Estudio Hidrológico e Hidráulico reúne todos los requisitos establecidos por la normativa vigente, se somete a la superioridad, proponiendo su aprobación.

En Vélez-Málaga, diciembre de 2024,

Antonio Dorado Calvo

Ingeniero de Caminos, Canals y Puertos

13. ANEXO I: RESUMEN HIDROLÓGICO

13.1 Tiempo de concentración.

Ilustración 35. Tabla: Valores de tiempo de concentración por cuenca.

Cuenca	Superficie (ha)	L (m)	Cota sup (m)	Cota inf (m)	Desnivel (m)	J (m/m)	Kt	T (h)
Torrent de Sitges	1,745.74	8,700	705	13	692.00	0.080	1.18	2.51

13.2 Intensidades medias de precipitación

Ilustración 36. Tabla: Intensidad media de precipitación por cuenca para periodo de retorno T10.

Cuenca	T=10 años					
	I1/Id	T(h)	Fint	Pd' (mm/día)	Id (mm/h)	I (mm/h)
Torrent de Sitges	11.00	2.51	6.13	128.41	5.35	32.79

Ilustración 37. Tabla: Intensidad media de precipitación por cuenca para periodo de retorno T100.

Cuenca	T=100 años					
	I1/Id	T(h)	Fint	Pd' (mm/día)	Id (mm/h)	I (mm/h)
Torrent de Sitges	11.00	2.51	6.13	197.20	8.22	50.35

Ilustración 38. Tabla: Intensidad media de precipitación por cuenca para periodo de retorno T500.

Cuenca	T=500 años					
	I1/Id	T(h)	Fint	Pd' (mm/día)	Id (mm/h)	I (mm/h)
Torrent de Sitges	11.00	2.51	6.13	247.64	10.32	63.23

13.3 Coeficiente de escorrentía

Ilustración 39. Tabla: Coeficiente de escorrentía por cuenca para periodo de retorno T10.

Cuenca	T=10 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido	C
Torrent de Sitges	128.41	29.08	3.00	87.25	0.06

Ilustración 40. Tabla: Coeficiente de escorrentía por cuenca para periodo de retorno T100.

Cuenca	T=100 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sitges	197.20	29.08	3.00	87.25	0.16

Ilustración 41. Tabla: Coeficiente de escorrentía por cuenca para periodo de retorno T500.

Cuenca	T=500 años				
	Pd'(mm)	P'o	factor β	P'o (corregido)	C
Torrent de Sitges	247.64	29.08	3.00	87.25	0.22

13.4 Caudales.

Ilustración 42. Tabla: Caudales máximos por cuenca para periodo de retorno T10.

Cuenca	T= 10 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sitges	0.06	32.79	1,745.74	1.18	10.51

Ilustración 43. Tabla: Caudales máximos por cuenca para periodo de retorno T100.

Cuenca	T= 100 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sitges	0.16	50.35	1,745.74	1.18	45.51

Ilustración 44. Tabla: Caudales máximos por cuenca para periodo de retorno T500.

Cuenca	T= 500 años				
	C	I (mm/h)	A (Ha)	Coef. K	Q (m3/s)
Torrent de Sitges	0.22	63.23	1,745.74	1.18	80.55

14. ANEXO II: PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

01 – SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS.
02 – CUENCAS VERTIENTES.
03 – USOS DE SUELO.
04 – LÁMINAS DE INUNDACIÓN.
05 – VELOCIDADES.
06 – ZONA DE FLUJO PREFERENTE.

SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS





LEYENDA

SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS

1. SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS
2. CUENCAS VERTIENTES
3. USOS DE SUELO
4. LÍMITES DE INUNDACIÓN
5. VELOCIDADES
6. ZONA DE FLUJO PREFERENTE

HIDROGRAFÍA

- CAUCES PRINCIPALES (RED HIDROGRÁFICA)
- SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

- PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA

- **Tramo de red hidrográfica (cauce principal) obtenido de datos procedentes del IGN y de fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua DGA; Instituto Hidrográfico de la Marina IHM, etc.).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/20.000

0m 200 400 600

UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

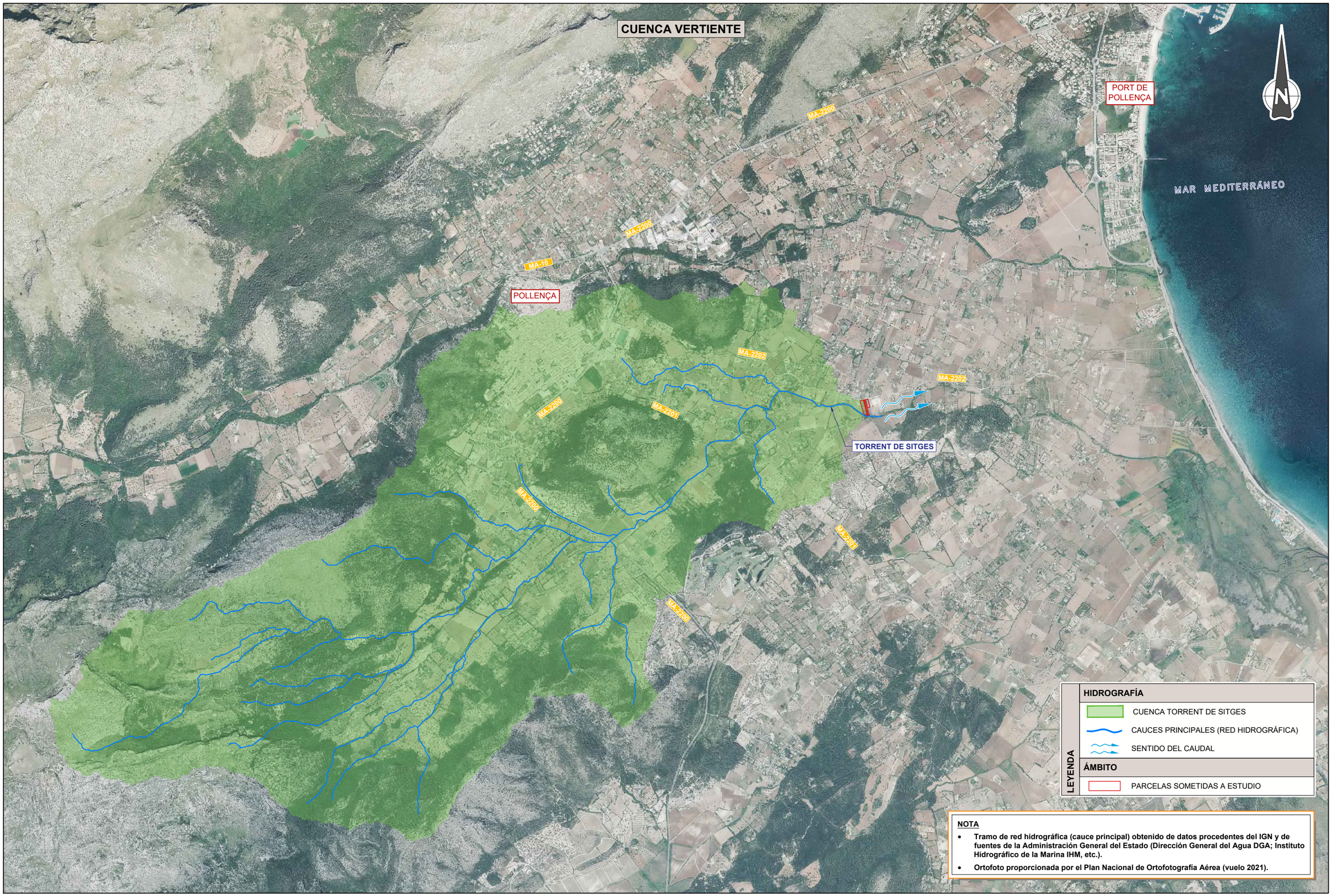
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO:

SITUACIÓN E ÍNDICE DE PLANOS

PLANO Nº: 1



NOTA

- **Tramo de red hidrográfica (cauce principal) obtenido de datos procedentes del IGN y de fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua DGA; Instituto Hidrográfico de la Marina IHM, etc.).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/30.000

0m 300 600 900

UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

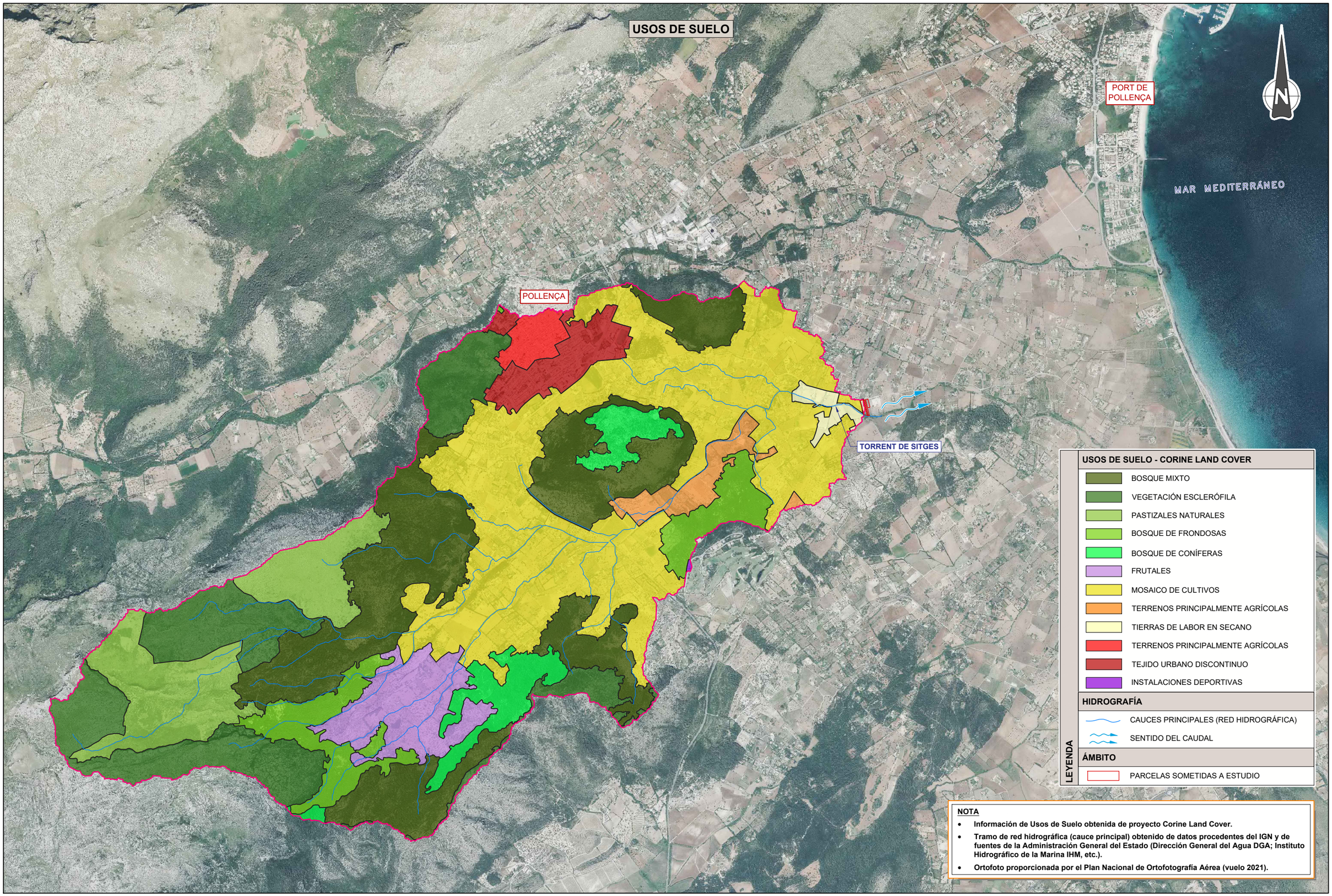
TITULO DEL PLANO:

CUENCA VERTIENTE

PLANO Nº: 2

HOJA 1 DE 1

USOS DE SUELO



NOTA

- **Información de Usos de Suelo obtenida de proyecto Corine Land Cover.**
- **Tramo de red hidrográfica (cauce principal) obtenido de datos procedentes del IGN y de fuentes de la Administración General del Estado (Dirección General del Agua DGA; Instituto Hidrográfico de la Marina IHM, etc.).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/30.000

0m 300 600 900

UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO: **USOS DE SUELO**

PLANO Nº: 3

HOJA 1 DE 1

LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=10 AÑOS

TORRENT DE SITGES

N

LEYENDA

CALADOS

3.0 m
2.5 m
2.0 m
1.5 m
1.0 m
0.5 m
0.0 m

LEYENDA

INUNDABILIDAD

Lámina de inundación

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA ACLARATORIA

- **Los resultados que se muestran en el presente plano se han hallado tras realizar una modelización hidráulica de caudales de cálculo obtenidos del Método Racional Modificado de Témez, habida cuenta de que la superficie de la cuenca vertiente es menor de 50 m².**

NOTA

- **Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Derreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/2.000
0m 20 40 60
UNE A-3
ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

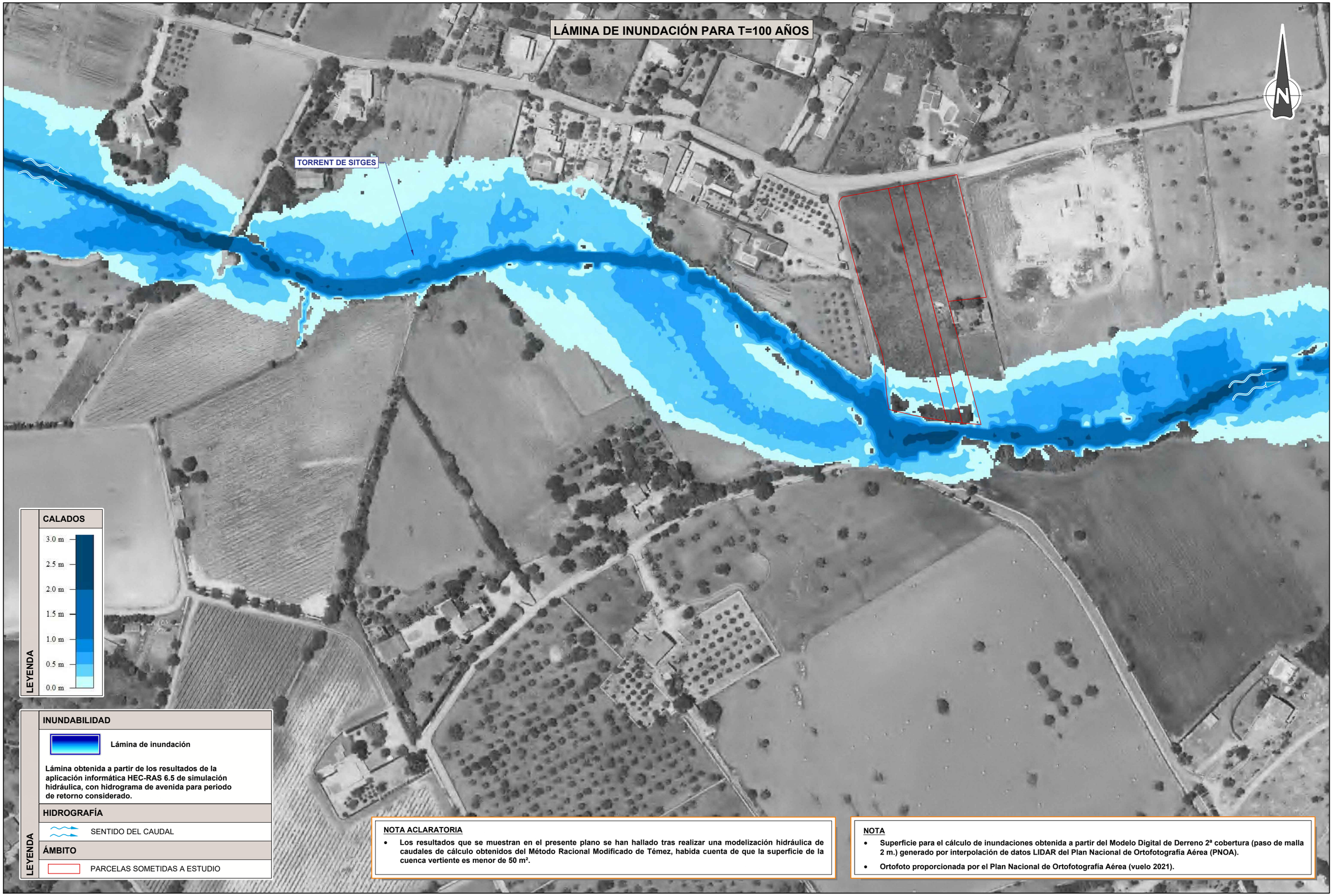
FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO:
LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=10 AÑOS

PLANO Nº: 4.1

HOJA 1 DE 1

LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=100 AÑOS



LEYENDA

CALADOS

- 3.0 m
- 2.5 m
- 2.0 m
- 1.5 m
- 1.0 m
- 0.5 m
- 0.0 m

LEYENDA

INUNDABILIDAD

Lámina de inundación

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA ACLARATORIA

- Los resultados que se muestran en el presente plano se han hallado tras realizar una modelización hidráulica de caudales de cálculo obtenidos del Método Racional Modificado de Témez, habida cuenta de que la superficie de la cuenca vertiente es menor de 50 m².

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Derreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/2.000

0m 20 40 60

UNE A-3
ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

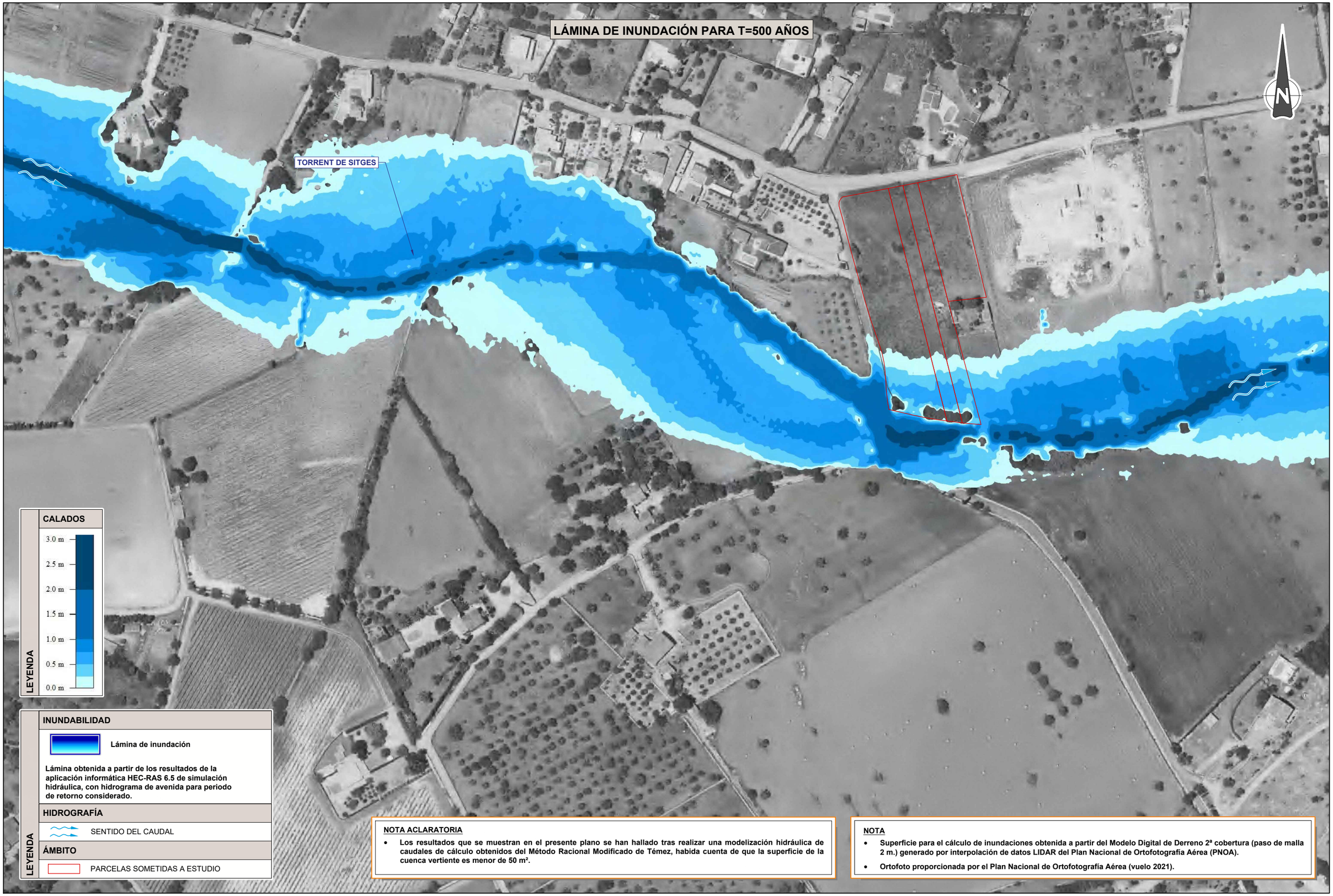
TITULO DEL PLANO:

LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=100 AÑOS

PLANO Nº: 4.2

HOJA 1 DE 1

LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=500 AÑOS



LEYENDA

CALADOS

- 3.0 m
- 2.5 m
- 2.0 m
- 1.5 m
- 1.0 m
- 0.5 m
- 0.0 m

LEYENDA

INUNDABILIDAD

Lámina de inundación

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA ACLARATORIA

- Los resultados que se muestran en el presente plano se han hallado tras realizar una modelización hidráulica de caudales de cálculo obtenidos del Método Racional Modificado de Témez, habida cuenta de que la superficie de la cuenca vertiente es menor de 50 m².

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Derreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/2.000

0m 20 40 60

UNE A-3
ORIGINALES — GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO: **LÁMINA DE INUNDACIÓN PARA T=500 AÑOS**

PLANO Nº: 4.3

HOJA 1 DE 1

VELOCIDADES PARA T=10 AÑOS

TORRENT DE SITGES

N

LEYENDA

VELOCIDADES

8.0 m
7.0 m
6.0 m
5.0 m
4.0 m
3.0 m
2.0 m
1.0 m
0.0 m

LEYENDA

VELOCIDADES

Velocidades

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA ACLARATORIA

- Los resultados que se muestran en el presente plano se han hallado tras realizar una modelización hidráulica de caudales de cálculo obtenidos del Método Racional Modificado de Témez, habida cuenta de que la superficie de la cuenca vertiente es menor de 50 m².

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Derreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :
ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/2.000
0m 20 40 60
UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO: VELOCIDADES PARA T=10 AÑOS

PLANO Nº: 5.1

HOJA 1 DE 1

VELOCIDADES PARA T=100 AÑOS

TORRENT DE SITGES

N

LEYENDA

VELOCIDADES

8.0 m
7.0 m
6.0 m
5.0 m
4.0 m
3.0 m
2.0 m
1.0 m
0.0 m

LEYENDA

VELOCIDADES

Velocidades

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA ACLARATORIA

- Los resultados que se muestran en el presente plano se han hallado tras realizar una modelización hidráulica de caudales de cálculo obtenidos del Método Racional Modificado de Témez, habida cuenta de que la superficie de la cuenca vertiente es menor de 50 m².

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Derreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/2.000

0m 20 40 60

UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO: **VELOCIDADES PARA T=100 AÑOS**

PLANO Nº: 5.2

HOJA 1 DE 1

VELOCIDADES PARA T=500 AÑOS

TORRENT DE SITGES

N

LEYENDA

VELOCIDADES

8.0 m
7.0 m
6.0 m
5.0 m
4.0 m
3.0 m
2.0 m
1.0 m
0.0 m

LEYENDA

VELOCIDADES

Velocidades

Lámina obtenida a partir de los resultados de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno considerado.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA ACLARATORIA

- Los resultados que se muestran en el presente plano se han hallado tras realizar una modelización hidráulica de caudales de cálculo obtenidos del Método Racional Modificado de Témez, habida cuenta de que la superficie de la cuenca vertiente es menor de 50 m².

NOTA

- Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Derreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).
- Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).

energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/2.000

0m 20 40 60

UNE A-3 ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO: **VELOCIDADES PARA T=500 AÑOS**

PLANO Nº: 5.3

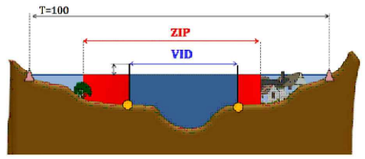
HOJA 1 DE 1

ZONA DE FLUJO PREFERENTE

TORRENT DE SITGES

N

Zona Preferente de Flujo (ZPF) = VID + ZIP



Nota Aclaratoria

Los resultados de la Zona de Flujo Preferente (ZFP) que se muestran en el presente plano se han delineado igualándose a la lámina de inundación del periodo de retorno de 100 años, por los siguientes motivos:

1. De las condiciones de Zona de Inundación Peligrosa (ZIP), las únicas significativas han resultado ser la de Velocidad>1m/s y calado*velocidad>0,50m²/s, resultando la condición de calado>1m contenida en las dos anteriores.

2. La envolvente de la ZIP queda, en la mayoría del tramo sometido a estudio, muy cercana a los límites de inundación T100.

3. Tras analizar la ZIP, queda claro que la estimación de la Vía de Intenso Desagüe (VID) va a resultar prácticamente similar a la ZIP, o incluida dentro de la misma. En cualquier caso, por su propia definición se puede afirmar que los límites que arroja la VID se sitúan por dentro de la mancha de inundación T100.

Por tanto, teniendo en cuenta lo anterior, y por situarse las nuevas instalaciones fuera de zona inundable, se puede adoptar como simplificación que la ZFP equivale a la lámina de inundación T100.

LEYENDA

ZONA DE FLUJO PREFERENTE

Zona de Flujo Preferente

Contorno delineado a partir de los resultados obtenidos de la aplicación informática HEC-RAS 6.5 de simulación hidráulica, con hidrograma de avenida para periodo de retorno de 100 años.

HIDROGRAFÍA

SENTIDO DEL CAUDAL

ÁMBITO

PARCELAS SOMETIDAS A ESTUDIO

NOTA ACLARATORIA

- **Los resultados que se muestran en el presente plano se han hallado tras realizar una modelización hidráulica de caudales de cálculo obtenidos del Método Racional Modificado de Témez, habida cuenta de que la superficie de la cuenca vertiente es menor de 50 m².**

NOTA

- **Superficie para el cálculo de inundaciones obtenida a partir del Modelo Digital de Derreno 2ª cobertura (paso de malla 2 m.) generado por interpolación de datos LIDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).**
- **Ortofoto proporcionada por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (vuelo 2021).**

ODS energy development

INGENIERÍA & ARQUITECTURA D 3

AUTORES DEL ESTUDIO :

ANTONIO DORADO CALVO
I.C.C.P. - Colegiado 31.721

ESCALA : 1/2.000

0m 20 40 60

UNE A-3
ORIGINALES GRAFICAS

TÍTULO :

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DEL TORRENT DE SITGES, A SU PASO POR LAS PARCELAS 210 – 213, POLÍGONO 2, EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE POLLENÇA (MALLORCA)

FECHA : DICIEMBRE 2024

TITULO DEL PLANO:

ZONA DE FLUJO PREFERENTE

PLANO Nº: 6

HOJA 1 DE 1