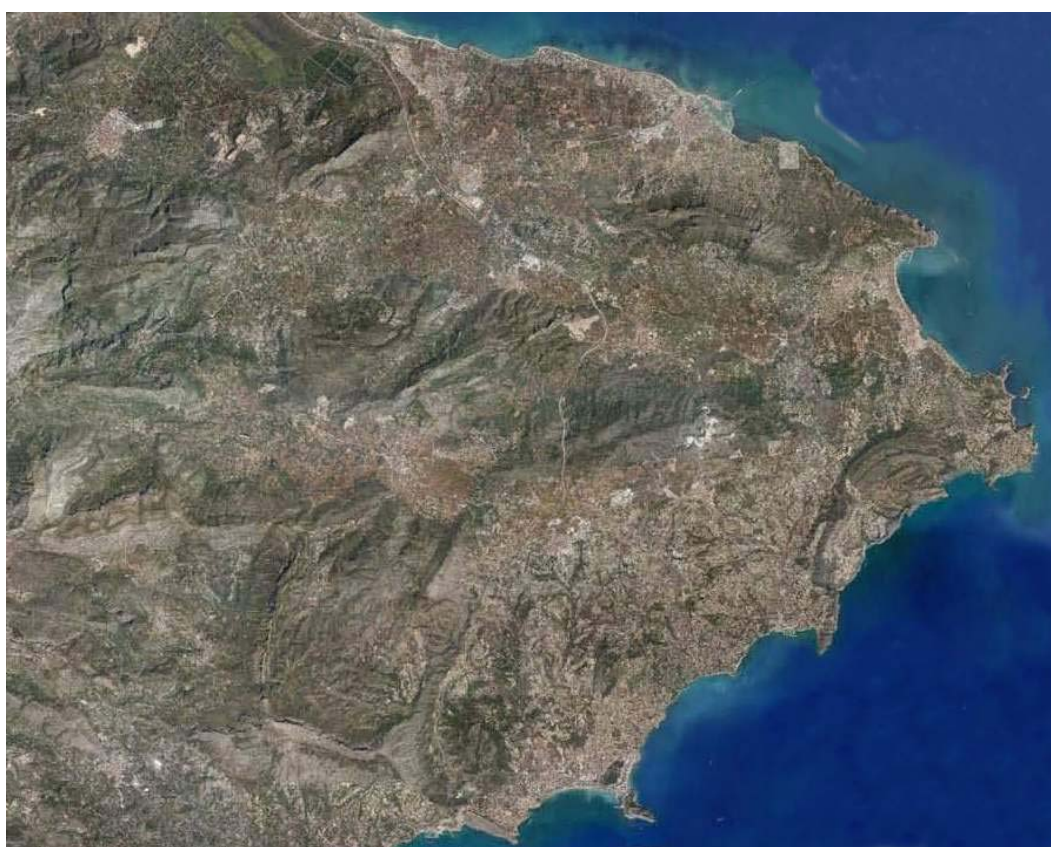


Plan Director de Defensa contra las Avenidas

Comarca de la Marina Alta. Alicante.



APÉNDICE 7

ESTUDIO HIDRÁULICO

**ESTUDIO HIDRÁULICO ZONAS INUNDABLES
DE LA MARINA ALTA**

INDICE

1.- ANTECEDENTES Y MARCO DEL ESTUDIO	4
2.- INTRODUCCIÓN	5
3.- INFORMACIÓN DE PARTIDA.....	7
3.1.- MODELO DIGITAL DEL TERRENO	8
4.- MODELACIÓN BIDIMENSIONAL: MODELO INFOWORKS 2D	15
4.1.- FUNDAMENTOS HIDRÁULICOS	16
5.- ESTRUCTURA DEL ESTUDIO	19
5.1.- TOPOLOGÍA DEL MODELO	19
5.2.- ESTRUCTURAS.....	26
5.3.- RUGOSIDAD.....	32
5.4.- CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO	36
5.5.- ELECCIÓN DE LOS EVENTOS.....	41
6.- ZONAS DE ESTUDIO	58
6.1.- GIRONA	58
6.2.- DENIA 2: BARRANCO DE L´ALTER	112
6.3.- DENIA 3: BARRANCO DEL REGATXO.....	128
6.4.- DENIA 4: BARRANCO DEL COLL DE POU	145
6.5.- JÁVEA	163
6.6.- ORBA	188
6.7.- JALÓN	212
6.8.- TEULADA.....	230
6.9.- BENISSA 1: BARRANCOS DE SANT JAUME Y BALADRAR.....	253
6.10.- BENISSA 2: BARRANCO DE LA FUSTERA.	273
6.11.- CALPE.....	290
6.12.- PEGO	316

1.- ANTECEDENTES Y MARCO DEL ESTUDIO

El presente estudio hidráulico se enmarca dentro de los trabajos necesarios para el contrato de servicios licitado por la Confederación Hidrográfica del Júcar y adjudicado a la UTE PAYMACOTAS-INYPSA, consistente en la Redacción del Plan Director de Defensa contra las avenidas en la comarca de la Marina Alta.

La parte consistente en la elaboración de los trabajos correspondientes a este Estudio Hidráulico se han encargado a la empresa HidroGaia, cuyo equipo redactor ha elaborado el presente informe con el objeto de que se incorpore a los demás estudios que configuran la redacción del Plan.

El equipo redactor se compone de varios perfiles profesionales con el objeto de que se configure un equipo multidisciplinar capaz de abordar las tareas encomendadas. La realización de las tareas necesarias para abordar este estudio ha implicado la coordinación con otros equipos para la correcta transmisión de los resultados y condicionantes impuestos por otros estudios, tales como el pluviométrico e hidrológico (realizados por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia) y el geomorfológico (realizado por el Centro Valenciano de Estudios del Riego de la UPV y el Departamento de Geografía de la Universidad de Valencia).

A partir de los resultados y condicionantes de los estudios anteriores mencionados, se ha planteado la realización del presente informe, que plasma la caracterización hidrodinámica de las zonas de estudio necesaria para abordar los capítulos señalados en el pliego de prescripciones técnicas como “Estudio Hidráulico” y la “Definición de zonas inundables y daños”.

2.- INTRODUCCIÓN

Las hipótesis de flujo unidimensional no son adecuadas cuando el fenómeno hidráulico se presenta sobre una zona de gran extensión y confluencia de cauces, lo que nos permite hacer la suposición de presiones hidrostáticas en una vertical y aplicar hipótesis similares a las de Saint Venant enunciadas en el caso unidimensional. Unos ejemplos típicos de este tipo de flujo son la inundación de un valle aluvial, el flujo en un lago o albufera poco profundos o en un estuario.

Las ecuaciones que describen el flujo en ríos, llanuras de inundación, estuarios, etc., se basan en los conceptos clásicos de conservación de la masa y conservación de la cantidad de movimiento. Para la mayoría de casos que tratan con superficies de agua, el conocimiento completo del flujo tridimensional es innecesario, siendo suficiente el desarrollo de las magnitudes en tan sólo dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí.

La naturaleza tridimensional del flujo es poco importante cuando las dimensiones horizontales del flujo son mucho mayores que su profundidad. En estos casos, una distribución en el plano horizontal de las variables que caracterizan el flujo pueden ser de interés, y las soluciones basadas en aproximaciones bidimensionales pueden suponer una ventaja económica. En definitiva, el problema hidrodinámico se describe correctamente con la aproximación en dos dimensiones.

El flujo bidimensional transitorio en canales abiertos, suponiendo la densidad y la viscosidad del agua constante, puede describirse mediante tres variables dependientes del espacio y del tiempo. Estas variables son el calado y la velocidad según las dos direcciones horizontales de un punto del plano que caracteriza a una columna de agua. Se necesitan por tanto tres ecuaciones obtenidas a partir de dos leyes físicas: la ley de conservación de la masa y la ley de conservación de la cantidad de movimiento, esta última aplicada según las dos direcciones del plano horizontal.

La descripción satisfactoria de muchos procesos físicos con la aproximación bidimensional supone una gran ayuda. Las ecuaciones en derivadas parciales que gobiernan el problema bidimensional centrado en el plano horizontal son las ecuaciones simplificadas que gobiernan el flujo tridimensional. La descripción bidimensional del régimen se obtiene por integración de las ecuaciones del flujo en tres dimensiones respecto al calado, es decir, integrando respecto de la coordenada vertical desde la cota de la solera o del fondo hasta la cota de la superficie libre del agua. Se asume que la velocidad es constante a lo largo de toda la vertical, siendo así la distribución de presiones en la columna de agua la distribución hidrostática. El calado y las velocidades según el eje X e Y varían por tanto para cada punto del plano horizontal.

Existen programas capaces de simular hidrodinámicamente superficies de agua en que el movimiento es cuasi-horizontal como Sobek, Telemac o Infoworks 2D,

y pueden por tanto ser descritas con la aproximación bidimensional. Generalmente, estos modelos analizan también el flujo uni- o bidimensional a través de puentes y estructuras hidráulicas que crean condiciones de flujo difíciles de evaluar mediante métodos convencionales introduciendo las formulaciones específicas adecuadas. Así pues, resuelven simultáneamente el problema de Saint Venant en todo punto del dominio (X, Y), a partir de las ecuaciones de continuidad y dinámicas según X y según Y, y los flujos unidimensionales con formulaciones especiales, como son los flujos en azudes, presas, diques, etc.

Al final se trata de resolver el sistema de ecuaciones gobernante a partir de una modelación física definida. Durante la simulación se resuelve en una o en dos dimensiones la posición de la superficie libre de agua obteniendo el calado en cada punto (X, Y), y las velocidades medias a lo largo de la vertical según las direcciones X e Y horizontales. También se incluyen los efectos del rozamiento, turbulencia y, opcionalmente, otros efectos como el del viento o el de la fuerza de Coriolis debida a la rotación de la Tierra.

El hecho de suponer la densidad y la viscosidad del agua constantes simplifica el problema, pero su vez impide la modelación con gradientes de densidad y con estratificación horizontal.

Para resolver el problema completo, además de tener formuladas la ecuación de continuidad y las ecuaciones dinámicas según los dos ejes del plano horizontal, es necesario conocer las condiciones iniciales del sistema y las condiciones de contorno.

3.- INFORMACIÓN DE PARTIDA

La cartografía utilizada en un estudio de inundabilidad resulta un parámetro fundamental que va a condicionar la calidad final de los resultados del mismo. En el presente punto se definen las principales características de la cartografía empleada, así como su tratamiento para la generación de los modelos digitales del terreno y datos de entrada a los modelos hidráulicos, de manera que los resultados de los mismos sean acordes con la escala de trabajo y los requerimientos definidos en el pliego de prescripciones.

En el caso que nos ocupa, la información utilizada en el estudio (Modelos Digitales del Terreno y ortofotografías aéreas) proviene del PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea), cuyas especificaciones se describen en este apartado.

A continuación se muestra una imagen con los años de captura de la información empleada:

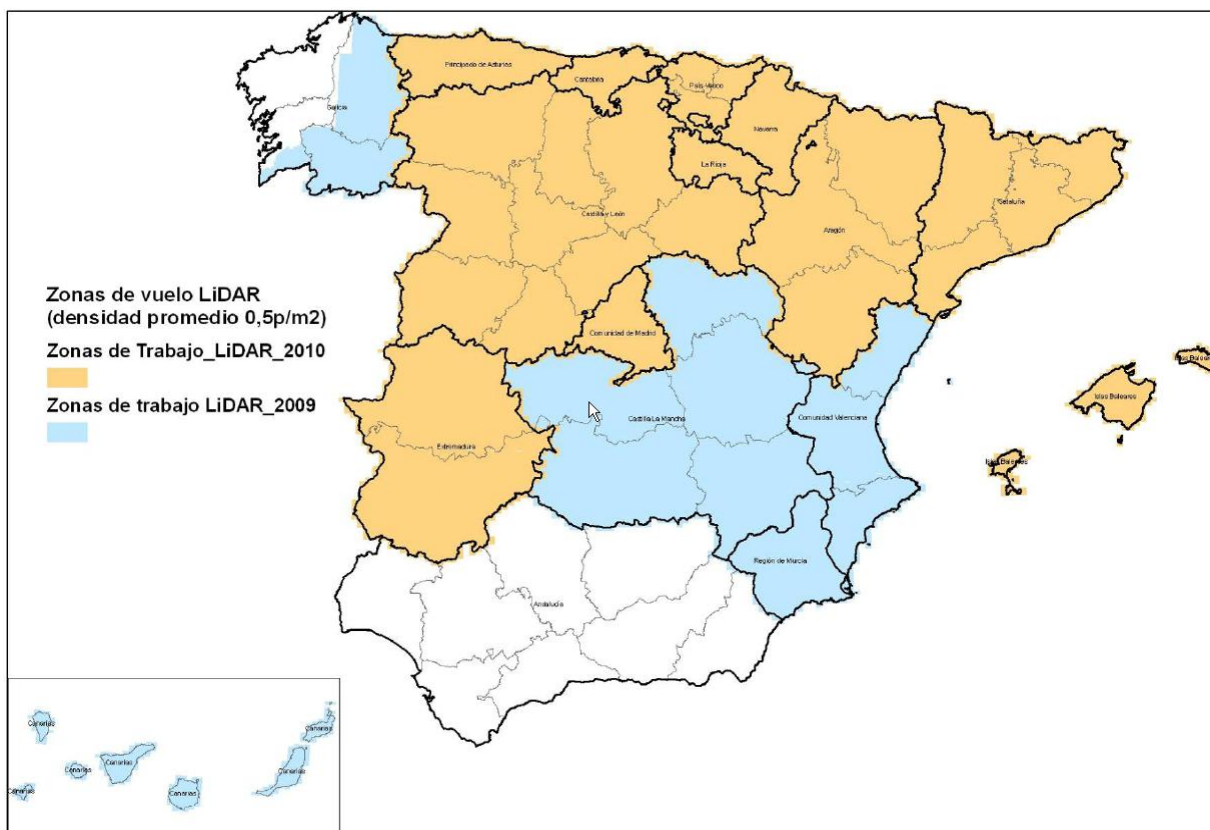


Figura 1: Proyecto PNOA 2009-2010. Zonas de vuelo LiDAR

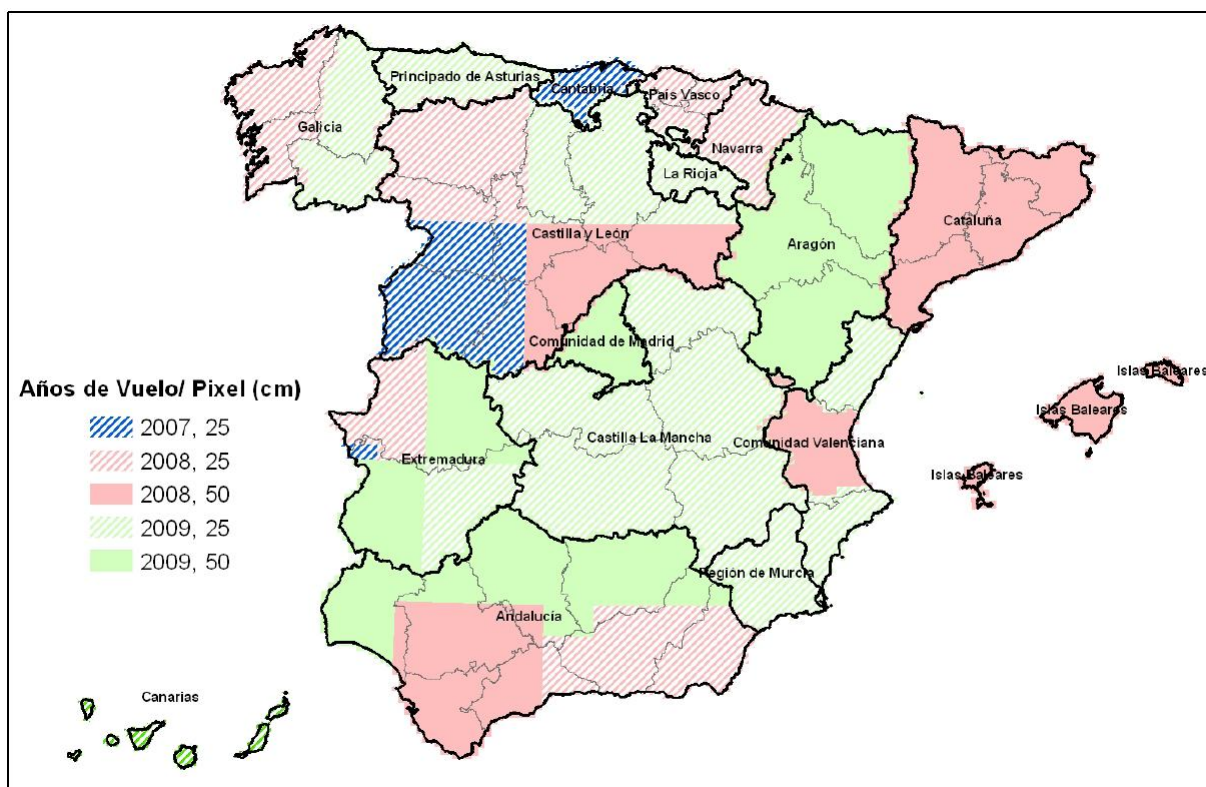


Figura 2: Último vuelo fotogramétrico del PNOA por CCAA

3.1.- MODELO DIGITAL DEL TERRENO

3.1.1.- Introducción

Los modelos digitales del terreno utilizados han sido realizados por medio de tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging), basada en la emisión de pulsos por parte de un Láser aerotransportado, la cual proporciona resultados que difieren mucho de la naturaleza de los datos vectoriales proporcionados por la fotogrametría.

La tecnología LIDAR se corresponde con un sistema activo de captura basado en técnicas telemétricas. El instrumental utilizado emite pulsos de luz láser en la banda del espectro electromagnético comprendido entre el infrarrojo y ultravioleta, para posteriormente capturar la señal reflejada por la superficie topográfica barrida, midiendo el tiempo empleado por cada una de las señales emitidas en recorrer el espacio que separa al transmisor de la superficie física del terreno. LIDAR utiliza los mismos principios que la tecnología RADAR, si bien la longitud de onda de la señal utilizada difiere en gran medida.

La metodología de captura es similar a la utilizada por la fotogrametría clásica o convencional, siendo la mayor de las diferencias el tipo de sensor utilizado. En el caso de la fotogrametría, se realizan tomas fotográficas, con sensor óptico, mientras que la

tecnología LiDAR utiliza un sensor telemétrico activo montado, de la misma forma que la fotogrametría, sobre una plataforma aerotransportada.

Para poder determinar la tripleta de coordenadas que definen la localización de cada uno de los puntos que conforman las modelizaciones digitales, el sistema requiere del empleo de técnicas de posicionamiento espacial en modo diferencial en tiempo real – Real Time Kinematic – y sistemas de navegación inercial que permite caracterizar la posición espacial del instrumental de medición – velocidad, giros para cada uno de los ejes,...–. Es decir, se determina de forma precisa la oposición del sensor (sobre el avión), y desde este se miden las alturas o distancias al terreno, para poder obtener las coordenadas (X;Y;Z) de la superficie topográfica.

3.1.2.- Sistema de Referencia

El sistema de referencia utilizado se corresponde con el sistema unificado europeo que se está implantando en la totalidad de países miembros de la Unión (ETRS89-European Terrestrial Reference System 1989), materializado en el territorio mediante la red REGENTE (que constituye en España el ETRF89 -European Terrestrial Reference Frame 1989-), y establecido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) mediante campañas de observación GPS en las cuales se determinaron las coordenadas de los vértices geodésicos correspondientes a la ROI (Red de Orden Inferior) referidas al sistema de referencia europeo.

El sistema presenta las siguientes características y parámetros:

- Elipsoide: GRS80

Semieje mayor (a) = 6.378.137 m

Semieje mayor (a) = 6.356.752,31414 m

Aplanamiento= 1:298,257222101

- Orígenes de Coordenadas geodésicas:

Origen Geocéntrico.

Eje X intersección del meridiano de Greenwich y el plano del ecuador medio, eje Z en la dirección del polo OCI y eje Y perpendicular y formando un triedro directo con los ejes X,Z.

Latitudes referidas al Ecuador y consideradas positivas al Norte.

Longitudes referidas al Meridiano de Greenwich y consideradas positivas al Este y Negativas al Oeste del mismo.

- Sistema cartográfico de representación:

El sistema de representación plana es el oficial: la proyección conforme Universal Transversa de Mercator (UTM) establecida como reglamentaria por el Decreto 2303/1970, referida al huso

correspondiente a cada zona, en este caso, resultando todas las áreas de estudio en el 30.

3.1.3.- Especificaciones técnicas del vuelo LiDAR

A continuación pasamos a describir las principales especificaciones técnicas que eran requeridas por el PNOA en lo referente al vuelo LiDAR:

- o Campo de visión transversal (FOV): Máximo FOV de 50° efectivos
- o Frecuencia de escaneado: Sensor con una frecuencia de escaneado mínima de 70 Hz
- o Frecuencia de pulso: Mínima de 45 kHz, asumiendo un FOV de 50° y un máximo alcance de hasta 3000 m
- o Resolución espacial: Vuelo planificado a una velocidad adecuada para garantizar un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido que permita obtener de manera homogénea la densidad promedio exigida de 0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado.
- o Resolución radiométrica de intensidades múltiples: Rango dinámico de al menos 8 bits
- o Uso obligatorio de sistema de navegación GPS doble frecuencia de al menos 2 Hz
- o Uso obligatorio de sistema inercial con frecuencia de registro de datos de al menos 200 Hz, y deriva inferior a 0,1° por hora
- o Recubrimiento transversal: > 15% medio en zonas de poca orografía. En terrenos con orografía acentuada o zonas urbanas, se planificará con un recubrimiento tal que minimice las oclusiones producidas por las edificaciones (95% de visibilidad)
- o Desviaciones de la trayectoria del avión: < 15 metros de la planificada
- o Desviaciones de la vertical del sensor LiDAR: < 5°
- o Precisión global horizontal: < 30 cm
- o Precisión general altimétrica: < 40 cm (error máximo en el 95% de los casos < 80cm)
- o Discrepancia altimétrica entre pasadas: < 80 cm

3.1.4.- Productos generados

Los productos generados de los que se harán uso para la generación de los modelos hidráulicos serán:

- o Modelos digitales del terreno con una resolución de 1x1 m, ya tratados, sin vegetación ni infraestructuras de paso (sobre todo puentes que obstruyan los cauces de la zona de estudio)
- o Cobertura de edificios
- o Cobertura con las estructuras de paso eliminadas

3.1.5.- Tratamiento de la información

La información bruta del LiDAR requiere una serie de tratamientos previos, antes de ser utilizada en la generación de los modelos hidráulicos, tanto por parte de la empresa que realiza el procesado del LiDAR bruto, como por la empresa que realiza los modelos hidráulicos.

A continuación se realiza una descripción de cada uno de estos tratamientos:

Eliminación de estructuras de paso

Los modelos hidráulicos realizados requieren de MDTs que hayan sido tratados, eliminando las obstrucciones al flujo que suponen las estructuras de paso como puentes o viaductos.

Esta eliminación se realiza mediante interpolación de los perfiles transversales existentes aguas arriba y aguas abajo de las estructuras de paso, de forma que se da continuidad al flujo de agua en los cauces de la zona de estudio.

Transformación de alturas elipsoidales en ortométricas sobre el nivel del mar

Una de las condiciones de contorno de los modelos hidráulicos generados se corresponde con la condición de mar, para lo que es necesario disponer de la información altimétrica referida al nivel medio del mar (alturas ortométricas).

No obstante, los datos brutos LiDAR se corresponden con altitudes elipsoidales referidas al elipsoide ETRS89, que habrá que transformar mediante el empleo del modelo de geoide oficial.

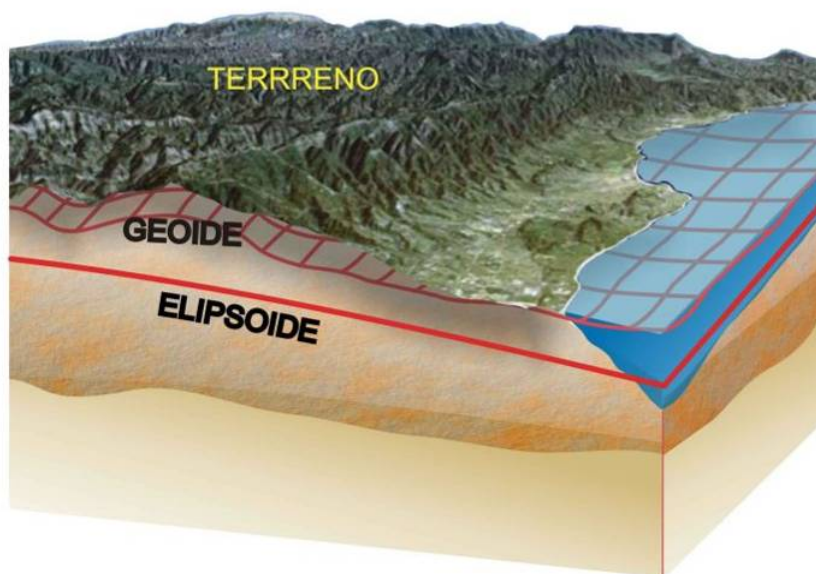


Figura 3: Diferencias entre alturas elipsoidales y alturas ortométricas

Adición de datos batimétricos

Los equipos para LiDAR altimétrico suelen emplear un láser en el infrarrojo próximo, normalmente de 1064 nm; sobre la superficie del agua se produce reflexión especular para estas longitudes de onda y sobre aguas tranquilas, como lagos o ríos esto provoca que sólo recibamos el eco en una franja cercana al nadir.

Esto se traduce en que no obtendremos datos del terreno en las superficies cubiertas por agua, lo cual no tiene excesiva importancia en las zonas de cauce, ya que en la mayoría de las zonas de estudio se trata de ramblas sin agua, o ríos con calados muy reducidos, cuya no consideración no afecta a la capacidad hidráulica del cauce. No obstante, en las zonas costeras, el hecho de no disponer de datos batimétricos de al menos una franja cercana a la línea de costa, puede provocar resultados dudosos en los modelos hidráulicos realizados.

De este modo, se han considerado los datos batimétricos provenientes de cartas náuticas de las zonas de estudio, que se han añadido a la información LiDAR para complementar los Modelos Digitales del Terreno, y producir así resultados coherentes.

Revisión y actualización de edificaciones

Los datos LiDAR de máscara de edificios dan lugar en ocasiones (sobre todo en áreas urbanas con edificaciones de gran altura) a la sobreestimación de la superficie correspondiente a la propia edificación, llegando a estrechar en gran medida las calles de los núcleos urbanos.

Este hecho provocaría, en la ejecución de los modelos hidráulicos, flujos irreales en el caso de desbordamientos que se dan en períodos de retorno altos, donde el agua llega a discurrir por las propias calles.

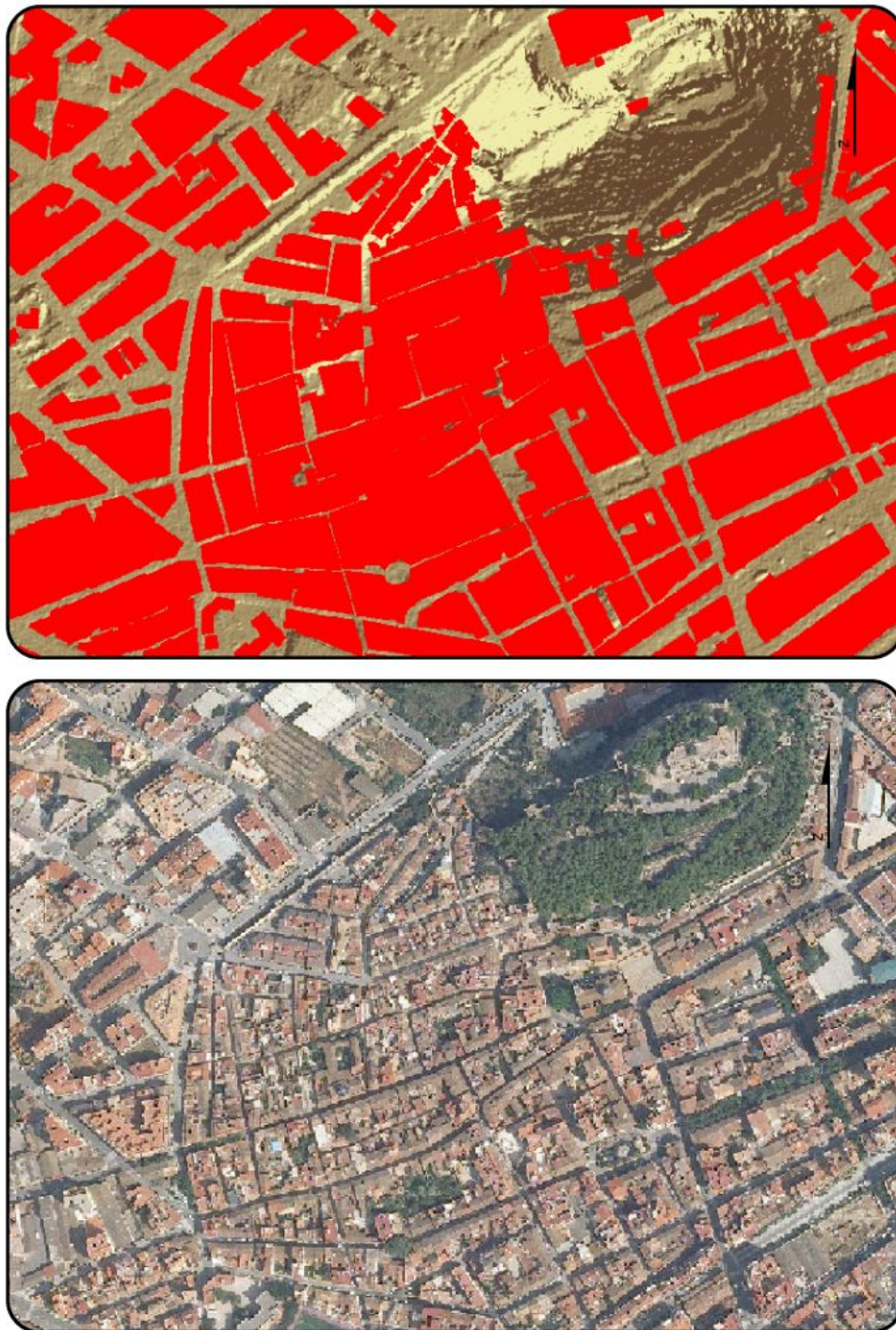


Figura 4: Máscara de edificios LiDAR en casco urbano

De este modo, se ha realizado una revisión y actualización de la máscara de edificios, mediante el empleo de datos catastrales urbanos, así una comprobación de las edificaciones con las ortofotos del PNOA.

4.- MODELACIÓN BIDIMENSIONAL: MODELO INFOWORKS 2D

Tras esta introducción, pasamos ya a desarrollar las ecuaciones que describen el problema hidrodinámico propiamente dicho, con la hipótesis de la aproximación bidimensional del flujo.

Con tal motivo se ha utilizado el modelo matemático Infoworks 2D, que es un software para la gestión de sistemas hídricos en zonas fluviales, urbanas y rurales. Este programa ha sido desarrollado por *Wallingford Software (MWH Soft)*.

InfoWorks 2D combina una serie de características importantes como:

- Análisis y predicción de calados, velocidad y extensión potencial de una inundación
- Funcionalidades para modelar las interacciones entre sistemas subterráneos y superficiales
- Integración de modelación 1D – 2D
- Múltiples posibilidades para el diseño de mallas de cálculo que permite optimizar la flexibilidad y precisión del modelo

El módulo 2D de Infoworks está totalmente integrado con el módulo de colectores (Infoworks CS) y el módulo de modelación de ríos (Infoworks RS) el cual es utilizado en este estudio.

Características principales:

- El módulo InfoWorks 2D se integra totalmente con el motor de simulación 1D. Logrando modelaciones detalladas, precisas y eficaces de flujos a través de las geometrías complejas, tanto urbanas como en campos, incluyendo la interacción con las redes de colectores de las ciudades. La conexión 1d2d se realiza mediante los elementos de unidades de vertido (conexión lateral entre tramo del río y polígono de simulación) y por los nodos de conexión 1d2d (conexión longitudinal entre estructura 1D y polígono de simulación).
- Utiliza el método de volúmenes finitos para resolver las ecuaciones de flujo de aguas someras.
- Utiliza mallas triangulares, rectangulares e irregulares con elementos escalonados planos horizontales para modelar el terreno lo cual permite una alta flexibilidad para describir geometrías complejas. La malla se genera automáticamente, sin tener en cuenta la morfología del terreno, pudiendo seleccionar zonas de mayor precisión, zonas donde no se desea mallar como en los edificios (voids), líneas de rotura para modelar con mayor precisión

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

zonas de cambios bruscos de pendiente, muros con una altura o cota dada, muros porosos que permiten el paso parcial del agua y muros infinitos. La cota de cada triángulo se calcula a partir de las cotas de cada uno de sus vértices.

- Rugosidad variable dentro de la malla.
- Múltiples posibilidades de condiciones de contorno
- Se obtiene como resultado los calados en el centro de cada celda de la malla y las velocidades en las caras.

4.1.- FUNDAMENTOS HIDRÁULICOS

El comportamiento de un fluido viscoso está gobernado por las Ecuaciones de Navier Stokes. Estas ecuaciones fueron deducidas en 1821 por Claude Navier y años más tarde, de modo independiente, por George Stokes en 1845. Las ecuaciones de Navier Stokes forman un sistema hiperbólico de leyes de conservación no lineales y, debido a su complejidad, no poseen solución analítica. Esto ha hecho recomendable la obtención a partir de ellas, imponiendo diversas hipótesis simplificativas, del sistema de ecuaciones en dos dimensiones conocido como ecuaciones de aguas someras o de Saint Venant.

Estas ecuaciones describen el comportamiento de un fluido en zonas poco profundas. A pesar de las fuertes hipótesis empleadas en su obtención, al resolverlas se obtienen resultados muy próximos a la realidad, incluso en casos en que no se cumplen algunas de esas hipótesis. En particular, la versión para flujos unidimensionales de estas ecuaciones simplificadas es de uso habitual en el estudio del flujo en canales abiertos.

Pese a su notable simplificación respecto a las de Navier Stokes, ni siquiera las ecuaciones unidimensionales de Saint Venant tienen solución analítica sino que han de resolverse por métodos aproximados. Isaacson et al. mencionan el método empleado por Massau en 1889 para la integración gráfica de ecuaciones en derivadas parciales, como medio de cálculo del flujo en canales abiertos; citan asimismo el trabajo pionero de Thomas (1937), que utilizó las diferencias finitas para el estudio de la propagación de avenidas. El aumento, en las últimas décadas, de la potencia de las herramientas de cálculo ha permitido una creciente utilización de las ecuaciones de aguas someras bidimensionales. También para estas ecuaciones se utilizan las diferencias finitas, si bien, como ya se ha mencionado, de modo decreciente. A partir de los años 70 del pasado siglo se ha comenzado a aplicar el método de los elementos finitos a las ecuaciones de aguas someras: Zienkiewicz y Heinrich, Peraire, Paillere et al. y Quecedo y Pastor son algunos de los autores que han trabajado en esta línea. En paralelo al auge de este método, ha crecido la utilización de **volúmenes**

finitos, que ha sido aplicado por Alcrudo y García-Navarro, Anastasiou y Chan, Minghan y Causon y Brufau et al. entre muchos otros.

Infoworks 2D es un programa comercial que resuelve estas ecuaciones, sin tener en cuenta el término turbulento, utilizando el esquema de primer orden de **volúmenes finitos**, particularmente conveniente para flujos con variaciones rápidas. Para resolver las ecuaciones se utiliza el algoritmo basado en el **esquema de Godunov** (Godunov, 1959) y utiliza el **"Riemann solver"** (Alcrudo and Mulet-Marit, 2005) siendo este totalmente conservativo y **"shock capturing"** por lo que puede liderar con cualquier tipo de cambios de régimen del flujo. Utiliza mallas no estructuradas, lo cual hace que sea totalmente flexible y adaptable a la geometría.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_{1D}$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(hu^2 + gh^2/2) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D}u_{1D}$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(hv^2 + gh^2/2) = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D}v_{1D}$$

Donde

h es la profundidad del agua

u es la velocidad en la dirección x

v es la velocidad en la dirección y

$S_{0,x}$ es la pendiente del lecho en la dirección x

$S_{0,y}$ es la pendiente del lecho en la dirección y

$S_{f,x}$ es la pendiente de fricción en la dirección x

$S_{f,y}$ es la pendiente de fricción en la dirección y

q_{1D} es la fuente de caudal por unidad de área

u_{1D} es la componente de velocidad de los caudales q_{1D} en la dirección x

v_{1D} es la componente de velocidad de los caudales q_{1D} en la dirección y

La derivada temporal se discretiza por el método **semi-implícito predictor-corrector de Runge Kutta**. El paso de tiempo se calcula de tal forma de satisfacer la condición de **Courant-Friedrichs-Lewy** pudiendo elegir entre paso de tiempo de cálculo fijo o variable.

Para manejar los procesos de secado y mojado de las celdas se utiliza el criterio de umbral de calado para considerar que una celda esté mojada, asignando el valor cero a la velocidad si el calado es menor al valor del umbral. Esto evita la

creación de velocidades artificiales muy altas en áreas de secado/mojado. El valor por defecto es 1 mm.

5.- ESTRUCTURA DEL ESTUDIO

En este apartado se describe la estructura general del estudio con una descripción general de cada uno de los pasos para la generación de la topología de cada uno de los modelos.

Un aspecto tan importante como la simulación de los flujos desbordados mediante un modelo matemático adecuado, es la introducción de los datos topográficos, geométricos de las estructuras y obstáculos, de rugosidad y de flujo, así como las condiciones de contorno internas y externas.

En este sentido las visitas a campo son fundamentales para la constatación, completado o modificación en su caso, de los datos de partida obtenidos en base a los antecedentes disponibles.

5.1.- TOPOLOGÍA DEL MODELO

Dada la flexibilidad de mallado que permite el programa mediante elementos triangulares no regulares con diferentes escalas de mallado según la zona, se ha modelado en bidimensional toda la zona de estudio. Para las zonas de cauce se utiliza un mallado con un tamaño máximo de triángulos menor a las zonas de la planicies procurando generar las líneas de rotura suficientes para obtener la máxima precisión y detalle en zonas críticas.

Los pasos a seguir para la definición de la topología del modelo son:

- Importación del modelo digital del terreno 1mx1m obtenido a partir del LIDAR del PNOA 2006 (ver Figura 5)
- Identificar la zona a modelar mediante un polígono de simulación identificando el tamaño máximo y mínimo de los triángulos de la malla dentro del mismo. (ver Figura 5)



Figura 5: Modelo digital del terreno y polígono de simulación

- Identificar los edificios (“Voids”) para no realizar el mallado dentro de ellos generando una condición de contorno interna actuando como muros infinitos.

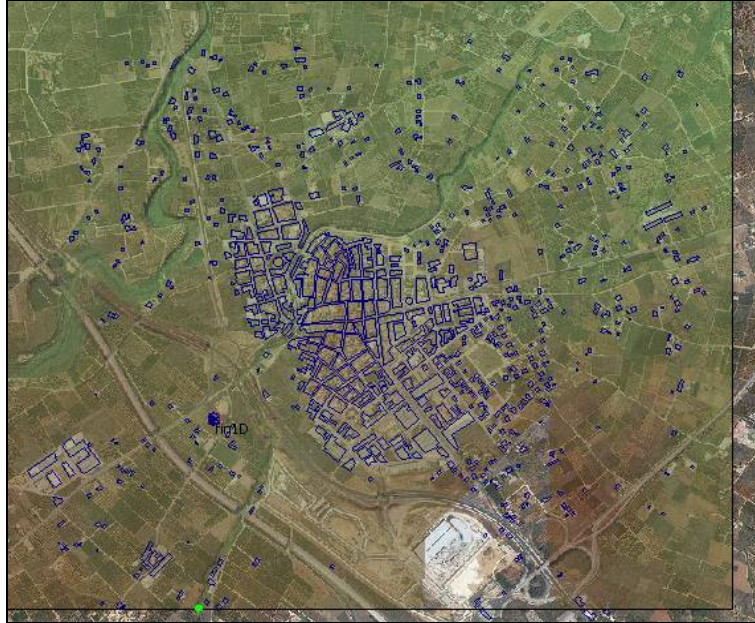


Figura 6: Polígono de edificios “Voids”.

- Crear los polígonos de malla para identificar zonas de mallado con diferentes precisiones tamaño máximo y mínimo de los triángulos de la malla de simulación. Generalmente son las zonas de los cauces



Figura 7: Polígono de malla.

- Crear las líneas de rotura, muy importantes para la mejor definición y detalle del modelo del terreno utilizado para la simulación. Teniendo en cuenta que la cota de la celda se calcula promediando las cotas de los tres vértices del triángulo. En la siguiente imagen se muestra la diferencia de definición de un talud utilizando líneas de rotura y sin ellas.

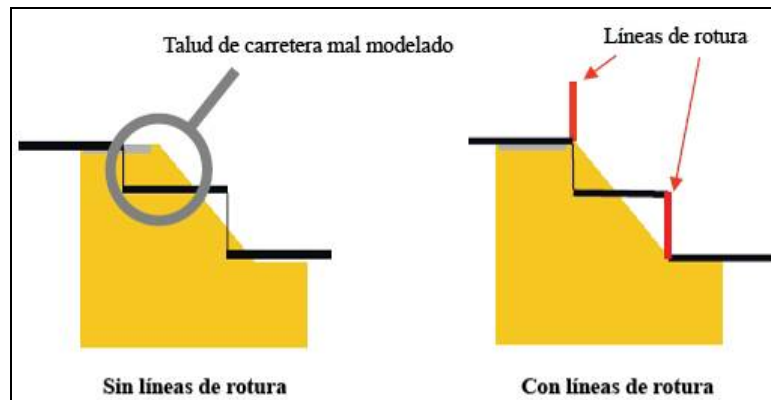


Figura 8: Líneas de rotura.

- Crear muros porosos con o sin porosidad indicando altura o cota de coronación actuando estos también como líneas de rotura.

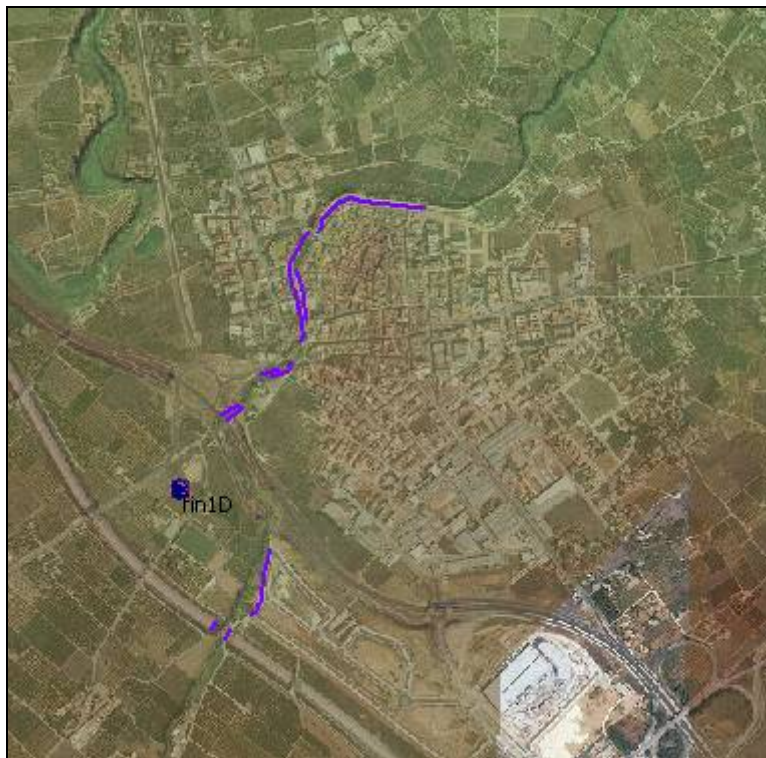


Figura 9: Muros porosos.

- Generación de la malla

Una vez importado y definido todos los datos necesarios para la descripción del terreno se procede a la preparación de la malla indicando el tamaño máximo permitido de los elementos triangulares y el tamaño mínimo a partir del cual se agrupan los triángulos en elementos irregulares para disminuir el tiempo de cálculo. Se verifica en las zonas de mayor interés, como por ejemplo las secciones de los ríos, que los elementos del mallado generados caractericen de manera satisfactoria la sección de los mismos. Ver por ejemplo la comparación de la Figura 10.

En la Figura 12 se muestra un ejemplo de un mallado y seguidamente la visualización en 3d del mismo.

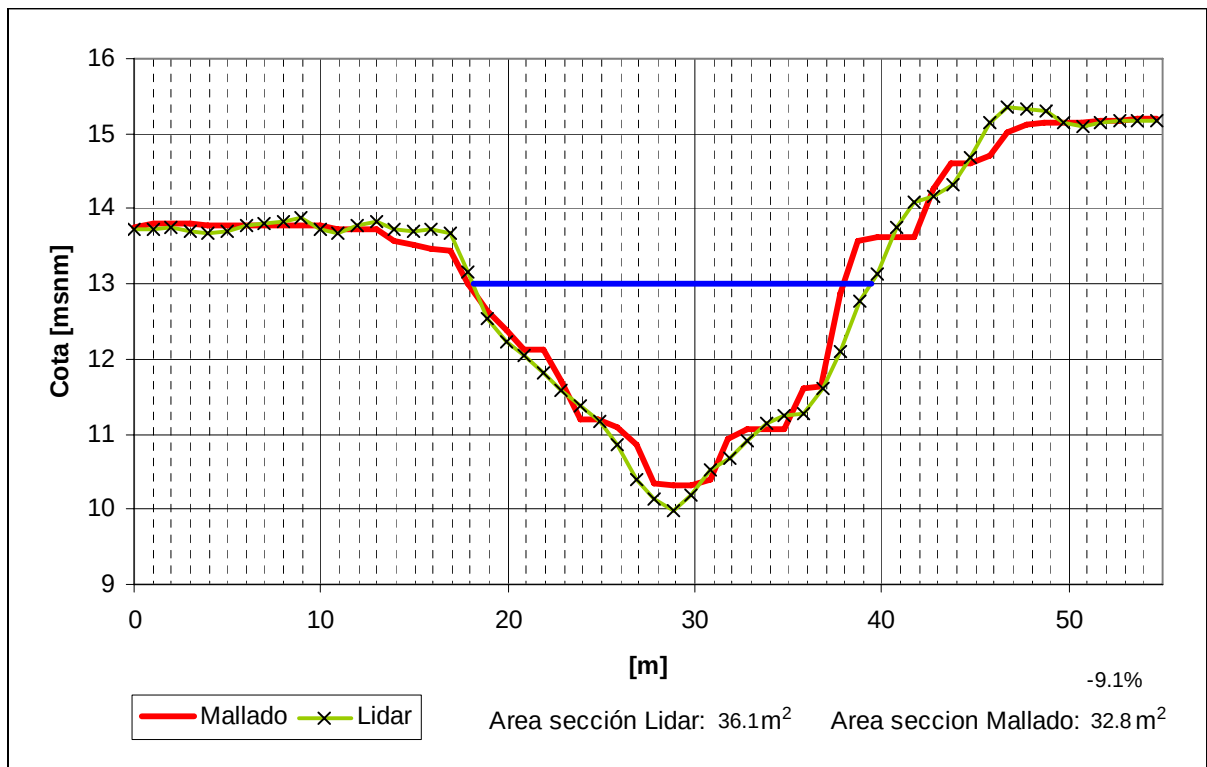


Figura 10: Comparación entre los datos del lidar y los obtenidos mediante un mallado detallado para una sección del río

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de mallado irregular indicado en rojo dos elementos generados a partir de la combinación de varios elementos triangulares los cuales tienen un tamaño inferior al mínimo especificado en el la zona del mallado.



Figura 11: Elementos irregulares del mallado

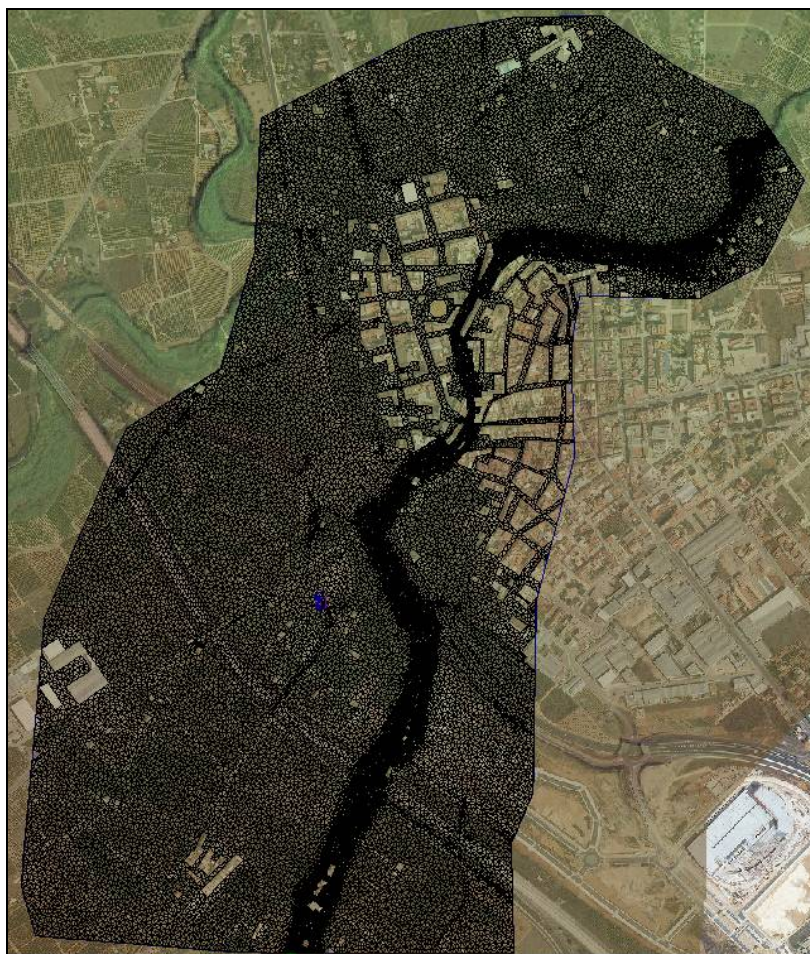


Figura 12: Malla triangular de simulación.

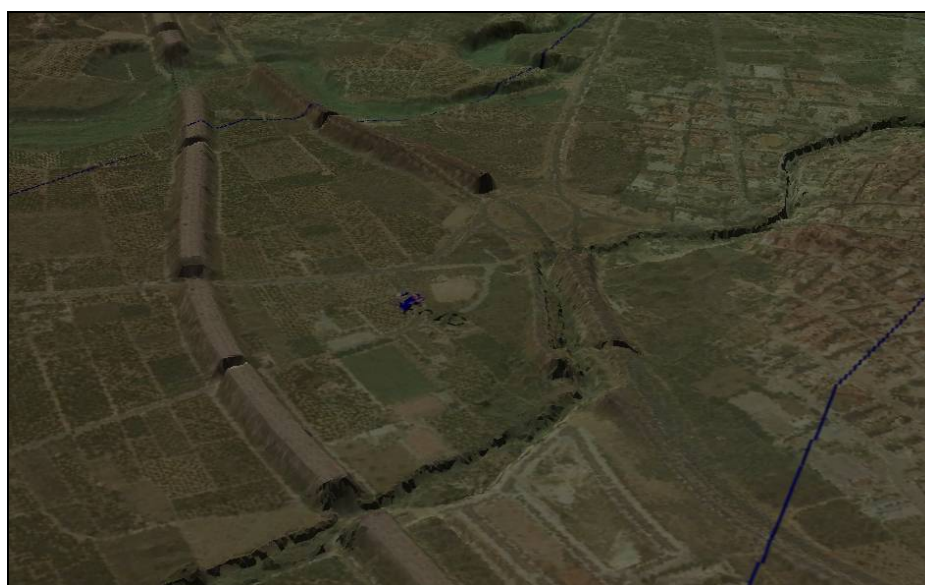


Figura 13: Visualización 3D del modelo digital del terreno utilizado

5.2.- ESTRUCTURAS

En el modelo bidimensional se podrán incorporar las estructuras que sean necesarias según el nivel de detalle requerido. En el caso de que existan alcantarillas, puentes o sifones invertidos que afecten los flujos principales se incorporarán como elementos unidimensionales, sino se abrirá con el detalle suficiente los pasos dentro del modelo digital del terreno para que no existan obstrucciones en el flujo.

Dentro del Infoworks estas estructuras se modelan mediante el elemento “orificio” que simula el flujo de un alcantarillado corto con una sección rectangular y se comunican con la malla 2D mediante elementos de conexión 1D2D.



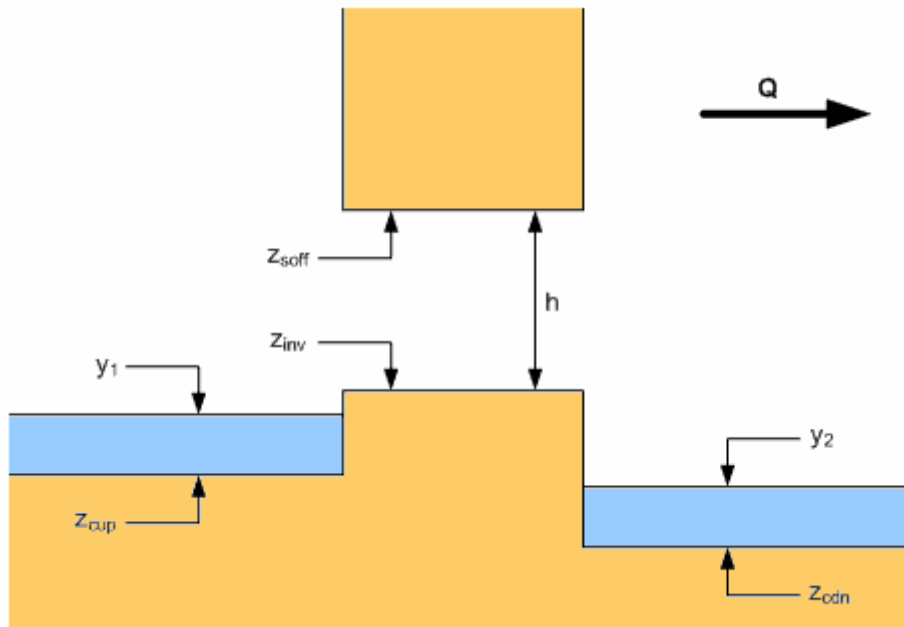
Figura 14: Elemento unidimensional para la simulación de un culvert corto

El cálculo mediante la selección del modo de flujo utilizando las siguientes ecuaciones.

Modo 0 - Vacío

Si $y_1 - z_{cup} < 0$

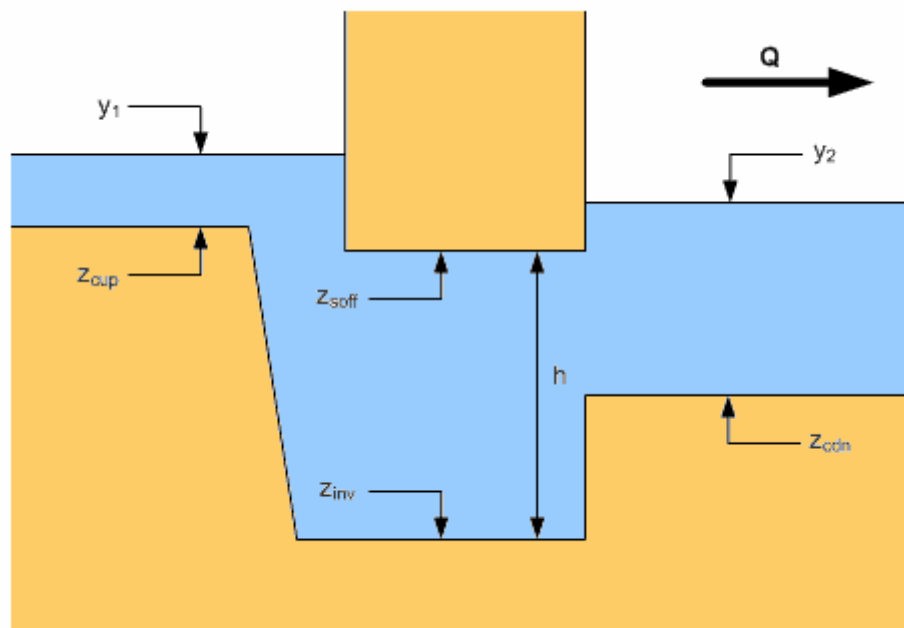
Entonces $Q = 0$



Modo 1 – Sin flujo invertido

Si $y_2 - z_{cdn} > y_1 - z_{cdn}$

Entonces $Q = 0$



Modo 2 – Flujo de vertido libre tipo vertedero

Si $2/3(y_1 - z_{inv}) < h$ y $y_2 - z_{inv} < h$ y $(y_2 - z_{cup})/(y_1 - z_{cup}) < m$

Donde $0.7 < m < 0.99$ – Limite modular

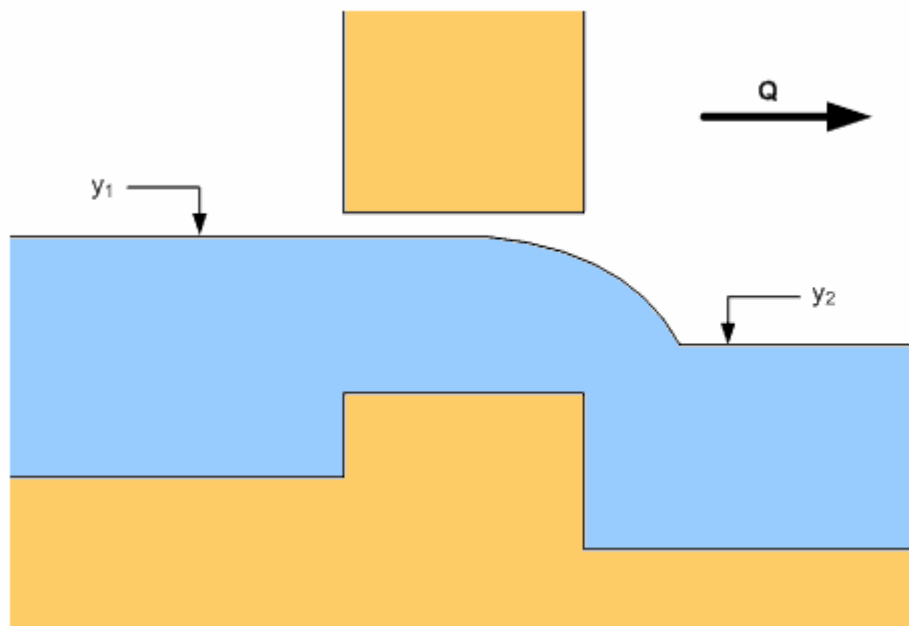
Entonces $Q = 0.544.C_w.b\sqrt{g}(y_1 - z_{cup})^{1.5}$

Donde

C_w es el coeficiente de descarga de vertido del labio

b es el ancho del culvert A/h [m]

A es el área del culvert [m²]



Modo 3 – Flujo sumergido tipo vertedero

Si $2/3(y_1 - z_{inv}) < h$ y $y_2 - z_{inv} < h$ y $(y_2 - z_{cup})/(y_1 - z_{cup}) > m$

Donde $0.7 < m < 0.99$ – Limite modular

Entonces $Q = 0.544.C_w.b\sqrt{g}(y_1 - z_{cup})^{1.5}drownf$

Donde

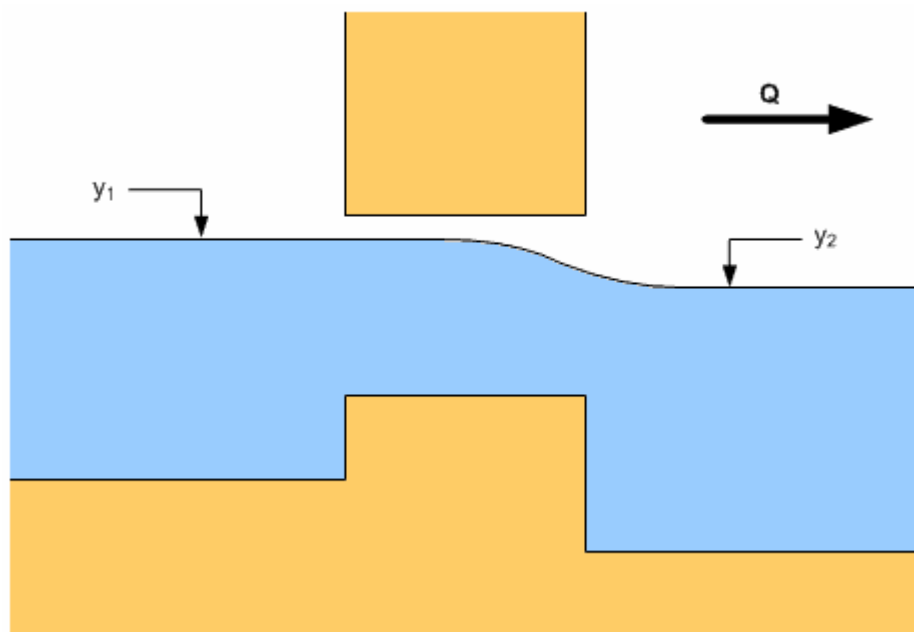
C_w es el coeficiente de descarga de vertido del labio

b es el ancho del culvert A/h [m]

A es el área del culvert [m²]

$$drownf = \sqrt{\frac{1 - (y_2 - z_{cup})/y_1 - z_{cup}}{1 - m}} \quad \text{o} \quad drownf = \sqrt{\frac{1 - (y_2 - z_{cup})/y_1 - z_{cup}}{0.3(1 - m)}} \quad \text{si}$$

$drownf < 0.3$



Modo 4 – Flujo en orificio

Si $2/3(y_1 - z_{inv}) > h$ o $y_2 - z_{inv} > h$

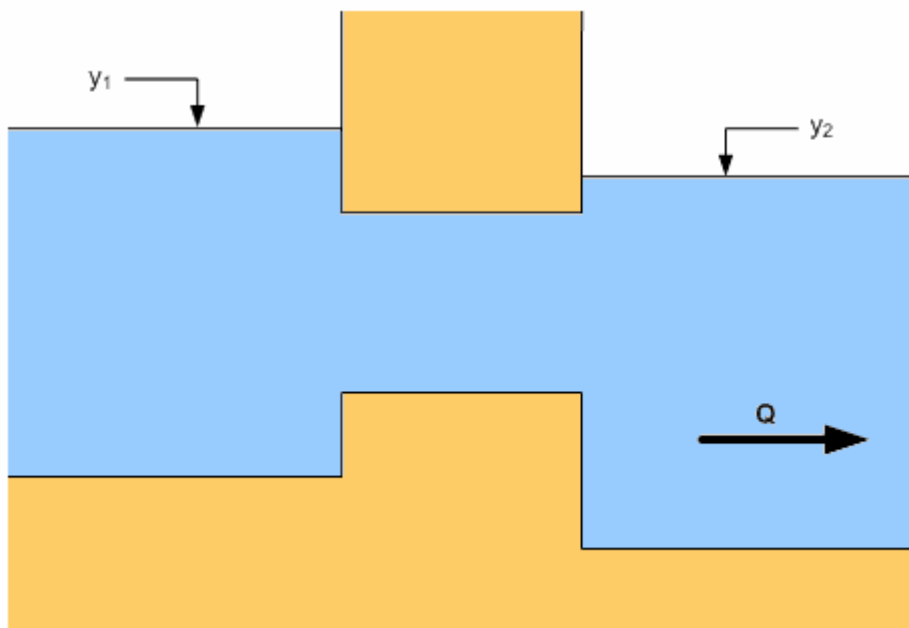
Entonces $Q = 0.799.C.A\sqrt{2g(y_1 - z_{inv} - h_x)}$

Donde

h_x es el máximo entre $0.8h$ y $y_2 - z_{inv}$ [m]

A es el área total del culvert [m²]

C es el coeficiente de descarga sumergida



Los coeficientes de pérdidas de carga dependen de la longitud del culvert y de las características de entrada y salida del mismo. Como solo es posible indicar un solo coeficiente, se calcula el funcionamiento del culvert para diferentes condiciones de contorno utilizando el programa de cálculo HY-8 (del US department of transportation – Federal Highway Administration) indicándole las características de entrada, salida, la rugosidad, longitud y sección de la alcantarilla y luego se busca coeficiente general (C y Cw) que equivalga a las pérdidas de carga generales.

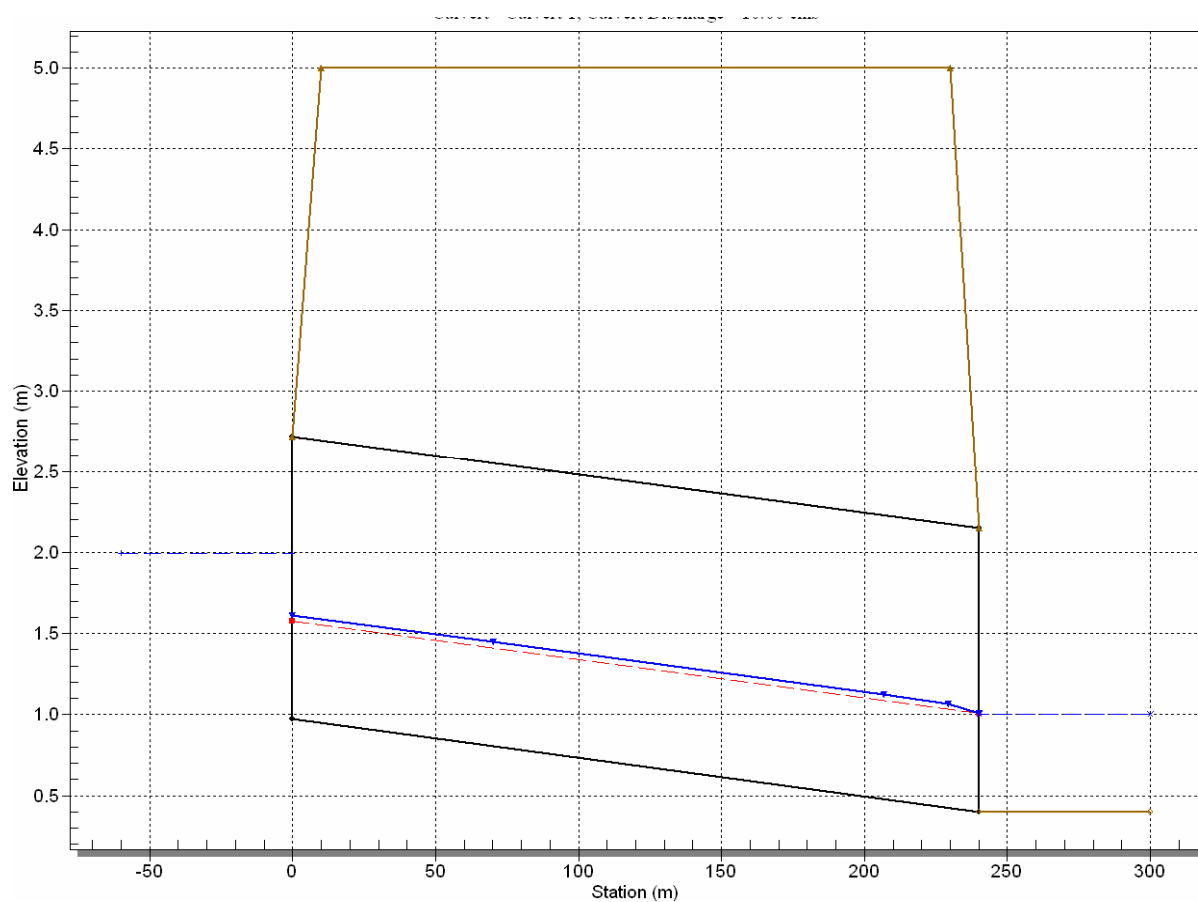


Figura 15: Ejemplo representación gráfica de modelización de estructura

5.3.- RUGOSIDAD

Se define dentro de la zona de simulación el polígono de rugosidad indicando el número de manning correspondiente a cada zona. A partir de los usos de suelo del Corine 2006 y actualizado con las ortofotos del PNOA se identifican las zonas y se le asigna un valor de rugosidad como lo indica la Figura 16.

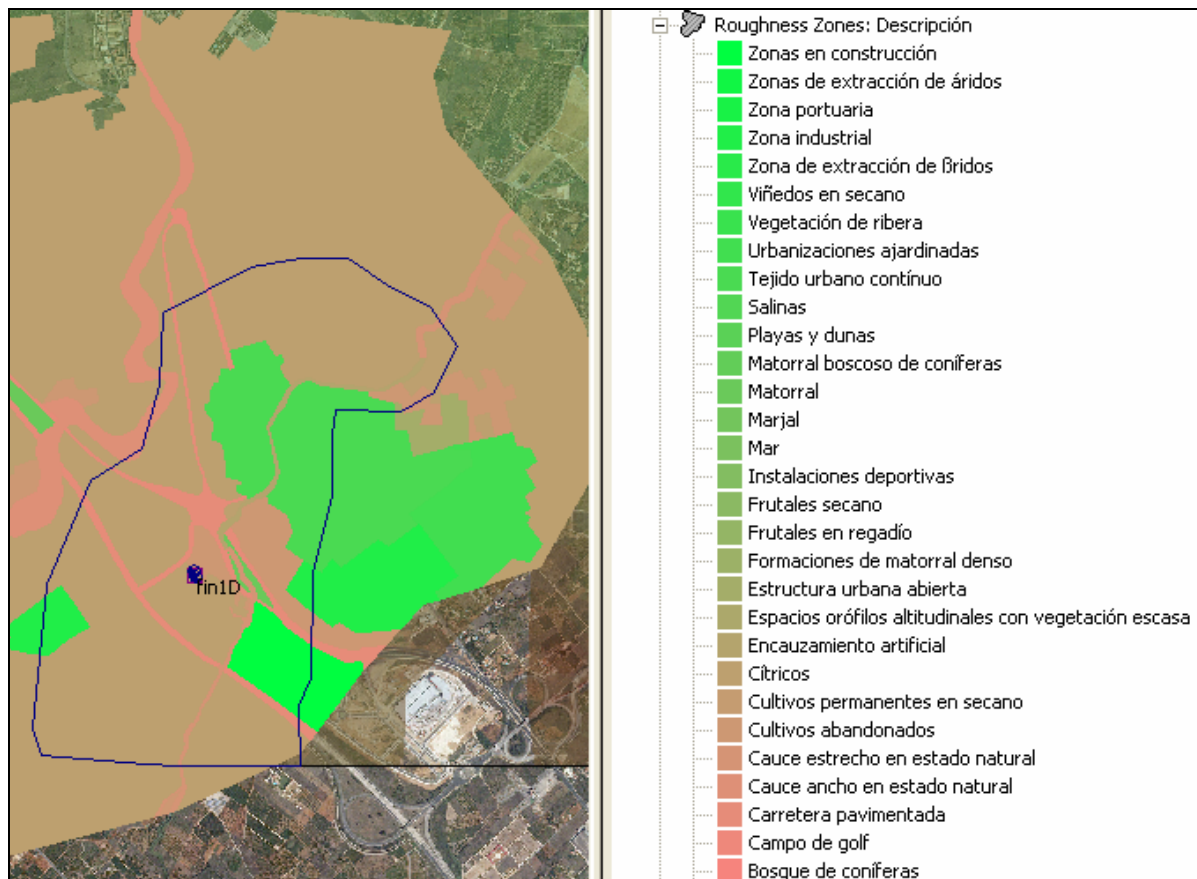


Figura 16: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de Bidos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 1: Relación usos del suelo manning.

Para la estimación de la rugosidad se ha hecho uso de la clasificación presentada por Chow V.T. (1982) donde establece valores mínimos, normales y máximos del coeficiente de Manning (n) para diferentes tipos de canal y planicie de crecida.

Para la estimación del número de Manning en zonas urbanas se asimila el flujo por las calles como un flujo a través de canales de hormigón. Este valor debe ser corregido puesto que la clasificación que realiza Chow solo depende del material del canal y no tiene, pues, en cuenta factores tales como la sinuosidad, irregularidad, obstáculos,

El procedimiento general para estimar los valores corregidos del coeficiente n consiste en la selección de un valor de coeficiente base para un cauce recto, uniforme y suave, hecho del material correspondiente y luego adicionar factores de corrección de la siguiente forma:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times n_5$$

donde:

n_0 = valor base para cauces rectos y uniformes (Chow, V.T.).

n_1 = valor adicional por la irregularidad en la sección recta

n_2 = valor adicional por variaciones en el cauce

n_3 = valor adicional por obstrucciones

n_4 = valor adicional por vegetación

n_5 = factor multiplicador por sinuosidad

Los valores de estos factores de corrección están dados en la siguiente.

Efecto	Factor	Condición	Valor	Comentario
Irregularidad en la sección recta	n_1	Suave	0	Canal muy liso
		Pequeña	0.001 - 0.005	Bancas algo erodadas
		Moderada	0.006 - 0.010	Lecho y bancas rugosas
		Fuerte	0.011 - 0.020	Bancas muy irregulares
Variaciones en el cauce	n_2	Gradual	0	Cambios graduales
		Alternado ocasionalmente	0.001 - 0.005	Cambios ocasionales de secciones pequeñas a grandes
		Alternando frecuentemente	0.010 - 0.015	Cambios frecuentes en la forma de la sección recta
Obstrucciones	n_3	Despreciables	0 - 0.004	Obstrucción menor que el 5% de la sección recta
		Pocas	0.005 - 0.015	Obstrucción entre el 5% y el 15% de la sección recta
		Algunas	0.020 - 0.030	Obstrucción entre el 15% y el 50% de la sección
		Muchas	0.040 - 0.060	Obstrucción mayor que el 50%
Vegetación	n_4	Poca	0.002 - 0.010	Profundidad del flujo mayor que 2 veces la altura de la vegetación
		Mucha	0.010 - 0.025	Profundidad del flujo mayor que la altura de vegetación
		Bastante	0.025 - 0.050	Profundidad del flujo menor que la altura de vegetación
		Excesiva	0.050 - 0.100	Profundidad del flujo menor que 0.5 la altura de la vegetación
Sinuosidad	n_5	Pequeña	1.00	Sinuosidad < 1.2
		Media	1.15	1.2 < sinuosidad < 1.5
		Fuerte	1.30	Sinuosidad > 1.5

Tabla 2: Valores de corrección para la determinación del coeficiente n

Para este se ha optado por los siguientes valores:

$n_0 = 0.015 \rightarrow$ valor usual para canales de hormigón (Chow, V.T.)

$n_1 = 0.005 \rightarrow$ canal algo erosionado

$n_2 = 0.005 \rightarrow$ cambios ocasionales en la forma de la sección.

$n_3 = 0.025 \rightarrow$ obstrucciones entre el 15% y 50 % de la sección

$n_4 = 0 \rightarrow$ ninguna vegetación

$n_5 = 1.20 \rightarrow$ sinuosidad media

Finalmente se obtiene: $n = 0.060$

5.4.- CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO

Se define como condición de contorno a lo largo de todo el perímetro del polígono de simulación una condición de calado normal lo cual asume que la pendiente equilibra las fuerzas de rozamiento. El calado y la velocidad se mantienen constantes cuando el caudal llega al borde, por lo que fluye fuera sin pérdidas.

En las entradas de los ríos a modelar se introduce el hidrograma correspondiente al período de retorno a simular, ver Figura 17 las líneas de contorno utilizadas para introducir caudales distribuidos en el ancho del cauce.



Figura 17: Líneas de contorno en verde

De cara a la elección de los hidrogramas a utilizar en la modelación hidráulica, cabe destacar que no existe un solo hidrograma de diseño, como suele ocurrir cuando se emplea una de las metodologías clásicas de modelación hidrológica, que proporcionan un solo hidrograma “representativo” de un periodo de retorno. Ya que solo se puede asignar un periodo de retorno a una variable escalar (en este caso el caudal pico), es altamente probable que se puedan generar hidrogramas muy distintos en términos de volumen, tiempo al pico y duración, pero con el mismo periodo de retorno. Por esta razón, la metodología empleada proporciona una gran cantidad de hidrogramas de distintas formas y periodos de retorno por cada punto de simulación.

Para seleccionar un evento de inundación a utilizar como condición de contorno en la modelación hidráulica se han empleado los siguientes criterios:

- Un hidrograma se caracteriza principalmente por su caudal pico, su volumen, su tiempo al pico y su duración. En el caso de estudio de la Marina, la característica más importante es sin duda el caudal pico, dada la particular geomorfología de las zonas inundables.
- Se seleccionan eventos que tengan un periodo de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años en el punto de control de la zona de simulación, que suele ser la desembocadura del curso de agua principal, en el caso de zonas de inundación costeras, o, en general, el punto con la mayor área drenada de la zona de simulación.
- En el caso de una zona de simulación con varios cursos de agua independientes entre sí, se utilizan tantos puntos de control cuantos son los cursos de agua; se seleccionan eventos para los periodos de retorno indicados arriba en cada uno de los puntos de control (en algunos casos, el mismo evento puede tener el mismo periodo de retorno en más de un curso de agua).
- Para comprobar que la variable más importante sea el caudal pico, y que la variación de forma del hidrograma no provoca cambios relevantes en la propagación de la inundación, se simulan dos eventos de periodo de retorno 100 años con características distintas (distinto número de picos, distinta duración, distinto volumen, ...). Se ha observado que los cambios son mínimos y no relevantes de cara a los objetivos del presente estudio.

Como condición inicial del río y de todo el ámbito de modelación se considera que el terreno está seco. Solo en el caso de que uno de los contornos del modelo esté limitado por el mar se considerará como condición inicial (incorporando al modelo un polígono de condiciones iniciales ver Figura 18) y de contorno en el mar la especificada en el siguiente apartado.



Figura 18: Polígono de condiciones iniciales en rojo y líneas de contorno en verde

Los resultados de las simulaciones no tienen en cuenta la lluvia propia dentro del ámbito del modelo.

5.4.1.- Nivel de marea

El fenómeno de inundación en una playa puede ser representado de acuerdo al esquema de la Figura 19 (extraída del “Atlas de Inundación del Litoral Peninsular Español”, desarrollado por el Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas de la Universidad de Cantabria, para la Dirección General de Costas del Ministerio de Medio Ambiente, en 1999) en esta se observa que cualquier situación (ordinaria y extraordinaria) queda caracterizada por un nivel de marea (en adelante NM) compuesto por la marea astronómica y la marea meteorológica (MA+MM). Sobre dicho NM se desarrolla un oleaje que, en función de las características de la tormenta y la batimetría de la costa, se propaga hacia la playa. Al llegar a ella, el oleaje rompe contra la misma, produciéndose un ascenso de la masa de agua a lo largo del perfil de la costa, que se denomina “run up”.

Como estos fenómenos están relacionados entre sí (batimetría-nivel de marea-oleaje-run up) y los factores de que dependen son variables aleatorias, la estimación de la cota de inundación en la playa debe pasar por la obtención de la función de distribución que caracteriza a aquella.

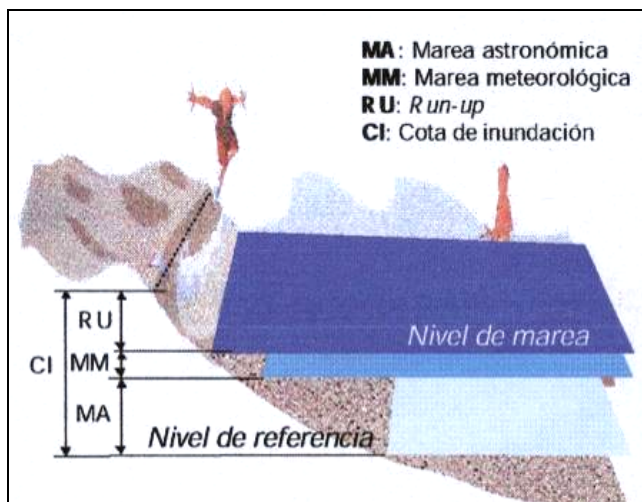


Figura 19: Componentes de la cota de inundación en una playa abierta

Por consiguiente, la determinación de la cota de inundación es un problema estocástico de extremos. Una de las consecuencias de que sea un problema estocástico, es que no existe un “límite determinista al que llegan las olas durante el peor temporal”, sino que cada nivel tendrá “una probabilidad de ser sobrepasado en un temporal determinado”. Por lo tanto, el objetivo que se plantea es la obtención de la función de distribución de la cota de inundación.

Para el cálculo del régimen de niveles de cota de inundación el “Atlas” utiliza un método de simulación donde se simula el proceso físico de inundación con base en las funciones de distribución de las variables de marea astronómica, meteorológicas, altura de ola significativa y período de pico. Estas funciones se determinaron en base de la información disponible de diferentes fuentes.

Dicho estudio se traduce en una zonificación del litoral peninsular español, en áreas homogéneas de acuerdo con sus características de oleaje, marea astronómica y meteorológica, configuración de la costa y ubicación de las zonas instrumentadas (boyas, mareógrafos). La Figura 20 muestra la zonificación resultante del litoral español a efectos de cota de inundación.

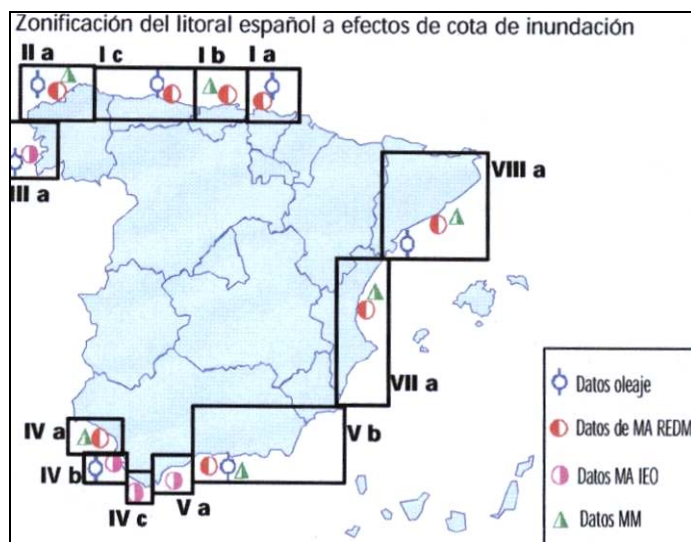


Figura 20: Zonificación del litoral español

La zona de estudio se encuentra en la zona VII-a, y la información que es de interés para nuestro análisis, se recoge en la figura siguiente, que reproduce la información analizada y las gráficas de resultados de los regímenes medios y extremos de cota de inundación en las playas abiertas de la zona.

El nivel del mar se referencia al nivel del mar medio en Alicante NMMA. En nuestro caso nos interesa conocer el nivel de marea para diferentes períodos de retorno. Por lo tanto se utiliza la grafica del régimen extremal de nivel de marea que se ve en la figura anterior donde se presentan los resultados en papel probabilístico Gumbel de máximos y en una doble escala: Probabilidad acumulada y período de retorno donde para período de retorno de 500 años se decide extender la grafica con una línea recta.

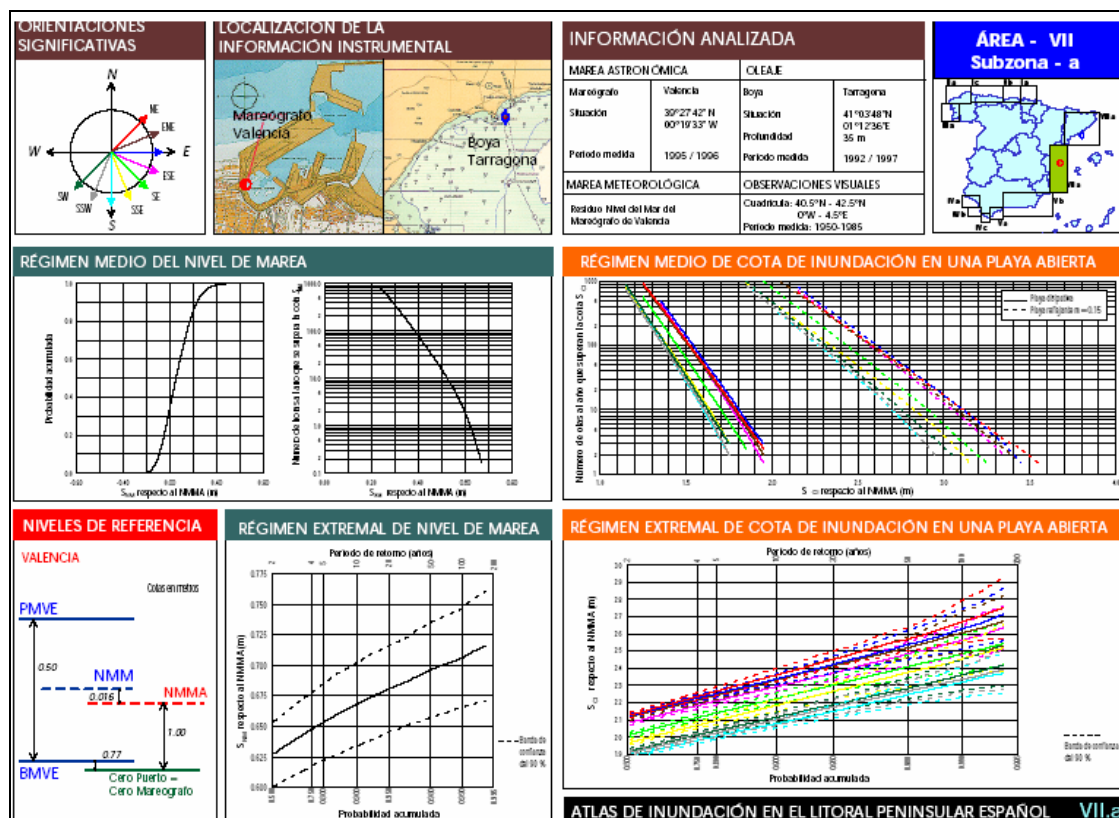


Figura 21: Niveles de marea para la área VII subzona a.

En la Figura 22 se pueden ver los valores de nivel de marea para los tres períodos (T500 azul, T100 rojo, T25 verde) de retorno junto con sus intervalos de confianza del 90%. Adoptando como valor de nivel marea para cada período de retorno los valores indicados en la tabla siguiente y calculando también para períodos de retorno intermedios.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 3: Condición inicial de marea

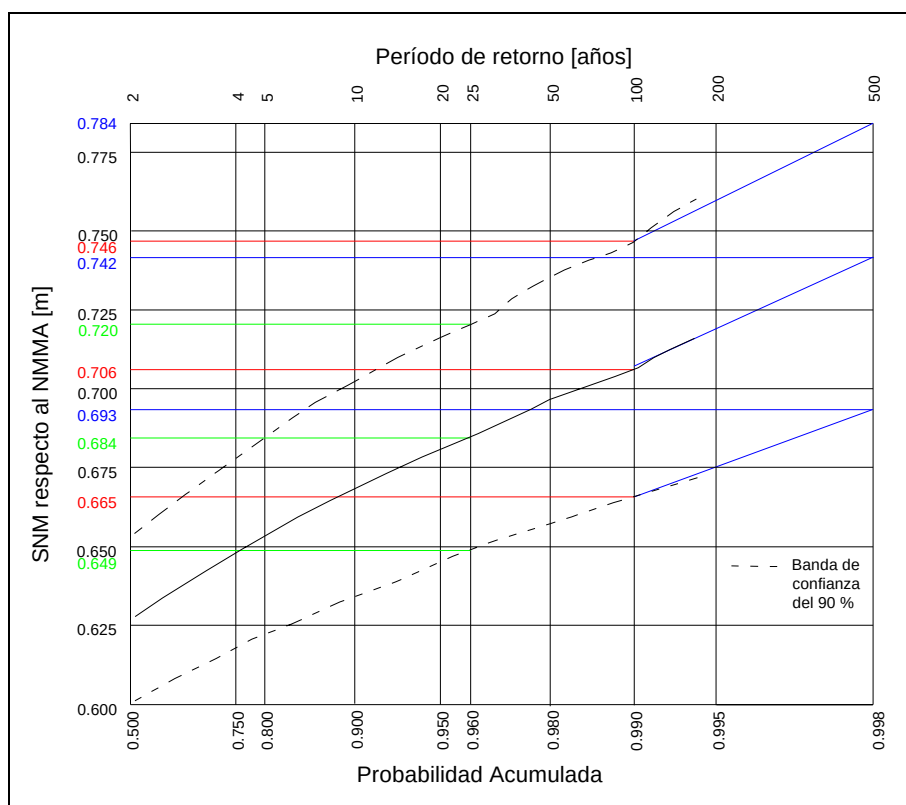


Figura 22: Régimen extremal de nivel de marea

5.5.- ELECCIÓN DE LOS EVENTOS

Con el fin de proporcionar a los modelos hidráulicos unas condiciones de contorno adecuadas, se han elegido por cada zona de inundación varios eventos de avenida de distinta magnitud, con periodos de retorno iguales a 10, 25, 50, 100 y 500 años, con el fin de utilizar los hidrogramas correspondientes a dichos eventos como condiciones de contorno en los puntos de entrada de los modelos hidráulicos.

Puesto que el concepto de periodo de retorno sólo se puede asociar a una variable escalar, como por ejemplo el caudal pico, se asume que el periodo de retorno de un determinado evento en una determinada zona de inundación se corresponde al periodo de retorno del caudal máximo provocado por el mismo evento en un punto de control, situado habitualmente aguas abajo de la zona de inundación. Para las zonas de inundación que vierten al mar, se considera como punto de control la desembocadura del curso de agua principal.

Las zonas de inundación consideradas son las siguientes:

1. Verger y Els Poblets (Bco. Portelles)
2. Beniarbeig (Río Girona)
3. Ondara y Denia (Bco. de l'Alberca)
4. Denia (Bco. de l'Alter)

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

5. Denia (Bco. Regatxo)
6. Jávea (Río Gorgos)
7. Jávea (El Plá)
8. Jávea (El Saladar)
9. Teulada (Bco. Roig y Bco. de las Fuentes)
10. Benissa (Bco. de Sant Jaume - Baladrar)
11. Benissa (Bco. de la Fustera)
12. Calpe (Salinas)
13. Calpe (Bco. Pou Roig y Bco. Quisi)
14. Orba (Bco. Orbeta)
15. Jalón (Río Gorgos)
16. Denia (Bco. Coll de Pous)

Algunas de las zonas mencionadas se han considerado de forma agrupada, es decir modelando de manera conjunta más de una zona, ya que, para eventos de elevada magnitud, las distintas inundaciones se podrían juntar.

Se han elegido cinco eventos por cada zona de inundación, cuyo periodo de retorno en el punto de control coincide con los cinco periodos de retorno considerados (10, 25, 50, 100 y 500 años) $\pm 10\%$. En el caso en que una zona de inundación tenga más de un punto de control (es el caso de las zonas de inundación que incluyen más de un curso de agua, como por ejemplo la zona de los ríos Girona, Portelles y Alberca), se busca un evento que tenga el mismo periodo de retorno en todos los puntos de control.

En algunos casos, sobre todo para los periodos de retorno altos (100 y 500 años) y para zonas de inundación muy complejas (como la 01 + 02 + 03 y la 06 + 07 + 08), puede ocurrir que no exista ningún evento con el mismo periodo de retorno en todos los puntos de control. En estos casos, para cada uno de los periodos de retorno T , se simulan con el modelo hidráulico n eventos, donde n es el número de puntos de control, de manera que el periodo de retorno de cada uno de estos eventos coincida con el periodo de retorno T en al menos uno de los n puntos de control. El mapa de calados máximos asociado al periodo de retorno T en la zona de inundación será la envolvente máxima de todos los mapas resultantes de las n simulaciones.

En las zonas donde la carga computacional de las simulaciones hidráulicas no es excesiva, se han simulado dos eventos con $T = 100$ pero con distintos volúmenes acumulados, con el objetivo de analizar el efecto de dos eventos distintos pero con el mismo periodo de retorno sobre la extensión y magnitud de la inundación.

En la fase de determinación de los eventos a simular con el modelo hidráulico también se ha tenido en cuenta la producción de escorrentía al interior de la zona de inundación, que se ha añadido a las condiciones de contorno proporcionadas.

En los siguientes apartados se muestran las zonas de inundación, con especial referencia a la localización de los puntos de simulación hidrológica utilizados como condiciones de contorno del modelo hidráulico en relación a la red de drenaje del modelo hidrológico. Hay que mencionar que la localización de los puntos de simulación hidrológica no coincide exactamente con la ubicación real del punto, ya que, para un correcto funcionamiento del modelo hidrológico, los puntos han sido movidos para que coincidieran con la red de drenaje obtenida a partir del Modelo de Elevación Digita. Además, a la hora de elegir las entradas de los modelos hidráulicos, en algunos casos, como se muestra a continuación,

Zona 1 – 2 – 3: Verger, Els Poblets, Beniarbeig, Ondara, Denia (Bco. Portelles, Río Girona y Bco. Alberca) - modelo GIRONA

La zona de inundación en cuestión abarca toda la zona que va desde las poblaciones de Els Poblets y Verger al este, hasta la desembocadura del río Alberca en Denia al oeste y hasta Beniarbeig al norte. Existen tres cursos de agua importantes que pueden generar problemas de inundación en la zona: el Barranco de Portelles, el Río Girona y el Barranco de l'Alberca.

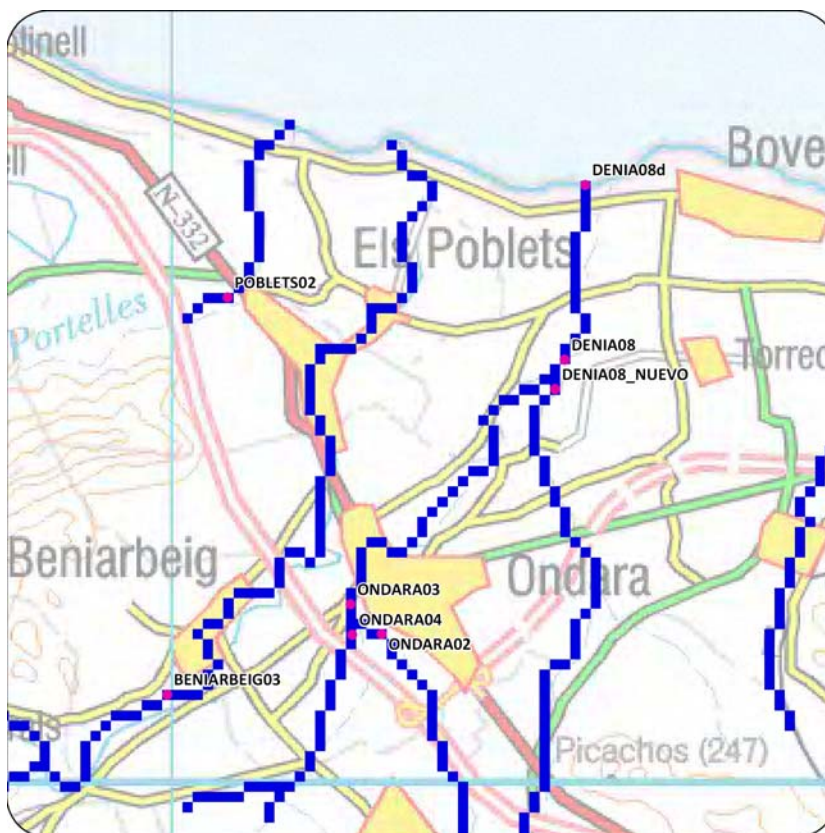


Figura 23: Puntos de simulación de la zona de inundación 01+02+03

Para periodos de retorno bajos (10, 25, 50 años) se ha decidido separar la zona en tres partes, es decir la zona de Ondara, la zona de Denia y la zona del Río Girona junto al Barranco Portelles. Para periodos de retorno superiores (100 y 500 años) es imprescindible modelar la zona como un único conjunto, dada las interacciones entre las zonas inundables de los distintos ríos.

Los puntos de entrada al modelo hidráulico son, para T = 10, 25, 50 años:

Punto	Nombre
BENIARBEIG03	Río Girona
ONDARA02	Barranc de la Llosa
ONDARA04	Barranc de l'Alberca
DENIA08d	Barranc de l'Alberca
POBLETS02	Barranc de Portelles

Los puntos de entrada al modelo hidráulico son, para T = 100 y 500 años:

Punto	Nombre
BENIARBEIG03	Río Girona
ONDARA02	Barranc de la Llosa
ONDARA04	Barranc de l'Alberca
DENIA08_NUEVO	Barranc de la Fusta
POBLETS02	Barranc de Portelles

EVTO.	Humedad inicial	Río Girona	Bco. Portelles	Alberca en Denia	Alberca en Ondara
2-172	40%	-	-	10	-
3-057	80%	-	-	25	-
2-014	80%	-	-	50	-
2-014	10%	-	-	-	10
1-105	40%	-	-	-	25
2-164	40%	-	-	-	50
2-014	10%	10	10	-	-
1-222	80%	25	25	-	-
1-596	80%	50	50	-	-
1-633	80%	<100	<100	100	<100
3-009	40%	100	100	<100	100
1-102	10%	<500	500	<500	<500
3-043	80%	<500	<500	500	500
3-016	40%	500	<500	<500	<500

Tabla 4: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Zona 4: Denia (Bco. de l'Alter) – modelo DENIA2

La zona numero 4 abarca la plana de inundación del Barranco del Alter en Denia.

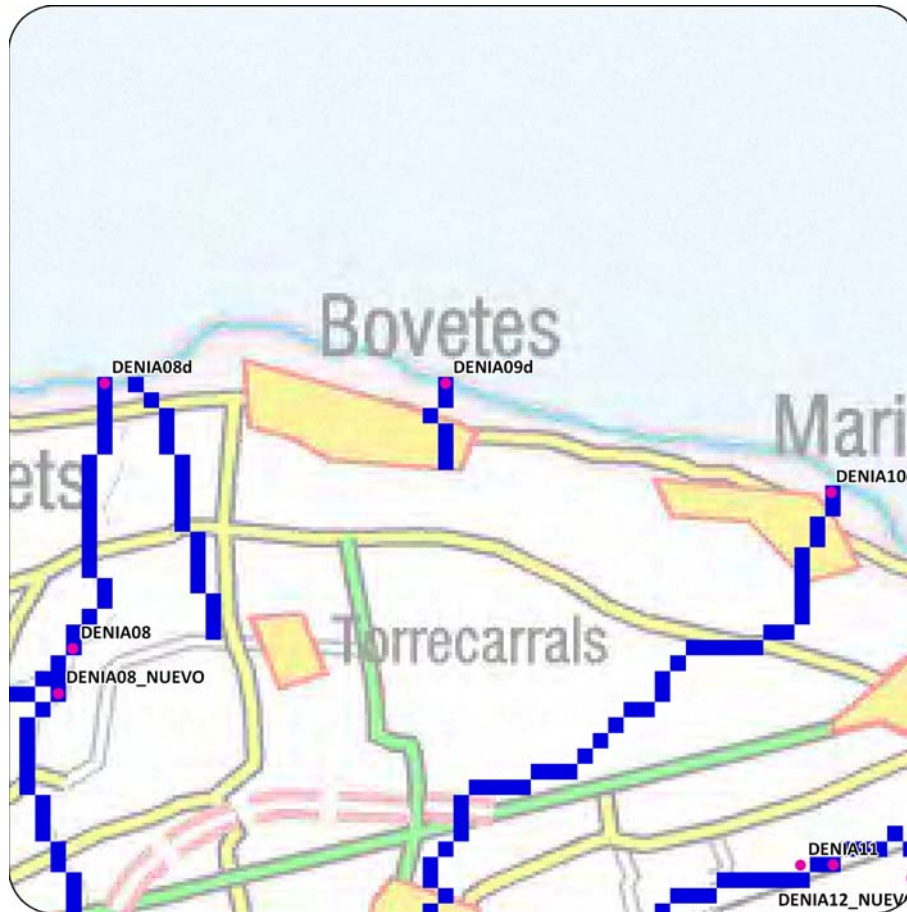


Figura 24: Puntos de simulación de la zona de inundación 04

La única entrada del modelo hidráulico es DENIA09d.

EVTO.	Humedad inicial	Alter
1-118	10%	10
3-036	80%	25
2-192	80%	50
2-007	40%	100
1-142	80%	100
3-066	40%	500

Tabla 5: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 5: Denia (Bco. Regatxo) – modelo DENIA3

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

La zona numero 5 abarca la plana de inundación del Barranco del Regatxo en Denia.

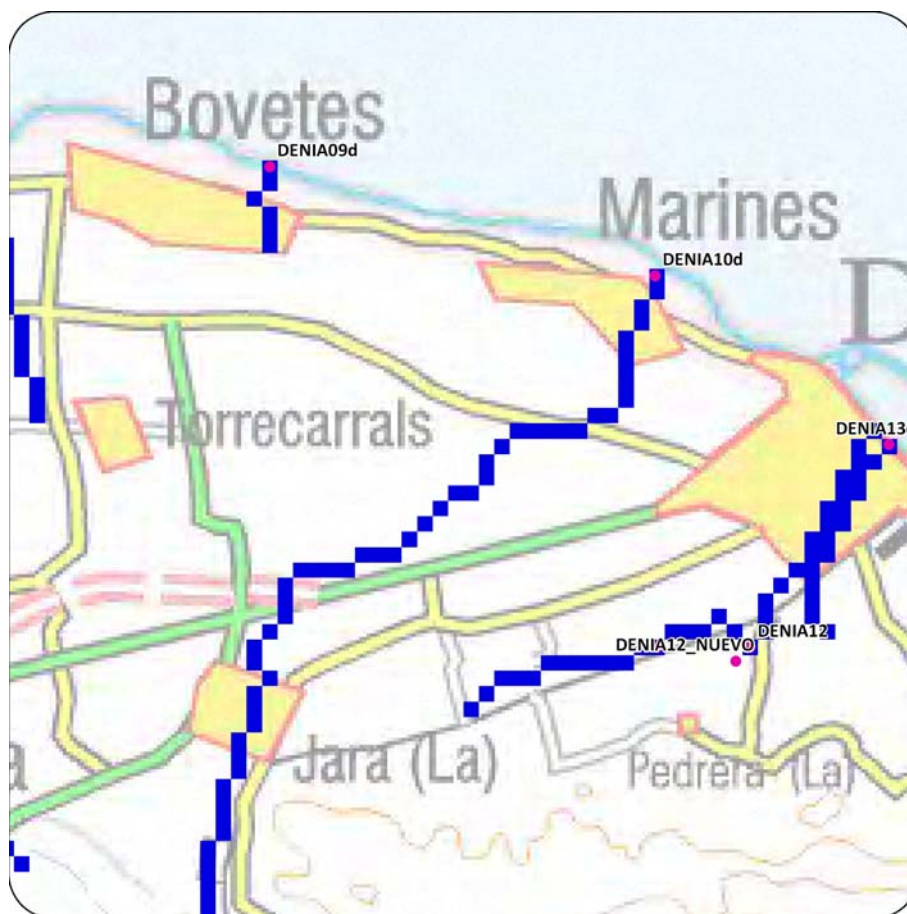


Figura 25: Puntos de simulación de la zona de inundación 05

La única entrada del modelo hidráulico es DENIA10d.

EVTO.	Humedad inicial	Regatxo
2-159	80%	10
3-036	10%	25
3-043	80%	50
2-163	40%	100
2-007	10%	100
3-034	40%	500

Tabla 6: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 6 + 7 + 8: Jávea (Río Gorgos, Bco. de la Lluca y Saladar) – modelo JAVEA

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

La zona de inundación 6 + 7 + 8 se sitúa en la plana aluvial del río Gorgos y del Barranc de la Lluca en Jávea, y se junta también con la zona del Saladar.



Figura 26: Puntos de simulación de la zona de inundación 06+07+08

Las entradas al modelo son:

Punto	Nombre
JAVEA03	Río Gorgos
JAVEA04	Barranc de la Hiedra
JAVEA02	Barranc de la Lluca
JAVEA05	El Plá
JAVEA01d	El Saladar
JAVEA06d	El Tossalet
PORTIXOL	El Portixol

Se distinguen cuatro macrozonas vertientes a la zona de inundación de Jávea, y por lo tanto en la elección de los eventos se tendrá en cuenta la presencia de estas zonas distintas, ya será muy probable que mismos eventos produzcan caudales pico de periodos de retorno muy distintos en las distintas zonas.

EVTO.	Humedad	Río Gorgos	Barranc de la	El Plá	El Saladar
-------	---------	------------	---------------	--------	------------

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

inicial		Lluca			
1-615	80%	10	10	10	10
2-175	80%	25	25	25	25
3-009	10%	50	50	50	50
2-163	10%	100	100	100	100
2-007	10%	<500	<500	500	500
2-163	80%	<500	500	<500	<500
2-192	80%	500	<500	<500	<500

Tabla 7: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 9: Teulada (Bco. Roig y Bco. de las Fuentes) – modelo TEULADA

La zona 9 está ubicada en el área inundable del Barranco Roig y del Barranco de las Fuentes, en el término municipal de Teulada, afectando también la población de Moraira.

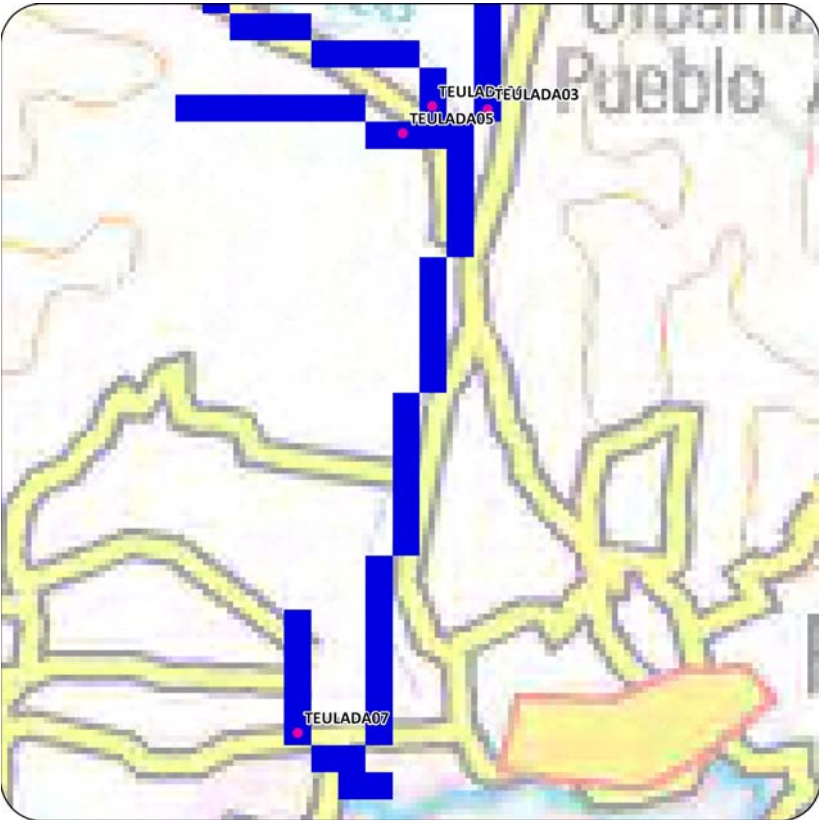


Figura 27: Puntos de simulación de la zona de inundación 09

Las entradas al modelo hidráulico son:

Punto	Nombre
-------	--------

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

TEULADA03	Rafal-Remolinar
TEULADA04	Barranco del pas de la Fuente
TEULADA05	Barranco Roig
TEULADA07	Barranco Estret y Barranco Cometa

EVTO.	Humedad inicial	TEULADA06
3-032	80%	10
2-130	80%	25
2-199	10%	50
2-025	80%	100
1-218	80%	100
2-007	40%	500

Tabla 8: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 10: Benissa (Bco. S. Jaume y Bco. Baladrar) – modelo BENISSA1

La zona 10 está ubicada en el área inundable del Barranco de Sant Jaume, en el término municipal de Benissa.

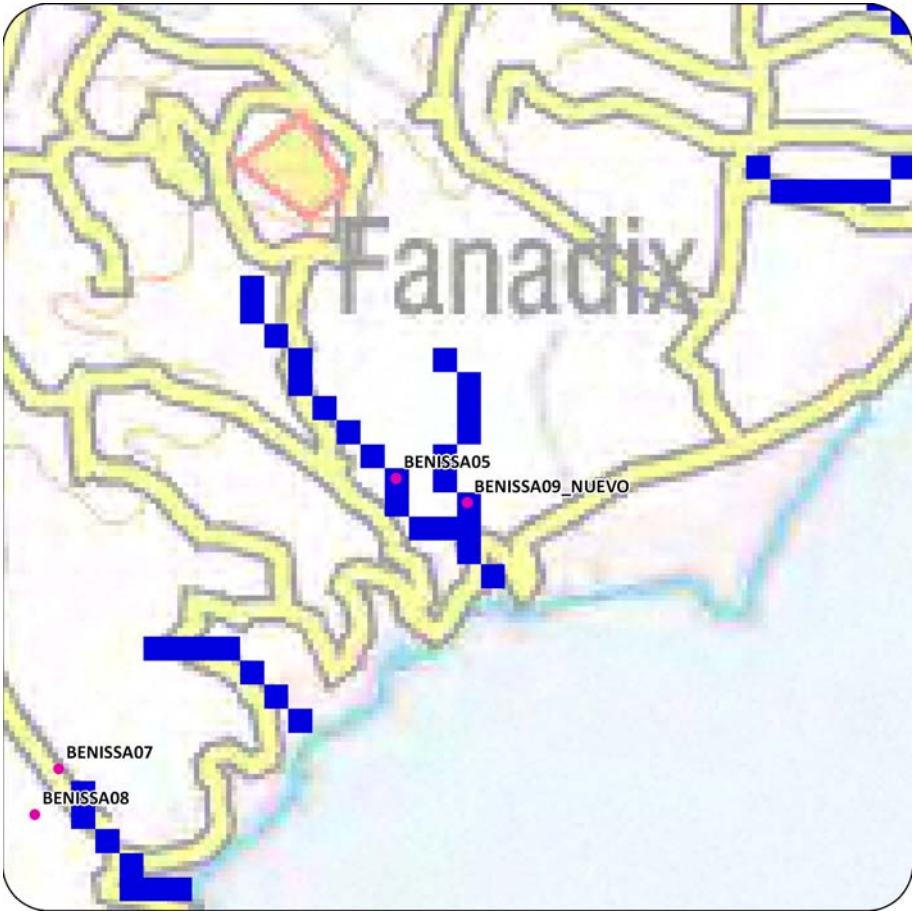


Figura 28: Puntos de simulación de la zona de inundación 10

Los puntos de entrada al modelo hidráulico son:

Punto	Nombre
BENISSA05	Barranco del Baladrrar
BENISSA09_NUEVO	Barrancod e Sant Jaume

EVTO.	Humedad inicial	BENISSA06
3-069	80%	10
2-007	40%	25
3-079	80%	50
2-015	40%	100
1-058	80%	100
3-068	10%	500

Tabla 9: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona11: Benissa (Bco. de la Fustera) – modelo BENISSA2

La zona 11 está ubicada en el área inundable del Barranco de la Fustera, en el término municipal de Benissa.



Figura 29: Puntos de simulación de la zona de inundación 11

Los puntos de entrada al modelo hidráulico son:

Punto	Nombre
BENISSA07	Barranc de la Fustera
BENISSA08	Urbanizaciones

EVTO.	Humedad inicial	BENISSA04
2-163	10%	10
2-080	10%	25
3-030	80%	50
3-004	80%	100
2-108	10%	100
1-230	10%	500

Tabla 10: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 12 + 13: Calpe (Bco. Pou Roig, Bco. Quisi y Salinas) – modelo CALPE

La zona 12 + 13 abarca la población de Calpe, tanto la zona de influencia del Barranco del Pou Roig y del Barranco del Quisi, cuanto la zona de las Salinas.



Figura 30 : Puntos de simulación de la zona de inundación 12+13

Las entradas al modelo hidráulico son:

Punto	Nombre
CALPE01d	El Saladar
CALPE05_NUEVO	Pont de la Coma
CALPE06	Barranco del Pou Roig
CALPE07	Barranc del Quisi
CALPE08	Vaguada urbanizaciones

Existen tres zonas vertientes al modelo, los barrancos Quisi y Pou Roig, la zona de las urbanizaciones del noreste de Calpe y el Saladar.

EVTO.	Humedad inicial	Quisi y Pou Roig	Urbanizaciones	Saladar
1-227	80%	10	10	10
3-032	40%	25	25	25
2-097	80%	50	50	50
2-118	40%	100	100	100
2-200	10%	100	100	100
3-004	40%	500	500	500

Tabla 11: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 15: Orba (Bco. Orbeta) – modelo ORBA

La zona de inundación 15 describe el paso del Barranco Orbeta por la población de Orba.

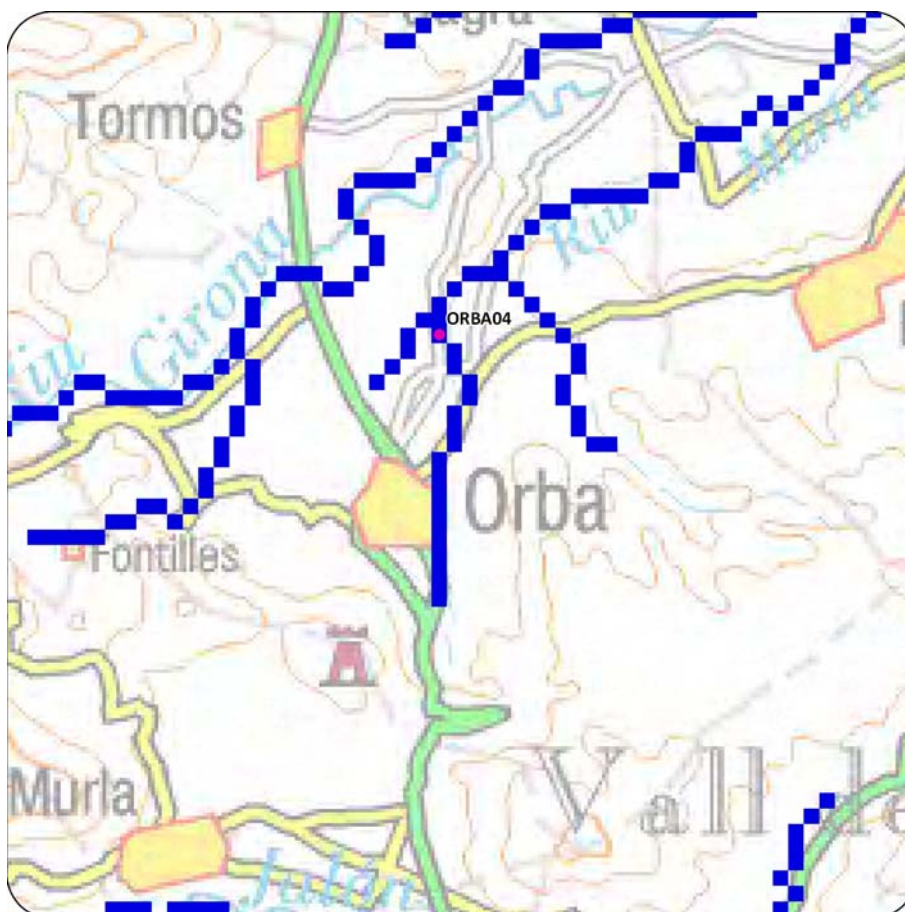


Figura 31 : Puntos de simulación de la zona de inundación 15

La única entrada del modelo hidráulico es ORBA04.

EVTO.	Humedad inicial	Orbeta
2-110	80%	10
1-605	40%	25
1-636	80%	50
2-164	40%	100
1-605	80%	100
3-002	40%	500

Tabla 12: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 16: Jalón (Río Gorgos) – modelo JALON

Esta zona de inundación engloba la población de Jalón, afectada por las inundaciones de río Gorgos y de sus afluentes.

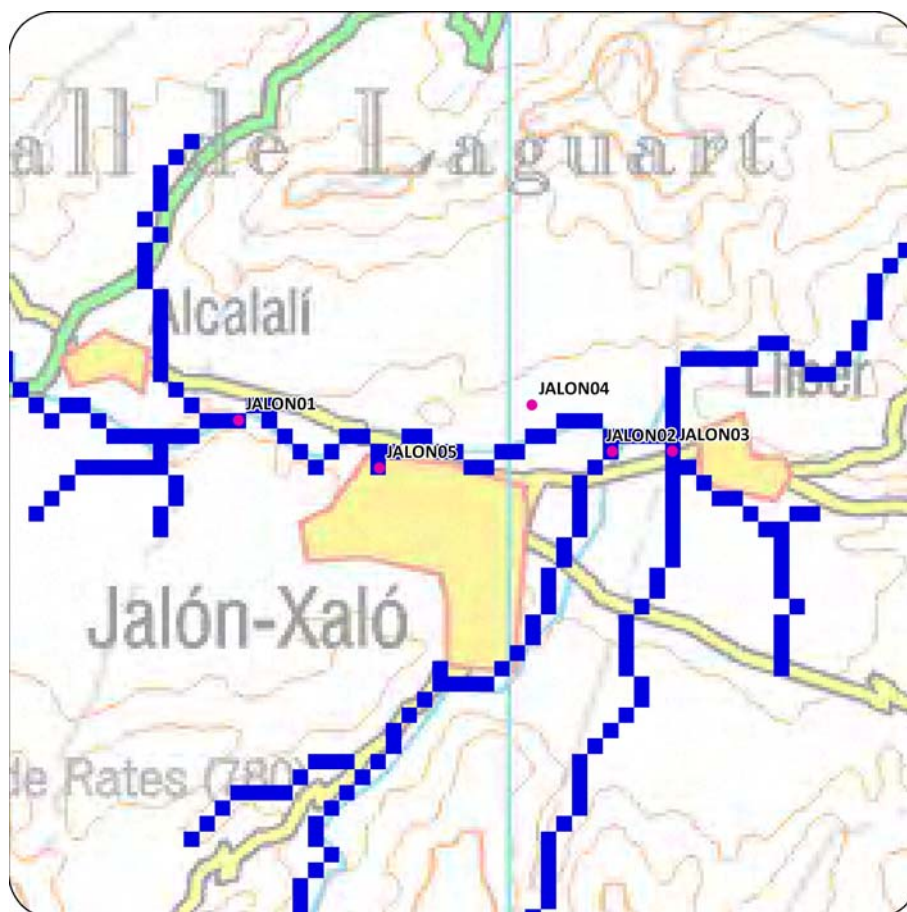


Figura 32 : Puntos de simulación de la zona de inundación 04

Las entradas al modelo hidráulico son:

Punto	Nombre
JALON01	Rio Gorgos
JALON02	Barranc del Masserof
JALON03	Barranc del Cau
JALON04	La Solana
JALON05	Barranc de Passules

EVTO.	Humedad inicial	Gorgos
2-110	80%	10
3-025	40%	25
3-009	10%	50
2-014	80%	100
2-096	80%	100
3-026	10%	500

Tabla 13: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

Zona 17: Denia (Bco. Coll de Pou) – modelo DENIA3

La zona 17 incluye la población de Denia, en particular la zona afectada por el barranco Coll de Pou, en la zona del puerto.

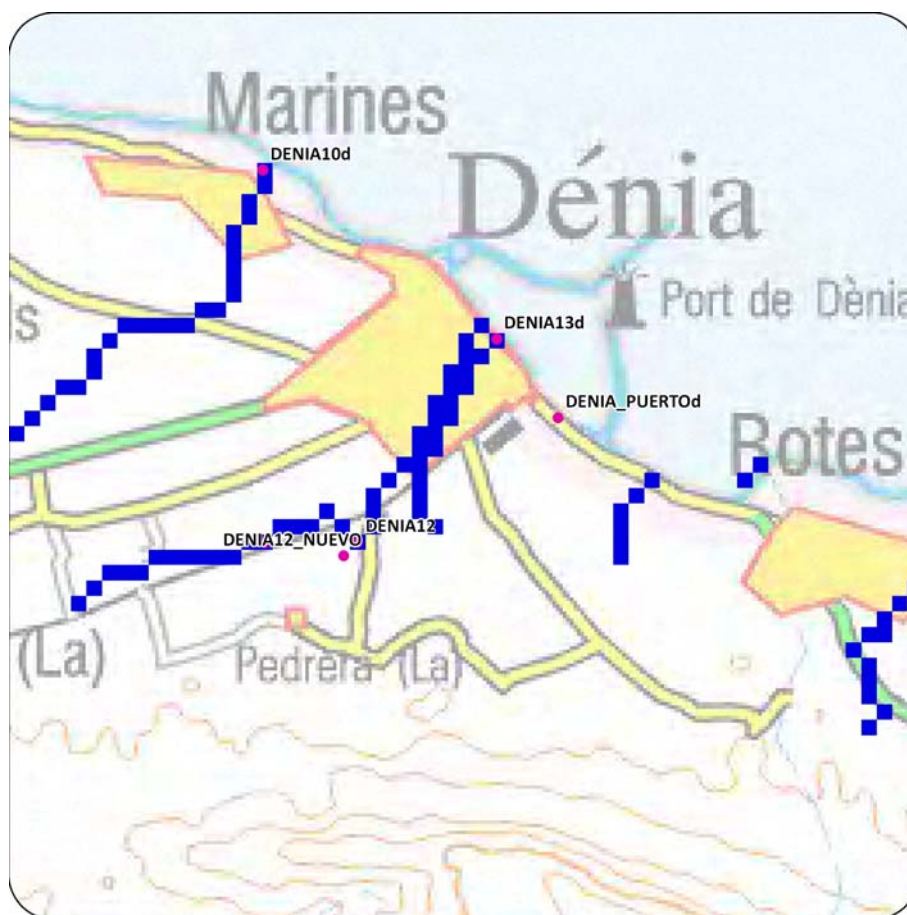


Figura 33: Puntos de simulación de la zona de inundación 17

Los puntos de entrada al modelo hidráulico son:

Punto	Nombre
DENIA12	Barranco de Coll de Pous
DENIA_PUERTOd	Barranco de Sant Nicolau
DENIA11_NUEVO	Entrada2
DENIA12_NUEVO	Entrada3
DENIA13d	Entrada4

Se identifican tres cuencas vertientes distintas en la zona Denia4, que se tienen en cuenta a la hora de elegir el evento a simular.

EVTO.	Humedad inicial	Entrada3	Entrada4	Barranco de Sant Nicolau
2-015	10%	10	10	10
2-046	80%	25	25	25
1-092	80%	50	50	50

EVTO.	Humedad inicial	Entrada3	Entrada4	Barranco de Sant Nicolau
3-035	40%	100	100	100
2-008	80%	100	100	100
2-150	10%	500	500	500

Tabla 14: Eventos elegidos y periodos de retorno correspondientes en años

6.- ZONAS DE ESTUDIO

Seguidamente se analizarán y explicarán los 11 modelos hidráulicos ubicados en el ámbito de la marina alta. En la siguiente figura se puede observar la ubicación de cada uno de estos.

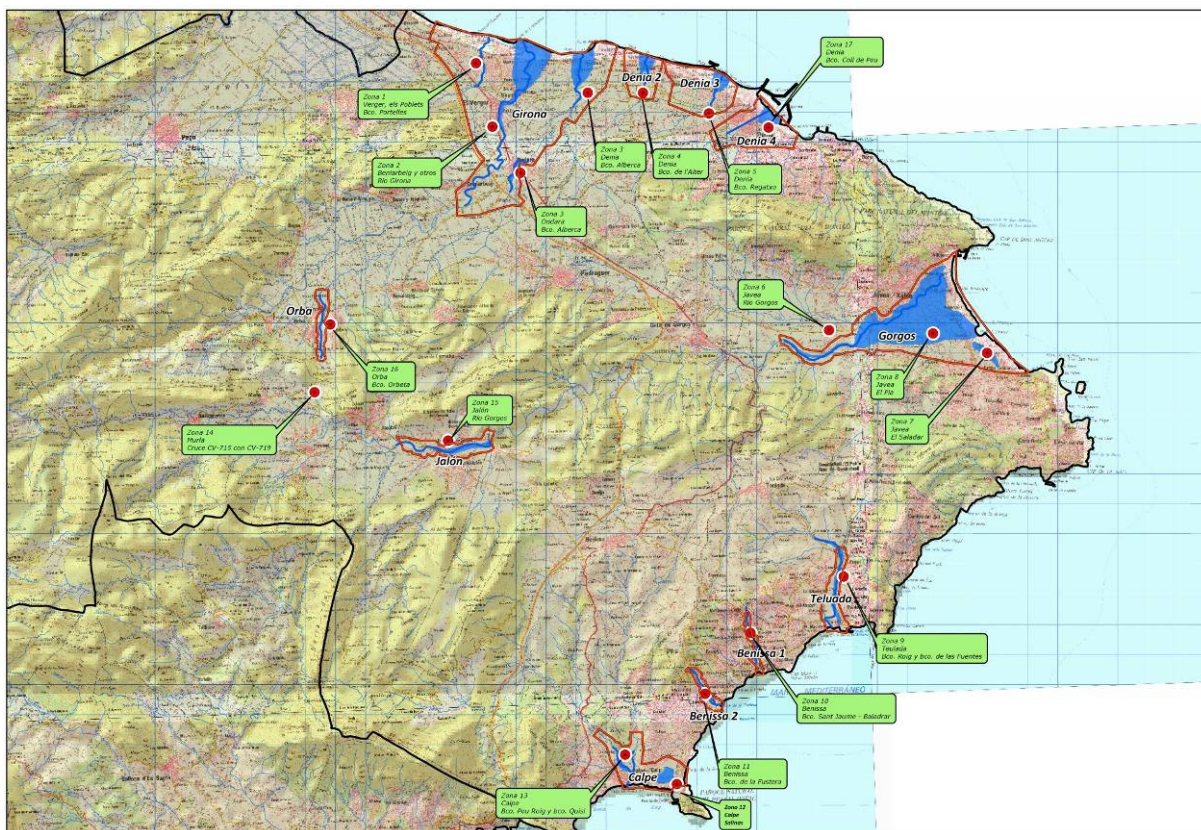


Figura 34: Zonas de estudio en Marina Alta

6.1.- GIRONA

El modelo hidráulico Girona abarca 4 zonas de interés para este estudio. El río Girona, el Barranc de les Portelles, el río Alberca al paso por Ondara y la desembocadura del mismo aguas debajo de la entrada del Barranc de la Fusta. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

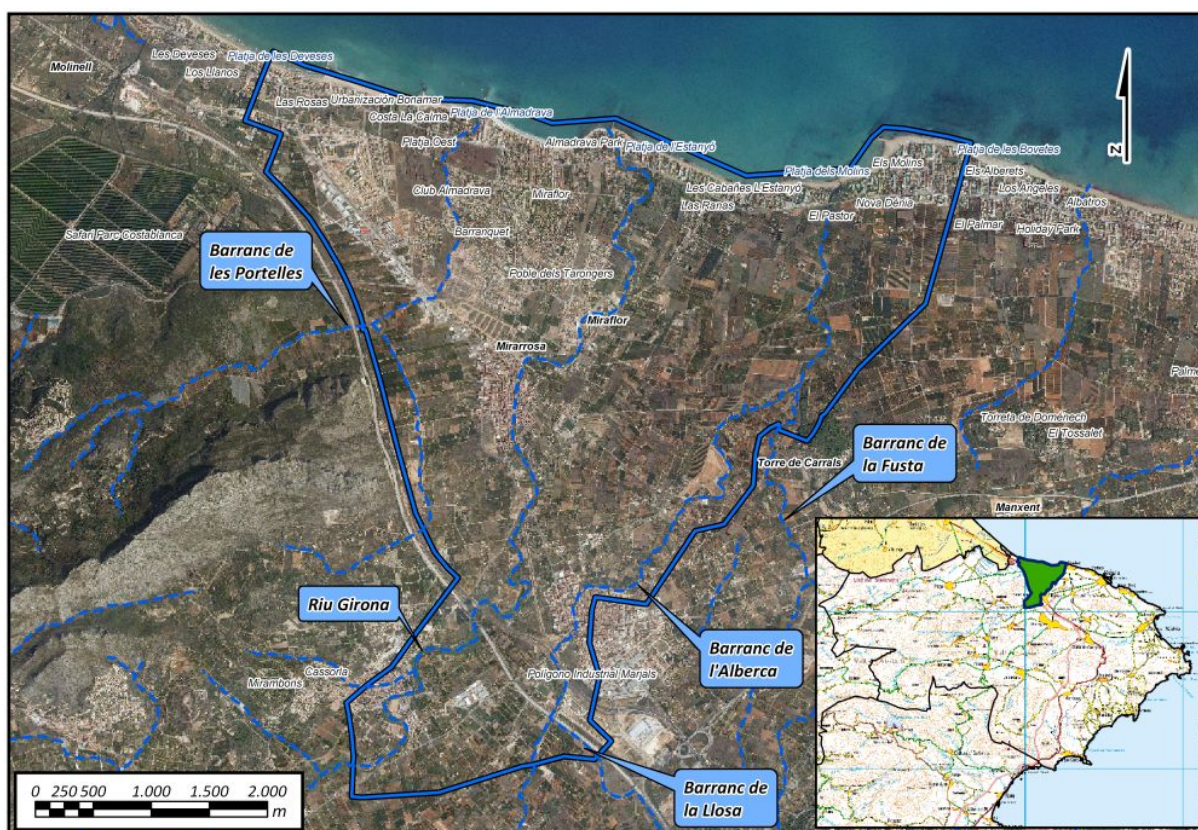


Figura 35: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.1.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

Debido a el gran tamaño del modelo y con el fin de reducir el tiempo de simulación se ha realizado un modelo general para períodos de retorno de 100 y 500 años y 3 submodelos para 10, 25 y 50 años (Denia1, Ondara y Girona) como se puede ver en la siguiente figura..

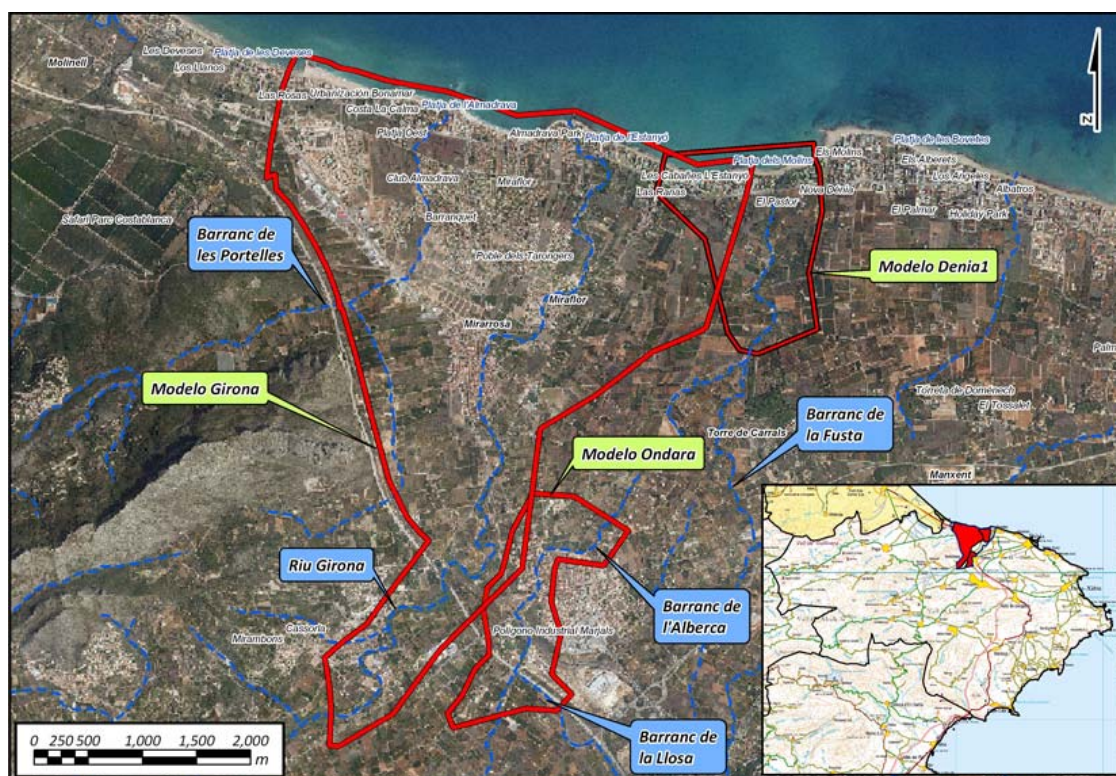


Figura 36: Área modelo río Girona y barrancos Portelles y la Alberca

El modelo general tiene las siguientes características:

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (200 m^2 y 40 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 10 m^2 y un mínimo de 2 m^2 para el polígono de malla del Portelles y río Alberca con sus afluentes y de 20 m^2 y 4 m^2 para el del Girona. En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

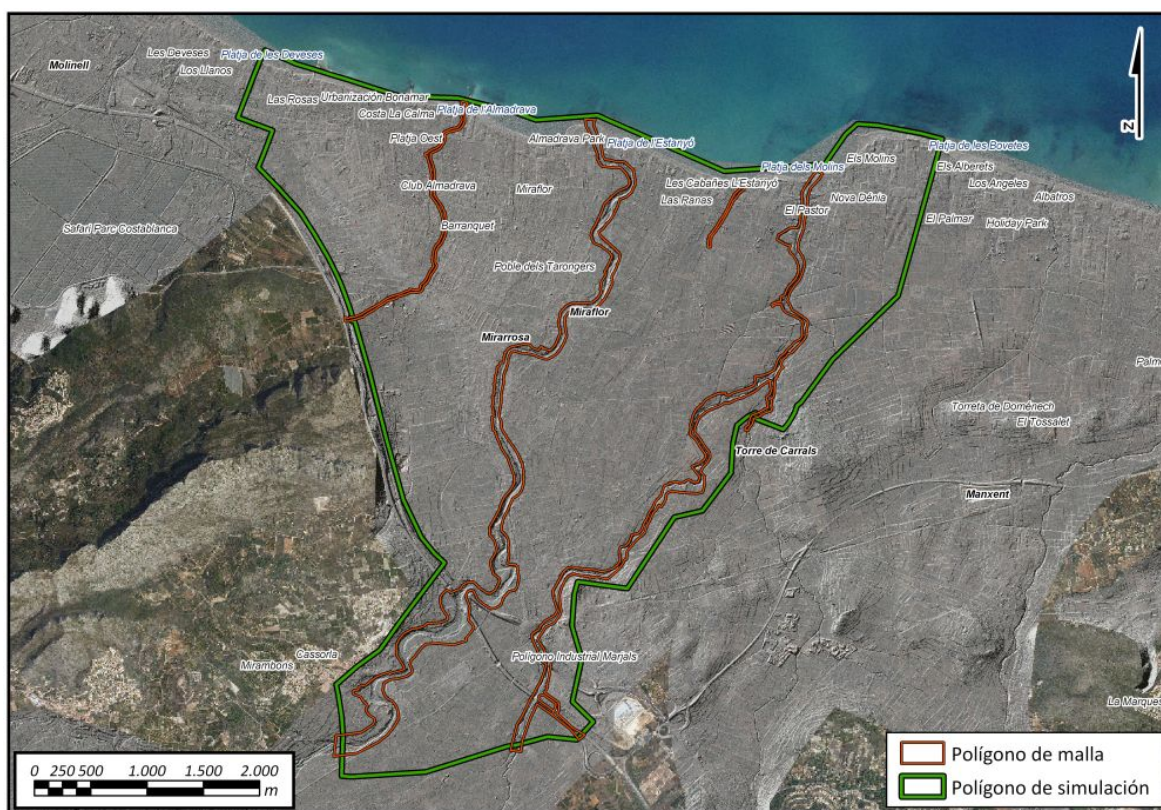


Figura 37: Polígono de malla y polígono de simulación para el modelo general.

Para los tres submodelos se tienen las siguientes características:

El polígono de simulación del Girona tiene un área de triángulo máximo de 400 m² y mínimo de 30 m² y para los otros dos modelos 100 m² y 25 m². El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 10 m² y un mínimo de 2 m² para el polígono de malla del Portelles y río Alberca con sus afluentes y de 20 m² y 5 m² para el del Girona. En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, muros y el mallado.

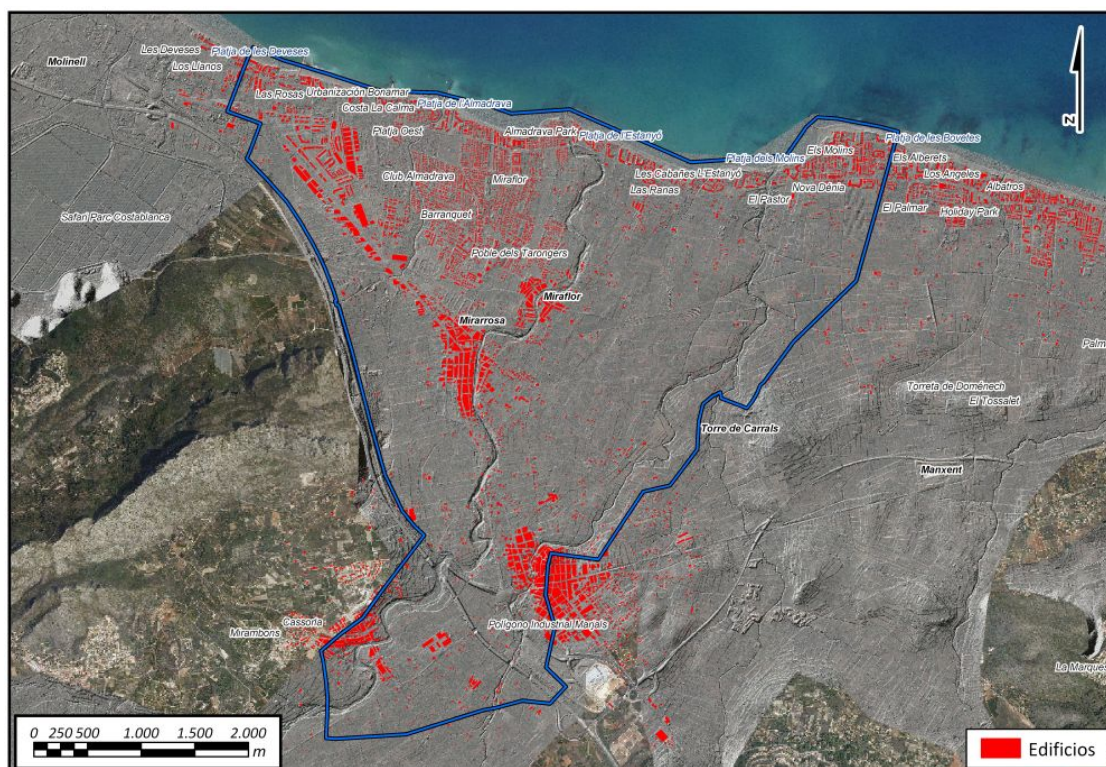


Figura 38: Polígono de edificios “Voids” y modelo digital del terreno.

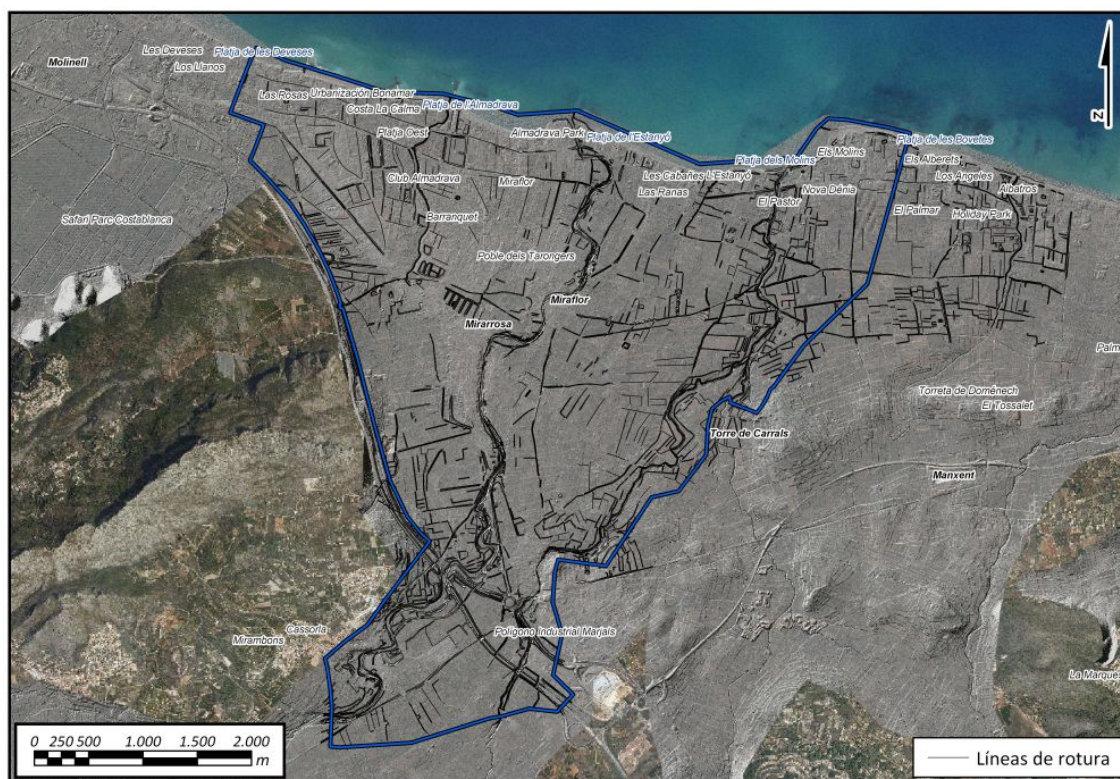


Figura 39: Líneas de rotura.

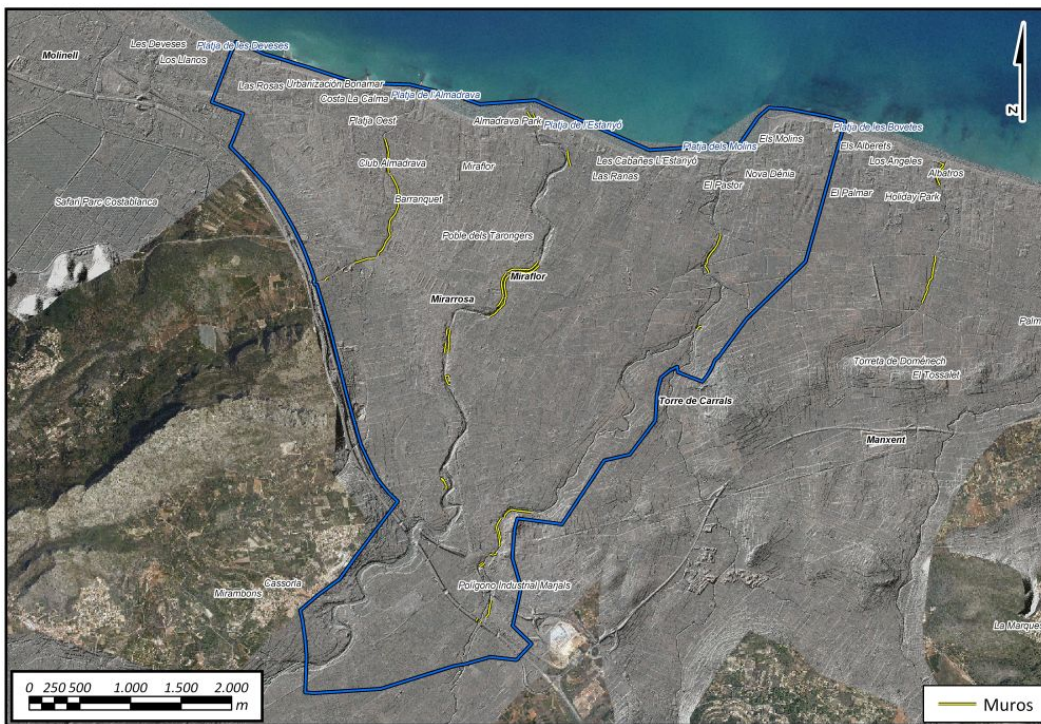


Figura 40: Muros.

El mallado del modelo general tiene un total de utilizado para la modelación con un total de 365012 triángulos y 191957 vértices. El área total de la zona modelada es de 20.6 km². En la siguiente imagen se muestra el mallado del modelo general.

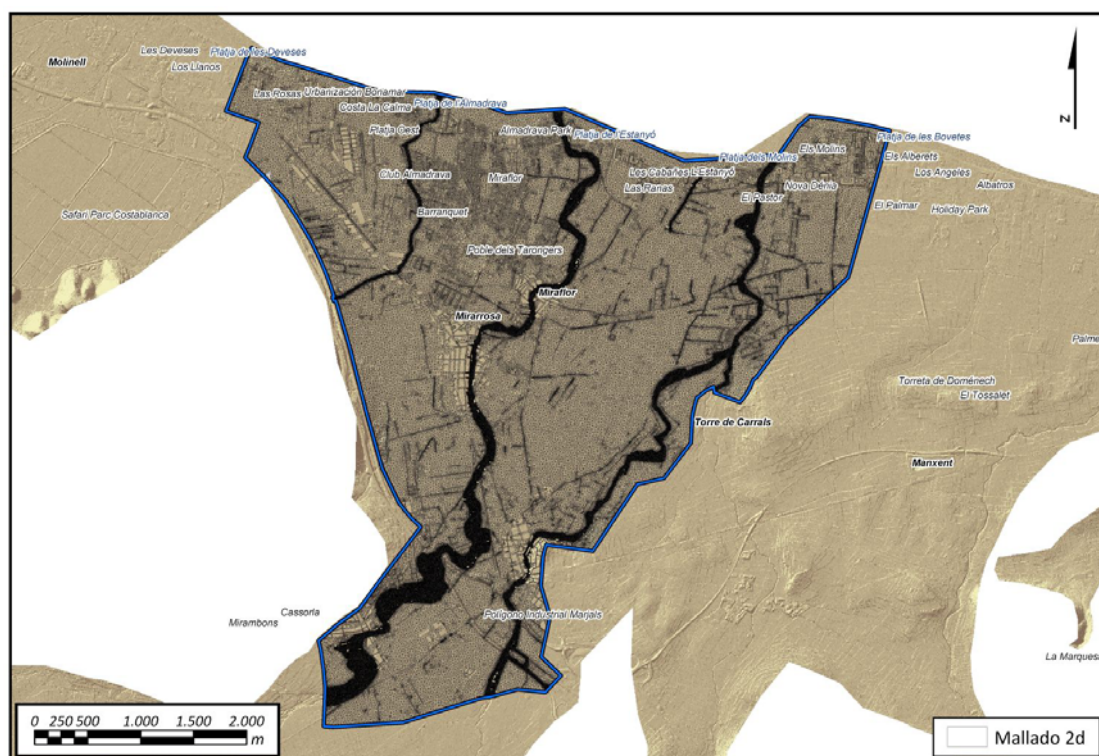


Figura 41: Malla triangular de simulación del modelo general del Girona.

El mallado del submodelo del Girona tiene un total de utilizado para la modelación con un total de 193410 triángulos y 103920 vértices. El área total de la zona modelada es de 14.2 km². En la siguiente imagen se muestra el mallado del submodelo del Girona.

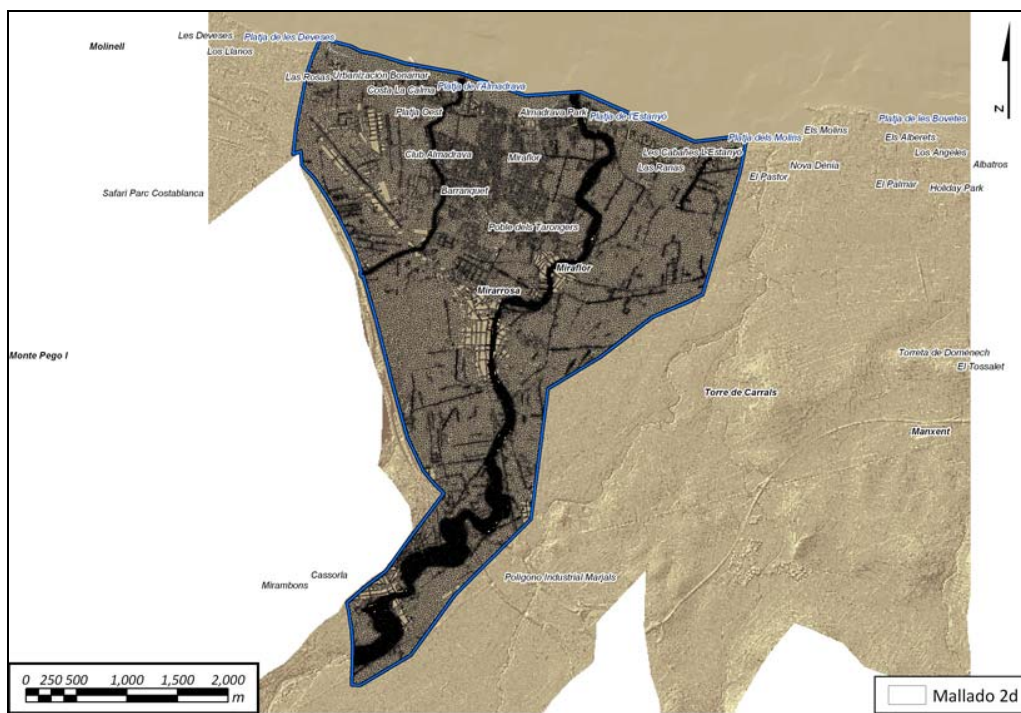


Figura 42: Malla triangular de simulación del sub modelo del Girona

El mallado del submodelo de Ondara tiene un total de utilizado para la modelación con un total de 59647 triángulos y 31366 vértices. El área total de la zona modelada es de 1.8 km². En la siguiente imagen se muestra el mallado del submodelo de Ondara.

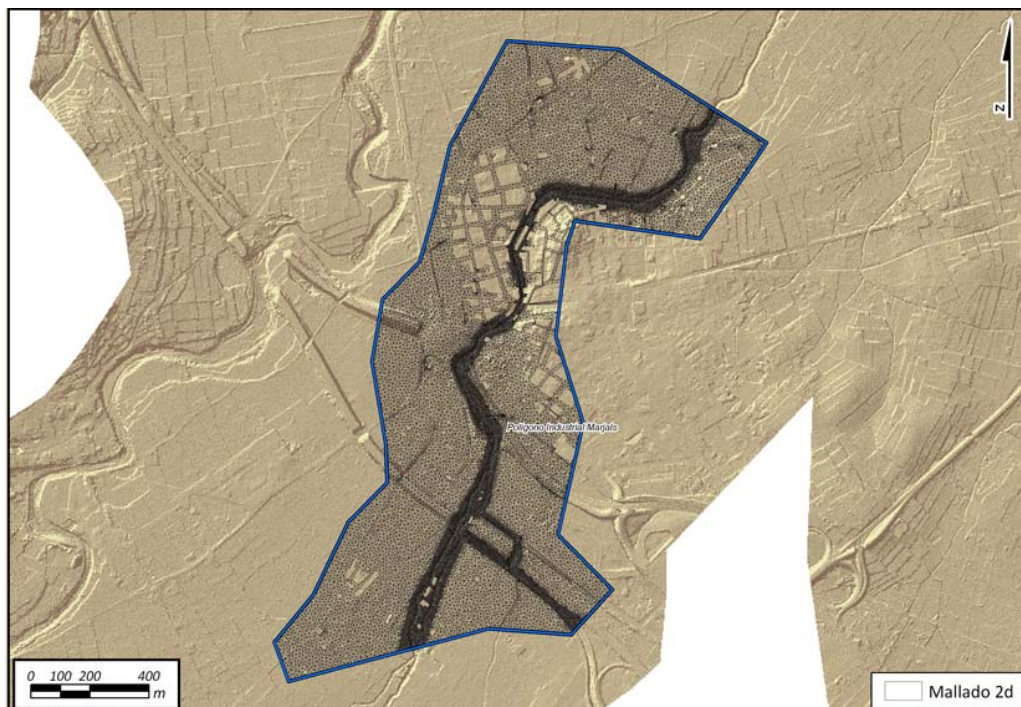


Figura 43: Malla triangular de simulación del sub modelo de Ondara
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

El mallado del submodelo de Denia1 tiene un total de utilizado para la modelación con un total de 56121 triángulos y 28809 vértices. El área total de la zona modelada es de 2 km². En la siguiente imagen se muestra el mallado del submodelo de Denia1.

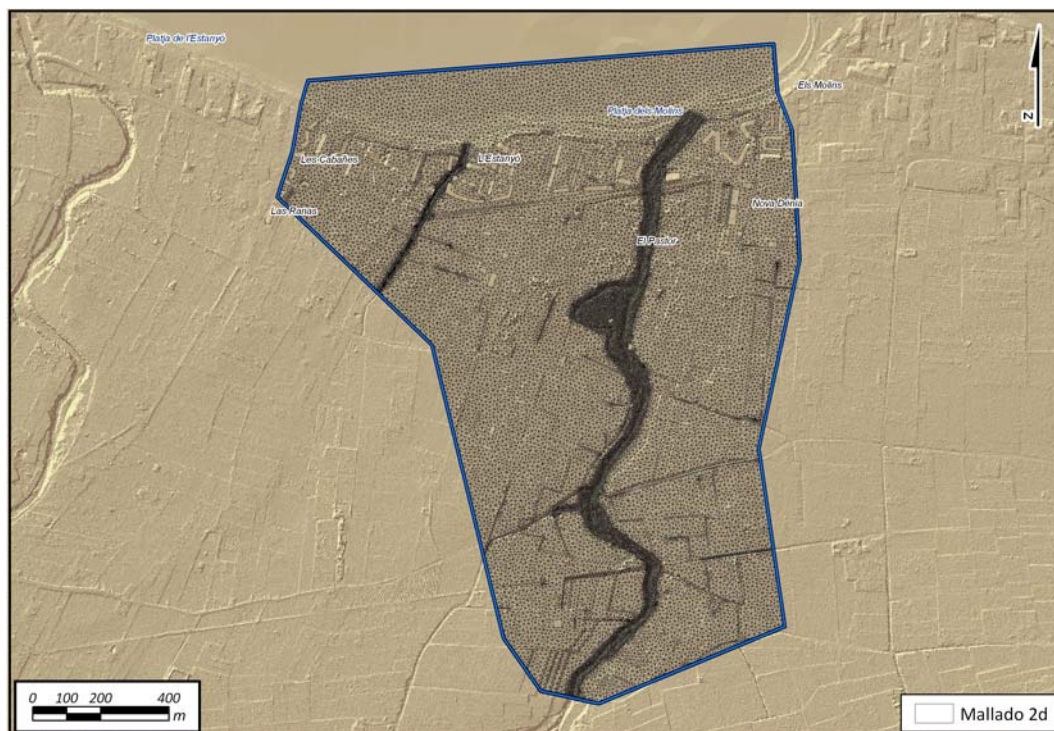


Figura 44: Malla triangular de simulación del sub modelo de Denia1

6.1.2.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

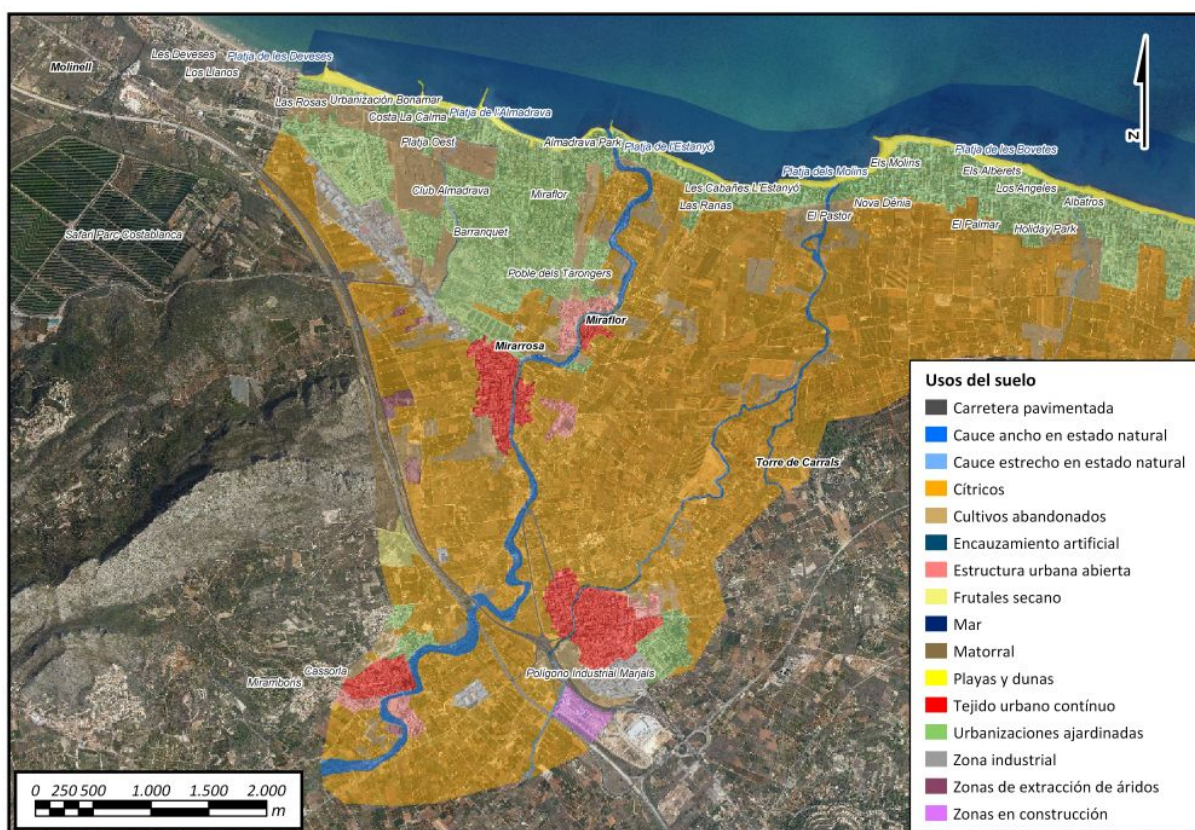


Figura 45: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de lridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 15: Relación usos del suelo manning.

6.1.3.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales en el Río Girona (Beniargeig03), en del barranc de les Portelles (Poblets02d), Barranc del Alberca (Ondara04 y Ondara03), Barranc de la Llosa (Ondara02), Barranc de la Fusta (Denia08N) y Barranc del Alberca aguas debajo de la desembocadura del Fusta (Denia08). Se eligen del estudio hidrológico 8 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años (3 episodios). En las siguientes figuras se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo para le modelo general y sub modelos.



Figura 46: Condiciones de contorno e iniciales del modelo general

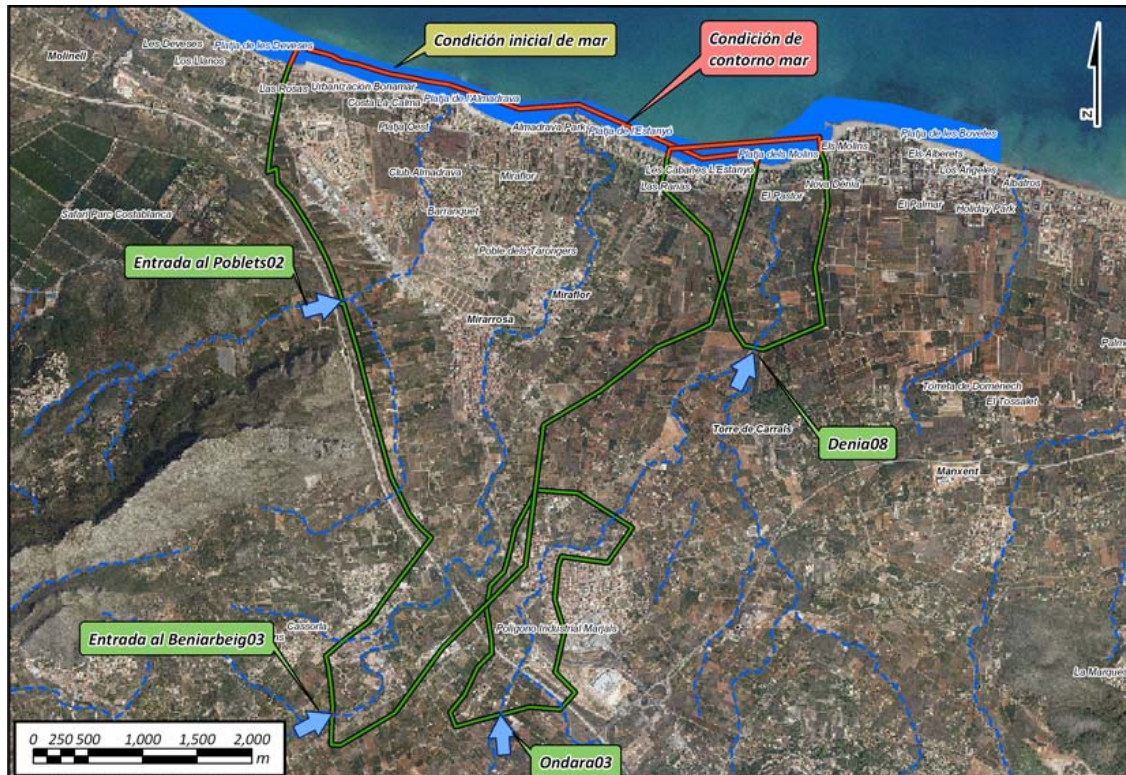


Figura 47: Condiciones de contorno e iniciales de los submodelos

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea para los 5 períodos de retorno analizados.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 16: Condición inicial de marea

Debido al gran tamaño de la zona a modelar no se han encontrado eventos con períodos de retorno de 500 años y 25 años en todas las entradas al modelo. Por este motivo se han realizado más de una simulación en estos dos casos.

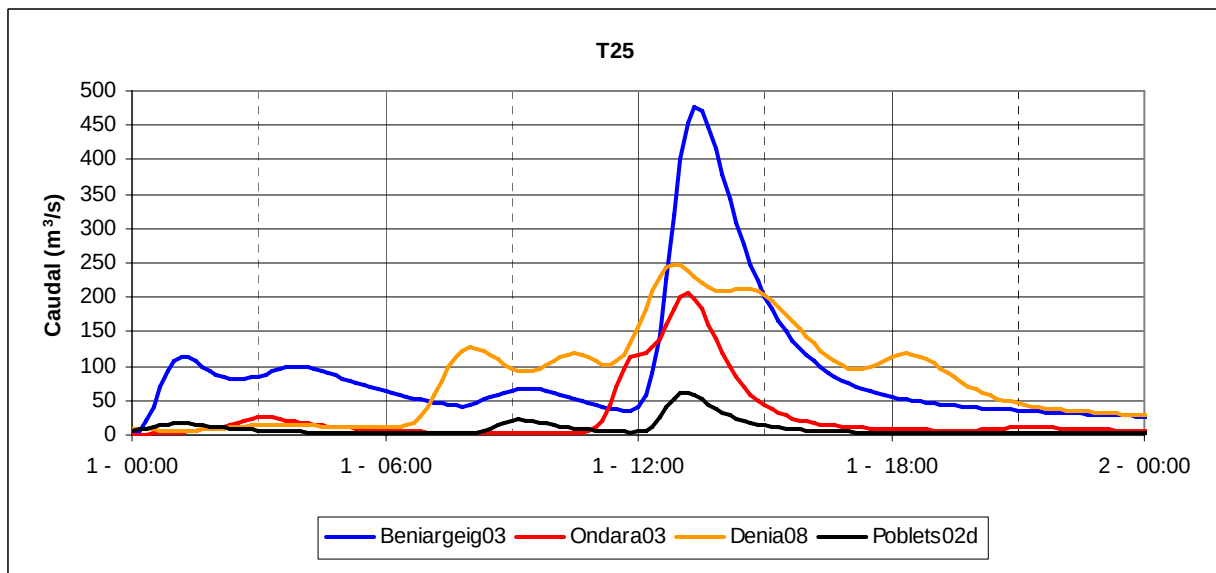
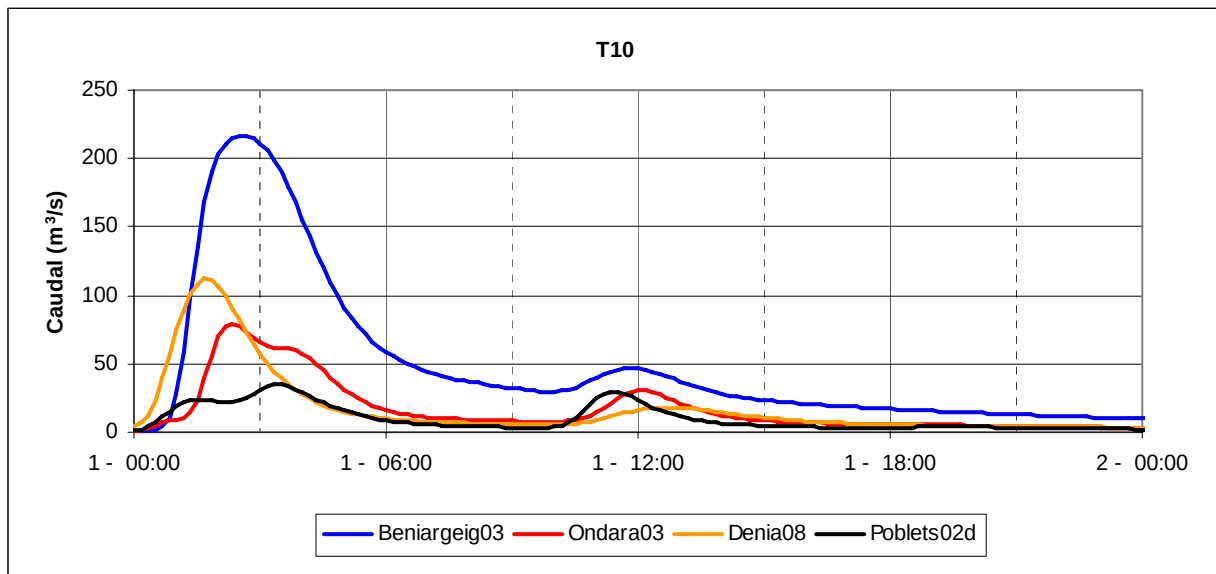
Para T100 se ha simulado:

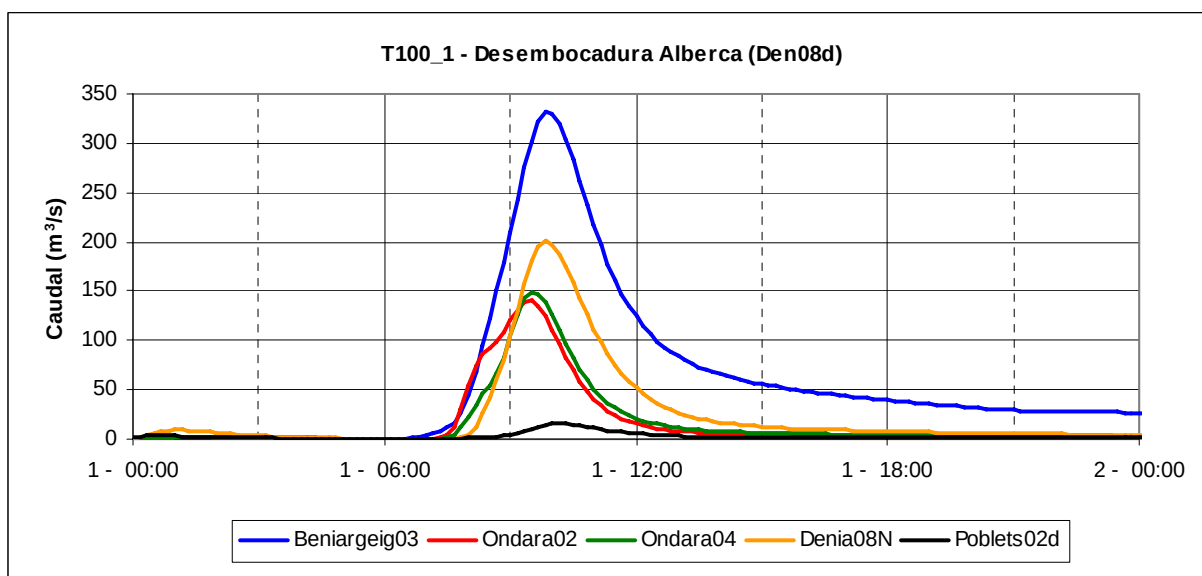
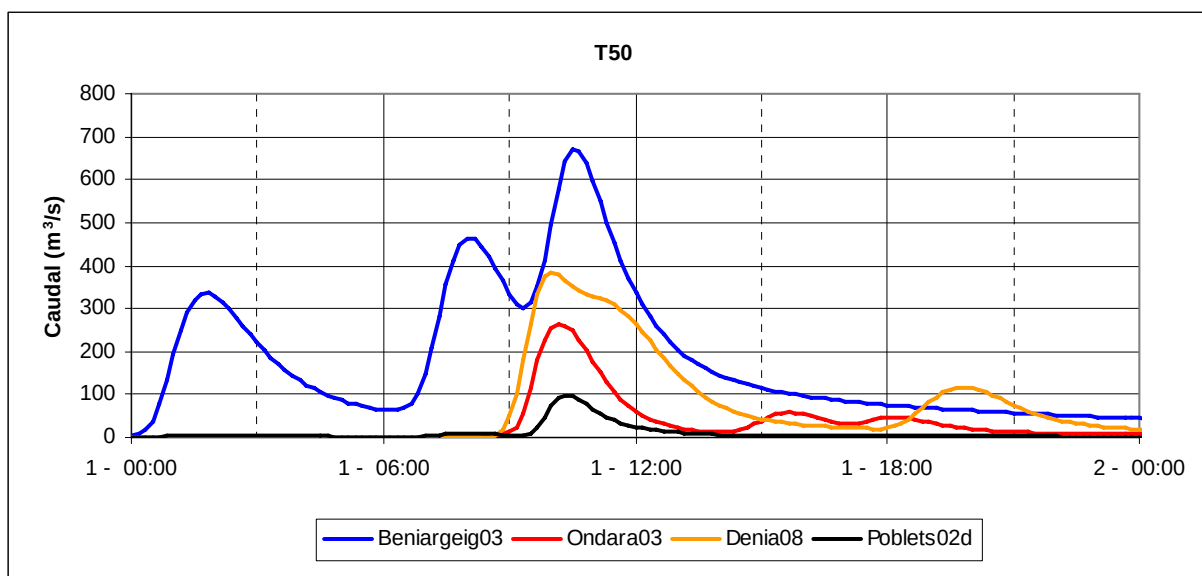
- **T100_1** : evento 3-1-633 que equivale a un período de retorno de 100 años en el barranc de la Alberca en su desembocadura (Zona Denia1).
- **T100_2** : evento 2-3-009 que equivale a un período de retorno de 100 años en el río Gorgos, barranc les Portelles y barranc de L'Alberca a la altura de Ondara.

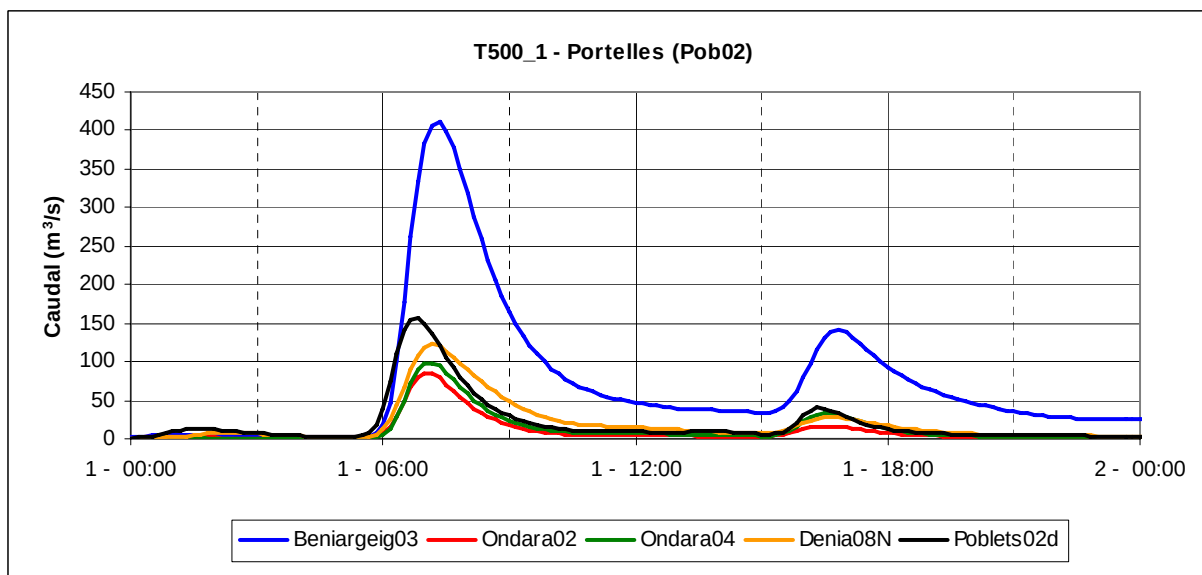
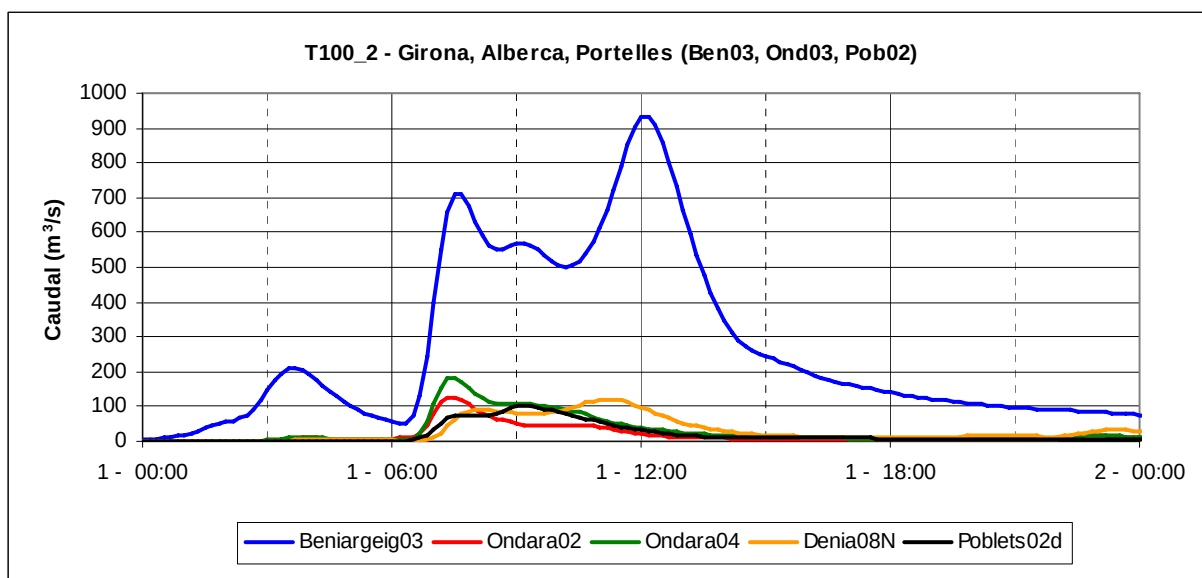
Para T500 se ha simulado:

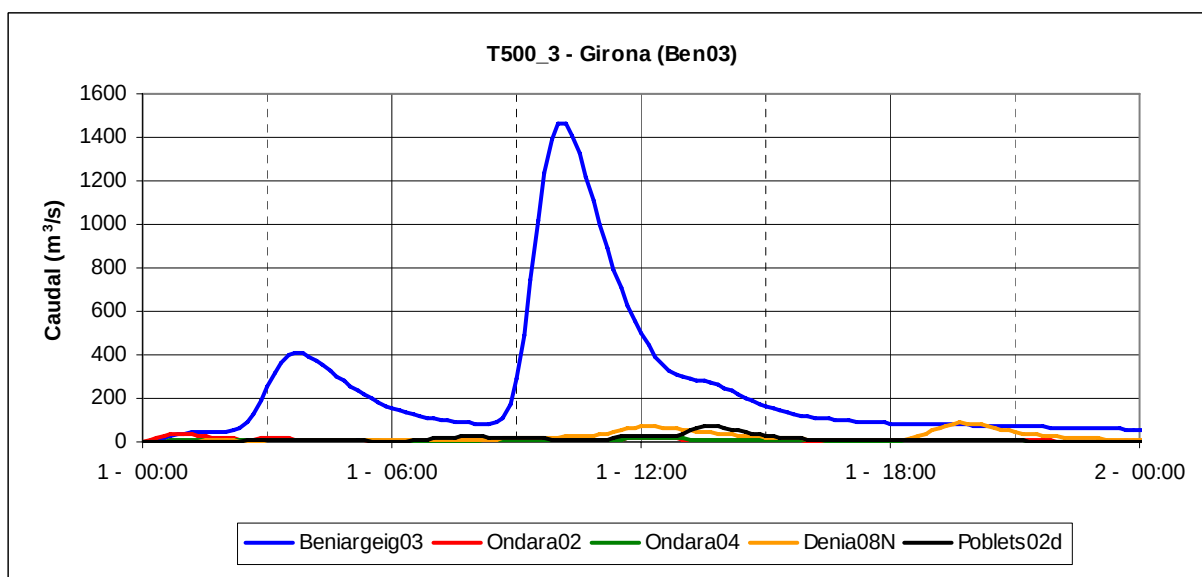
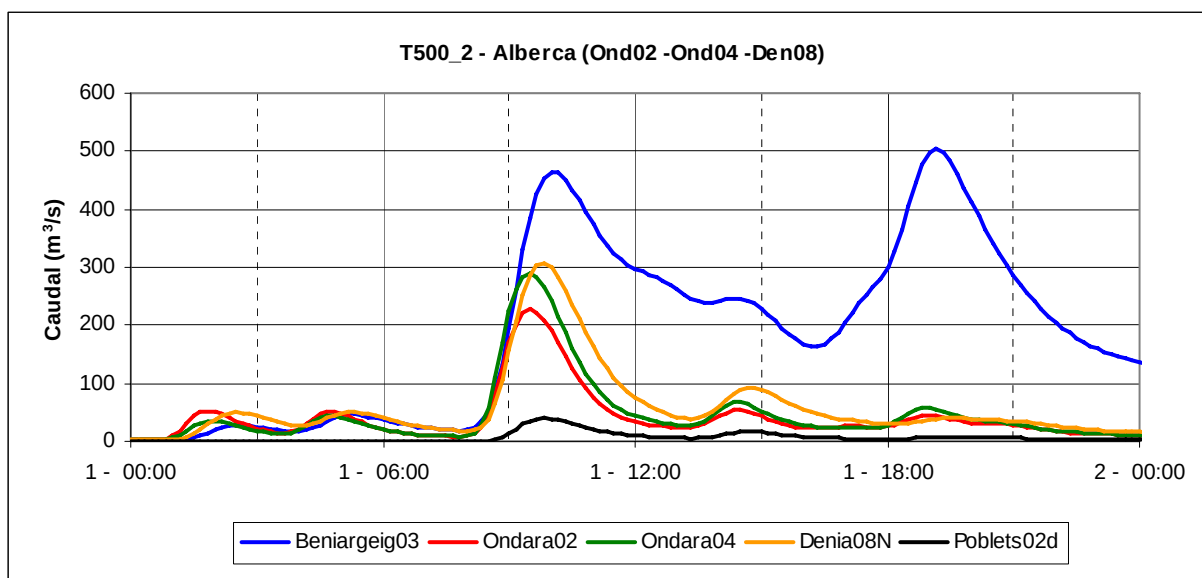
- **T500_1** : evento 1-1-102 que equivale a un período de retorno de 500 años en el barranc de les Portelles.
- **T500_2** : evento 3-3-043 que equivale a un período de retorno de 500 años en el Barranc de L'Alberca a en la desembocadura (zona Denia1) y en Ondara.
- **T500_3** : evento 2-3-016 que equivale a un período de retorno de 500 años en el río Girona.

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las ocho simulaciones realizadas.









En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	1-2-014	3-1-222	3-1-596
	Caudal máximo (m ³ /s)		
	T10	T25	T50
Beniarbeig03	216.6	475.5	669.6
Poblets02d	34.6	61.0	97.7

Tabla 17: Resumen de los caudales pico para períodos de retorno de 10, 25 y 50 años para el submodelo del Girona

Evento:	1-2-014	2-1-105	2-2-164
	Caudal máximo (m3/s)		
	T10	T25	T50
Ondara03	79.2	205.4	262.9

Tabla 18: Resumen de los caudales pico para períodos de retorno de 10, 25 y 50 años para el submodelo de Ondara

Evento:	2-2-172	3-3-057	3-2-014
	Caudal máximo (m3/s)		
	T10	T25	T50
Denia08	112.1	248.5	383.2

Tabla 19: Resumen de los caudales pico para períodos de retorno de 10, 25 y 50 años para el submodelo de Denia1

Evento:	3-1-633	2-3-009	1-1-102	3-3-043	2-3-016
	Caudal máximo (m3/s)				
	T100_1	T100_2	T500_1	T500_2	T500_3
Beniarbeig03	331.3	932.9	410.5	504.6	1464.0
Ondara02	139.8	127.8	86.0	226.9	37.7
Ondara04	149.3	183.7	98.9	289.6	17.6
Ondara08N	200.6	121.3	122.3	307.7	86.9
Poblets02d	15.7	101.8	156.8	39.5	72.2

Tabla 20: Resumen de los caudales pico para períodos de retorno de 100 y 500 años para el modelo general

6.1.4.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

En este modelo se analizan 4 zonas en las cuales las inundaciones de unas y otras interactúan a partir de T100. El barranco de Portelles no tiene capacidad suficiente para eventos de períodos de retorno de 10 años y a partir de 25 años las inundaciones del mismo se ven altamente afectadas por las aguas desbordadas por la margen izquierda del Girona en el paleocauce del Clot del Francés. La zona de Ondara comienza a tener problemas de inundación a partir de 25 años al igual que la desembocadura del barranco del Alberca. El río Girona, provoca la mayor parte de las inundaciones de la zona estudiada, generándose inundaciones importantes a partir del Verger inundando els Poblets y toda la zona de urbanizaciones ubicadas a lo largo de la costa.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.1.4.1.- T10

Se analizarán separadamente los tres submodelos (Ondara, Denia1 y Girona) de la zona analizada

T10 - Ondara

Para el período de retorno de 10 años comienza a notarse zonas con posibles desbordamientos pero que para este período de retorno no ocasiona problemas significantes. En la siguiente figura se puede observar los calados máximos calculados para este evento y se indican las dos zonas.

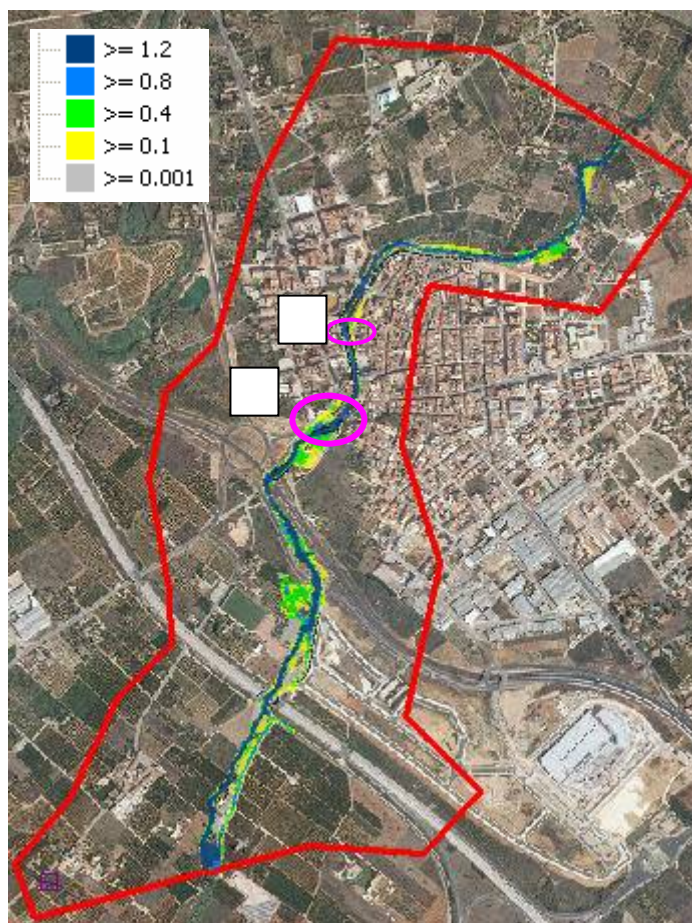


Figura 48: Simulación submodelo Ondara para periodo de retorno T10

La zona número 1 es se encuentra al aguas abajo del puente de la carretera N332 donde se puede observar en la foto siguiente, tomada desde la calle de Picasso hacia aguas abajo, a la derecha los terrenos más bajos que se inundada y provocan los desbordamientos del río.



Foto 1: Imagen tomada desde la calle Picasso donde se producen desbordamientos. Zona 1

La zona 2 está ubicada en la margen derecha del barranco donde existe una rampa de acceso que ocasiona posibles desbordamientos de las aguas que luego circulan por las calles sin retorno al barranco.



Foto 2: Rampa a través de la cual se producen desbordamientos en núcleo urbano de Ondara. Zona 2

En general se observa que para períodos de retorno de 10 años no se producen afecciones significantes en la Ondara. La sección del barranco es suficiente al paso de la zona urbana.

T010 – Denia1

Para el período de retorno de 10 años se desborda el canal principal del barranc de L'Alberca sin producirse afecciones a viviendas hasta la desembocadura del barranco donde si se producen inundaciones con calados inferiores a 80 cm. El nivel máximo al paso de la carretera CV730 es de 1.9 msnm. En la siguiente figura se puede observar los calados máximos calculados para este evento.

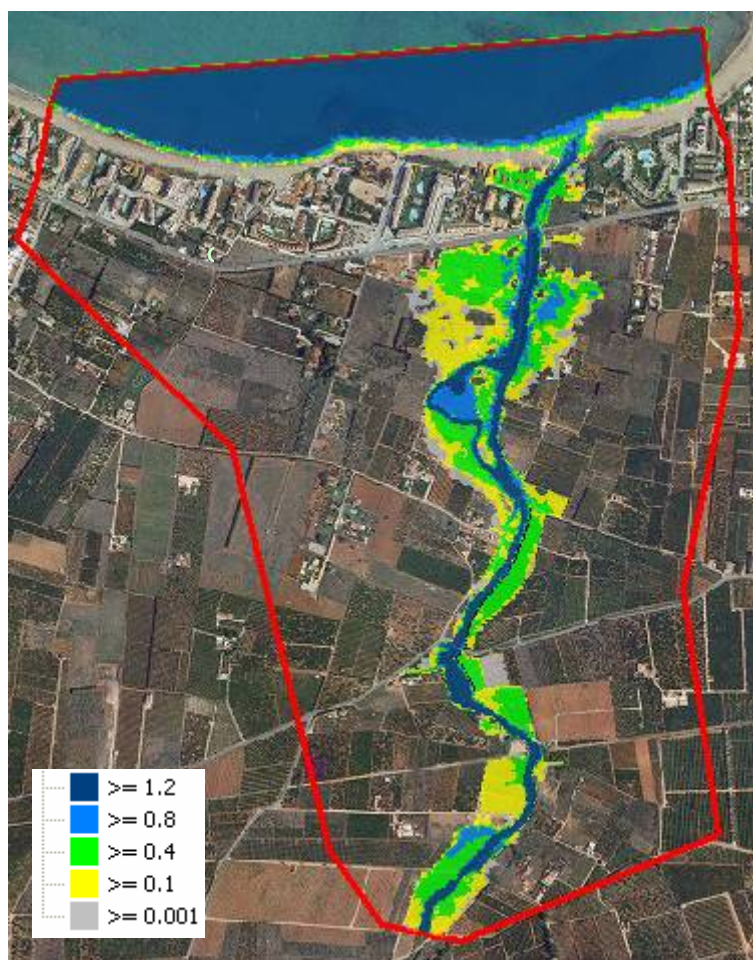


Figura 49: Simulación submodelo Denia1 para periodo de retorno T10

En la siguiente figura se muestran los desbordamientos de la desembocadura donde se observan las viviendas afectadas.

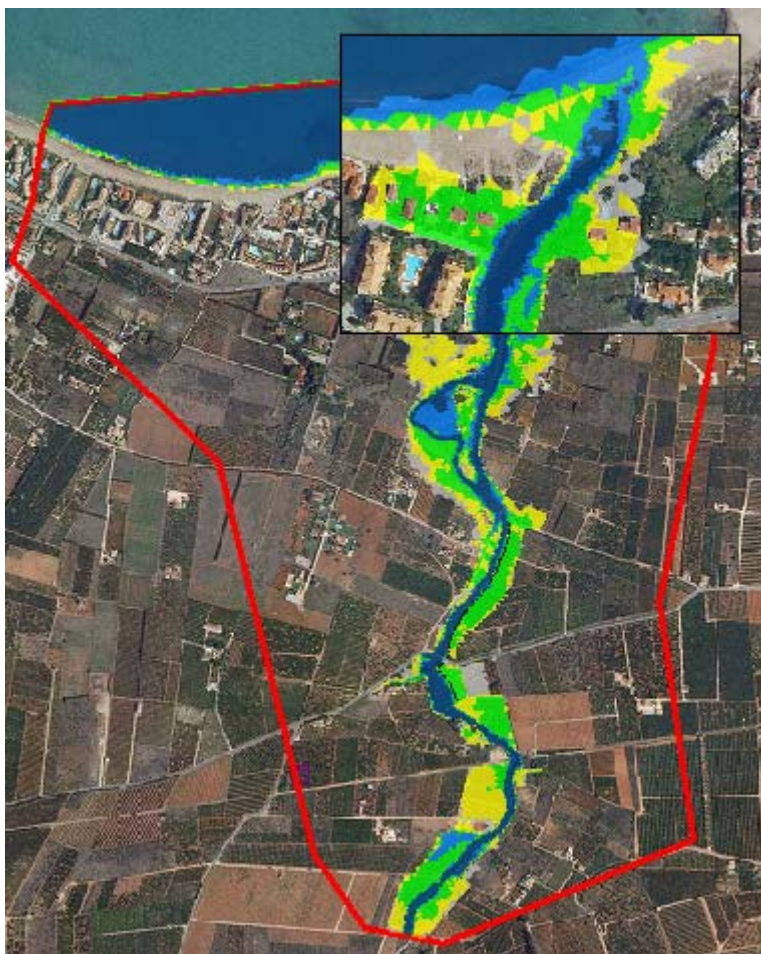


Figura 50: Detalle desbordamientos en desembocadura submodelo Denia1 para periodo de retorno T10

En la foto siguiente se observa la margen izquierda de la desembocadura del barranco donde se observan las viviendas afectadas por este evento simulado.



Foto 3: Tramo con viviendas afectadas por inundaciones del bco. de la Alberca

T010 – Girona

En este modelo se simulan dos zonas conjuntas que para este período de retorno las inundaciones de una no afectan a la otra. Una es el río Girona y otra el Portelles. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos para todo el ámbito de simulación.



Figura 51: Simulación submodelo río Girona para periodo de retorno T10

El río Girona tiene capacidad suficiente hasta llegar a las urbanizaciones de Mirarrosa (ver siguiente imagen) donde se producen desbordamientos inundando la urbanización y luego parte de los desbordamientos vuelven a encauzarse al río y otros continúan por los campos y las urbanizaciones de Els Poblets hasta llegar al mar afectando a las viviendas que atraviesa con calados inferiores a 10 cm.



Figura 52: Desbordamientos río Girona junto urbanizacionesn Mirarrosa en periodo de retorno T10.

En el barranc del Portelles se producen desbordamientos generalizados debido a la poca capacidad del cauce al inicio del modelo. Los flujos principales de los desbordamientos siguen dirección noroeste con calados inferiores a 10 cm.

Por margen derecha también se producen desbordamientos aguas arriba de las urbanizaciones. En la siguiente imagen se muestran las direcciones de flujos de los desbordamientos del barranco. El cauce permite encauzar un máximo de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ para este período de retorno.

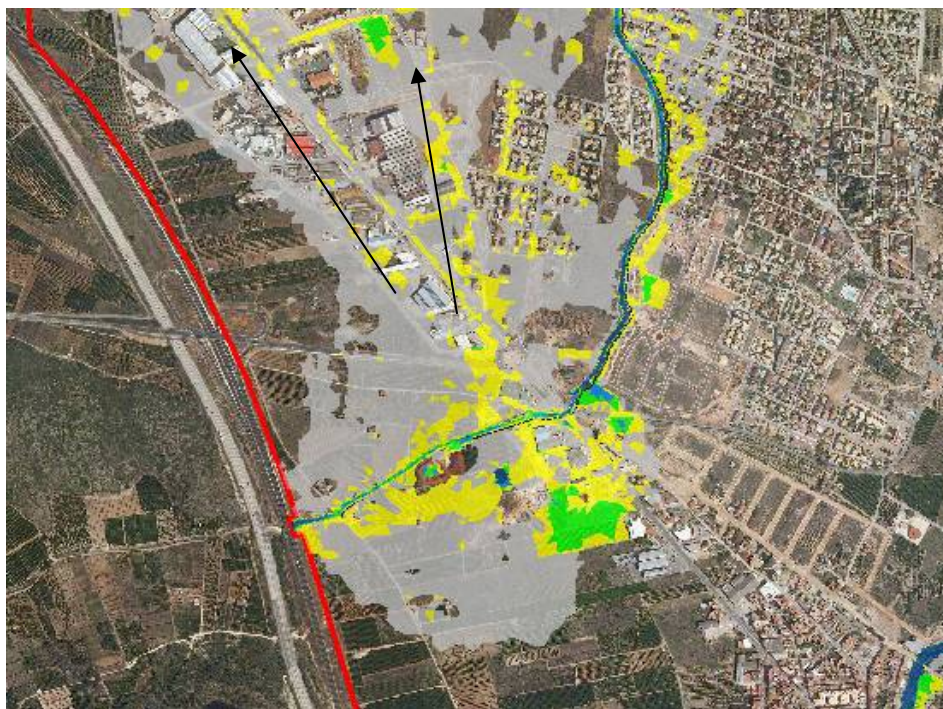


Figura 53: Desbordamientos barranc de Portelles en periodo de retorno T10.

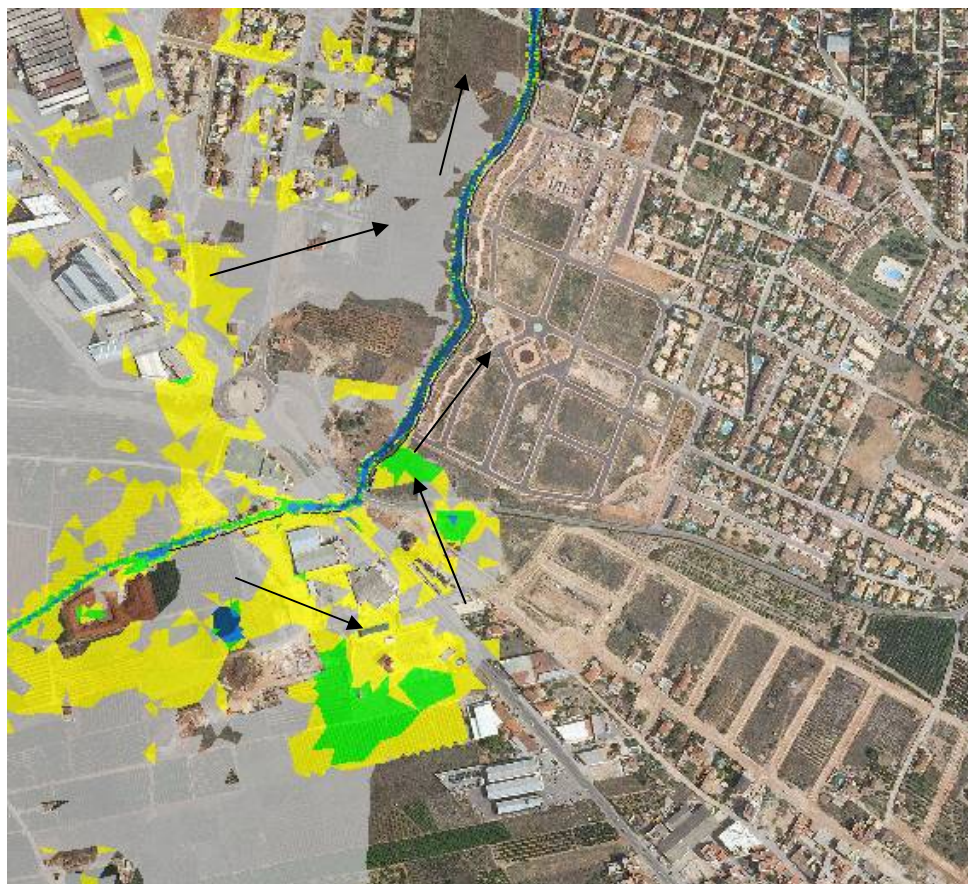


Figura 54: Detalle desbordamientos y direcciones de flujo en barranc de Portelles en T10.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

En la siguiente foto se muestra una sección del barranco al paso por las urbanizaciones.



Foto 4: Sección encauzada barranco Portelles junto a urbanizaciones.

En la desembocadura del barranc de Portelles se producen desbordamientos, por la margen izquierda, por donde se indica en la figura siguiente. Estos desbordamientos se acumulan producen inundaciones en las urbanizaciones de la costa y en la carretera de les Marines.

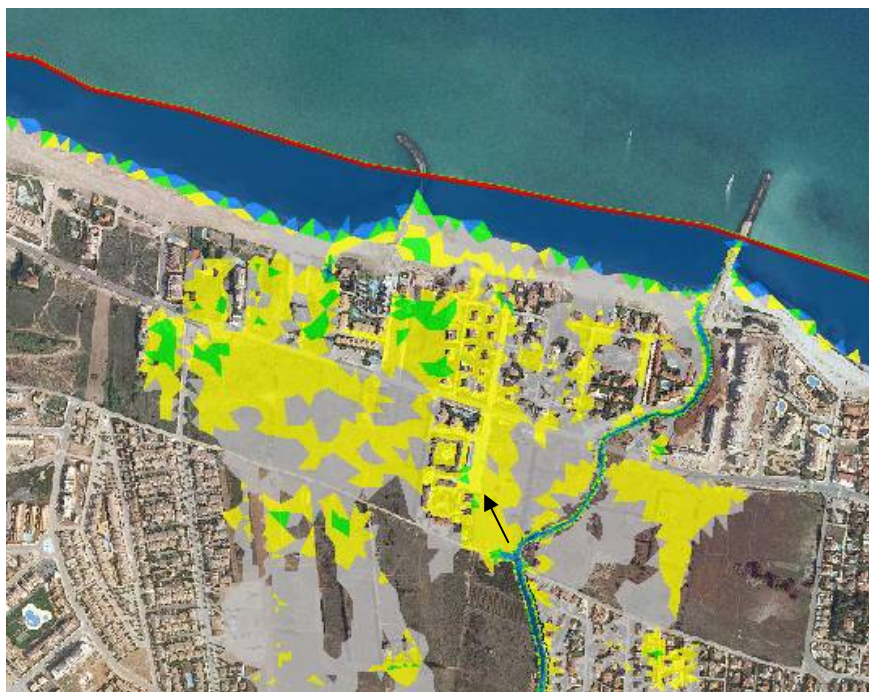


Figura 55: Detalle desbordamientos en desembocadura del barranc de Portelles en T10.

Los desbordamientos generados en el barranco en la zona más alta del barranco se producen principalmente por la margen izquierda dirigiéndose gran parte hacia el noroeste sin posibilidad de desaguar al mar acumulándose en una zona baja alcanzando calados inferiores a los 40 cm.

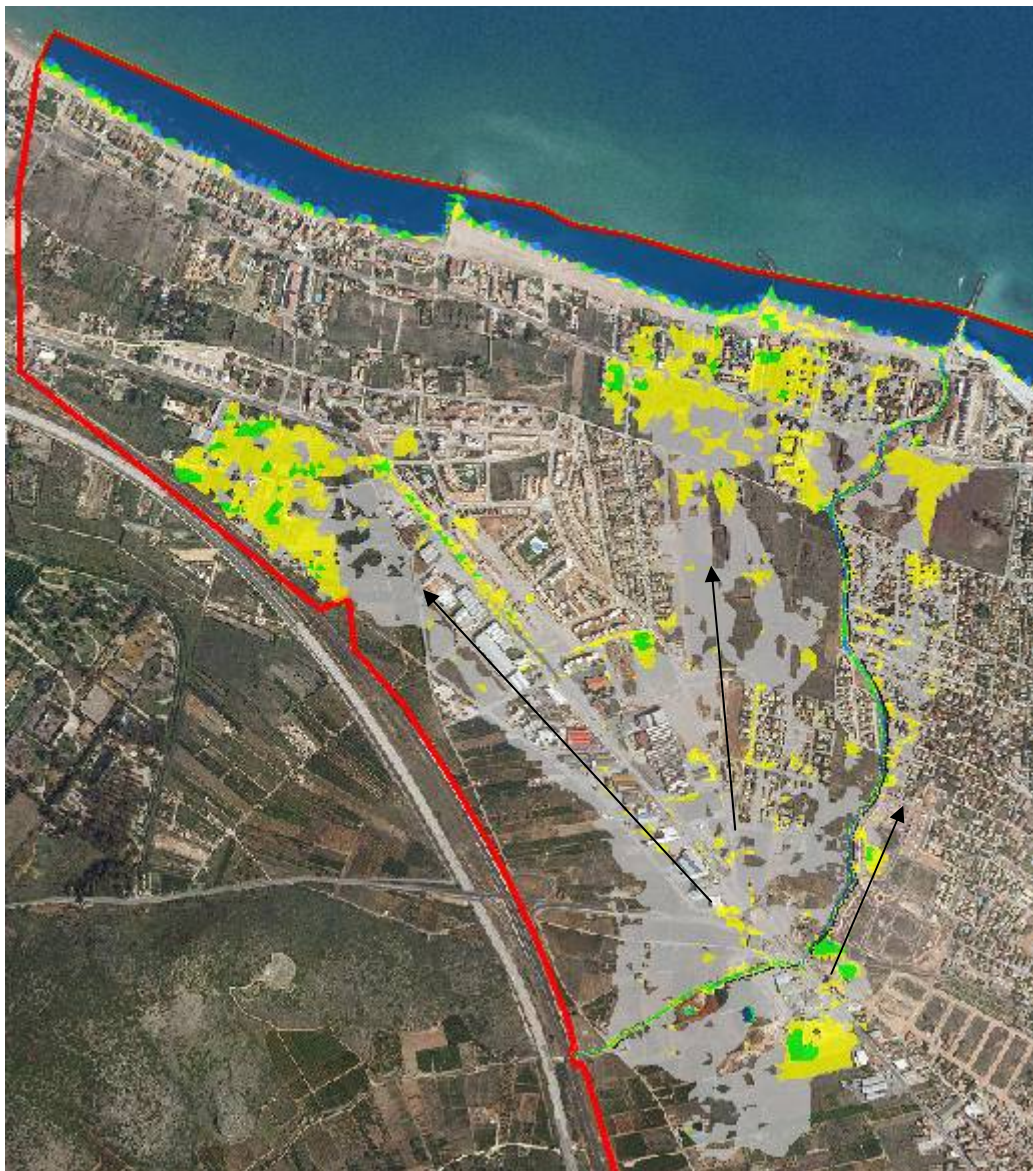


Figura 56: Detalle desbordamientos y direcciones de flujo en barranc de Portelles en T10.

6.1.4.2.- T25

Se analizarán separadamente los tres submodelos (Ondara, Denia1 y Girona) de la zona analizada

T025 – Ondara

Para este período de retorno se producen desbordamientos del barranc de L'Alberca a su paso por Ondara. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos para todo el ámbito de simulación.

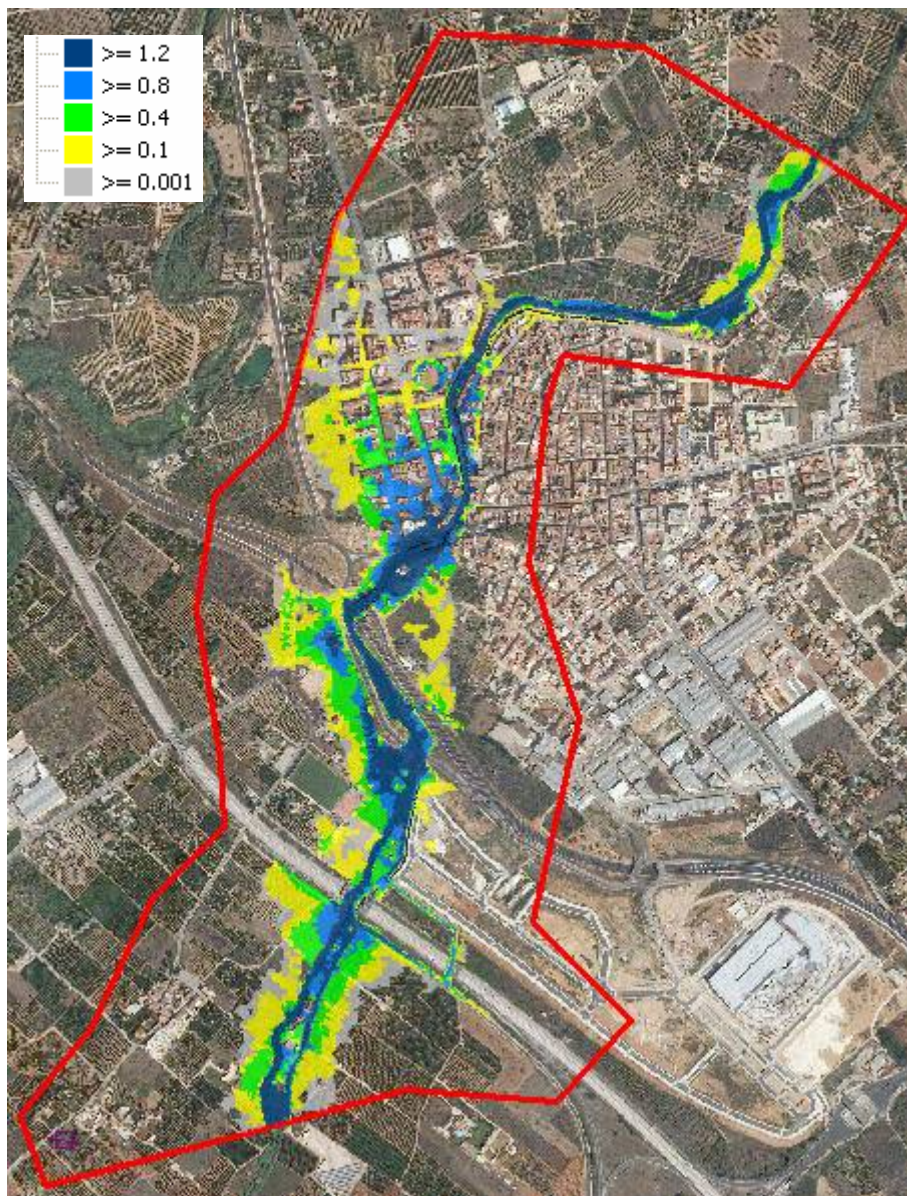


Figura 57: Simulación submodelo Ondara en periodo de retorno T25.

Los desbordamientos principales se producen al pasar la carretera N332 por margen izquierda discurriendo hacia el norte por la calle Blasco Ibáñez y Av del doctor Fleming. En la siguiente figura se muestra el instante de simulación donde comienzan los desbordamientos. Los calados máximos en esta zona superan los 80 cm.

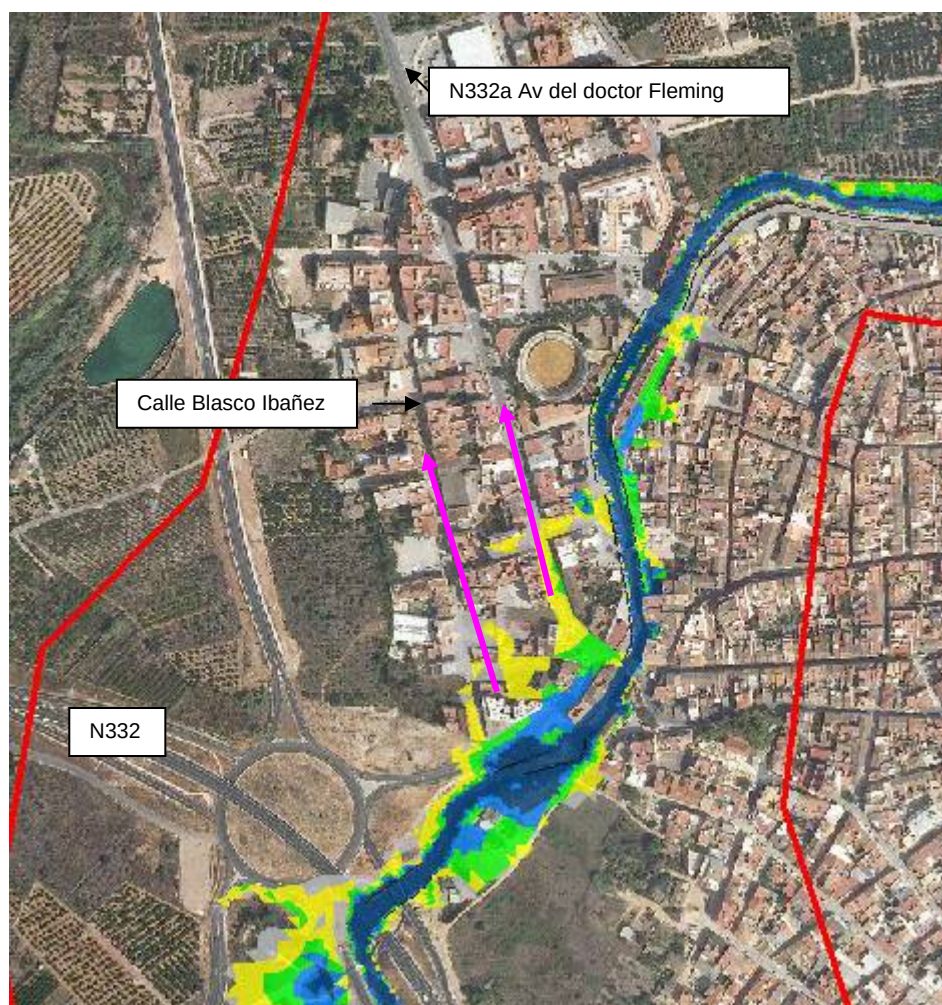


Figura 58: Detalle desbordamientos a través de las calles de Ondara en periodo de retorno T25.

Por margen derecha se producen desbordamientos en la zona de la rampa de acceso al cauce inundando las calles paralelas al cauce.

T025 – Denia1

En la zona de la desembocadura del barranc de L'Alberca se producen desbordamientos afectando a los campos colindantes al mismo. Se producen afecciones en la carretera de les Marines a Denia (CV-730) con calados superiores a los 40 cm inundando también la zona de las urbanizaciones costeras. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos para todo el ámbito de simulación.

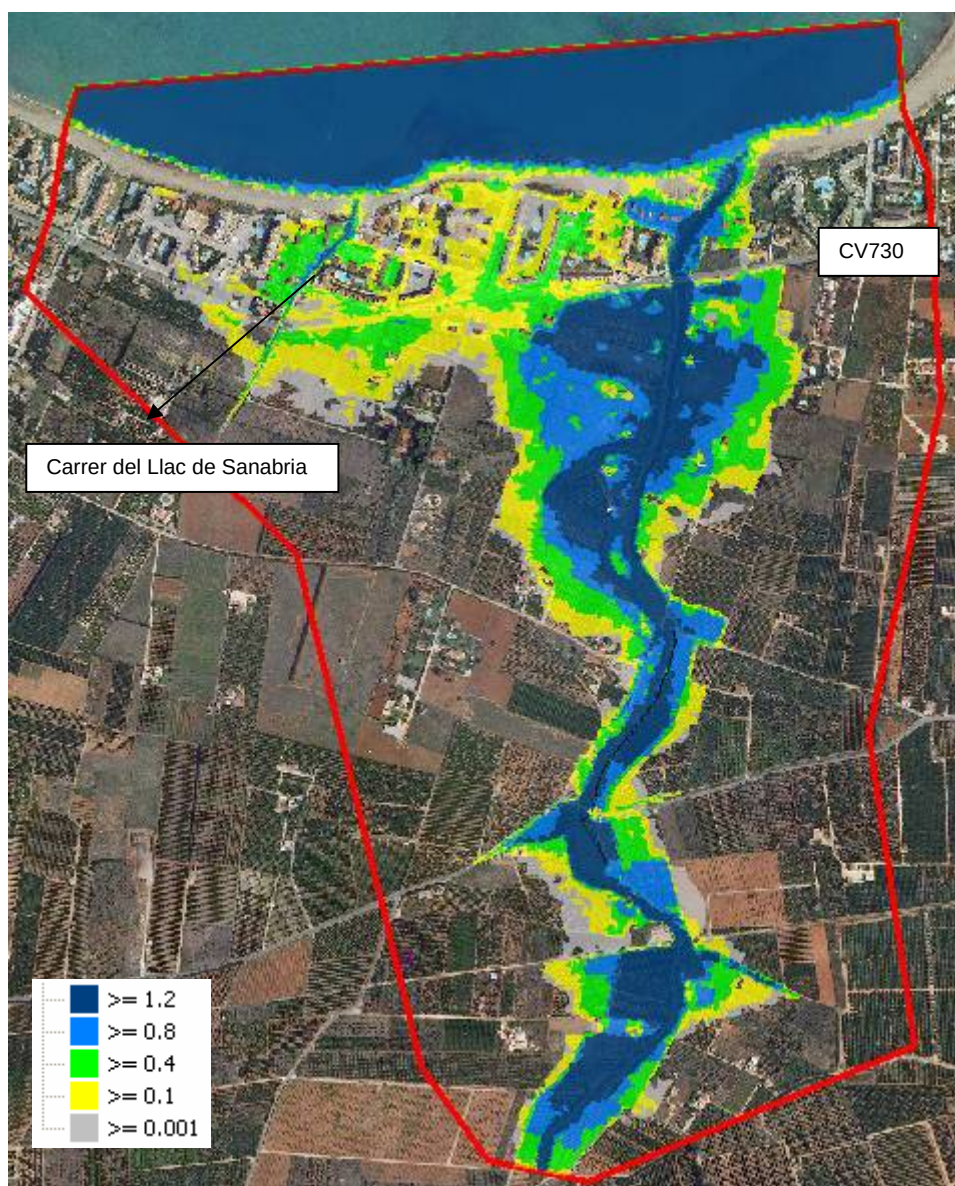


Figura 59: Simulación submodelo Denia1 para periodo de retorno T25.

Las aguas desbordadas al encontrarse con la carretera se dirigen hacia el oeste desaguando al mar por las calles de las urbanizaciones y por la desembocadura de un paleocauce del Girona identificado en la figura anterior como carrer de Sanabria. En la siguiente foto se puede ver la margen izquierda de este carrer.



Foto 5: Carrer de Sanabria junto bco. la Alberca por donde discurren las aguas desbordadas.

T025 – Girona

Para este período de retorno las inundaciones del Girona se unen con las del Portelles debido al paleocauce de margen izquierda del Girona que conduce las aguas desbordadas hacia el río Portelles. En el río Girona se detectan dos zonas donde se producen los desbordamientos principales. La primera es en la zona del paleocauce de margen izquierda llamada Clot del Francés y la segunda es a la altura del Verger donde se producen inundaciones generalizadas inundando el Verger, Mirarrosa, Setla, Els Poblets y las urbanizaciones de la costa. En la desembocadura del Girona se producen afecciones a la carretera CV730, los desbordamientos comienzan a partir de 200 m³/s. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos para todo el ámbito de simulación.

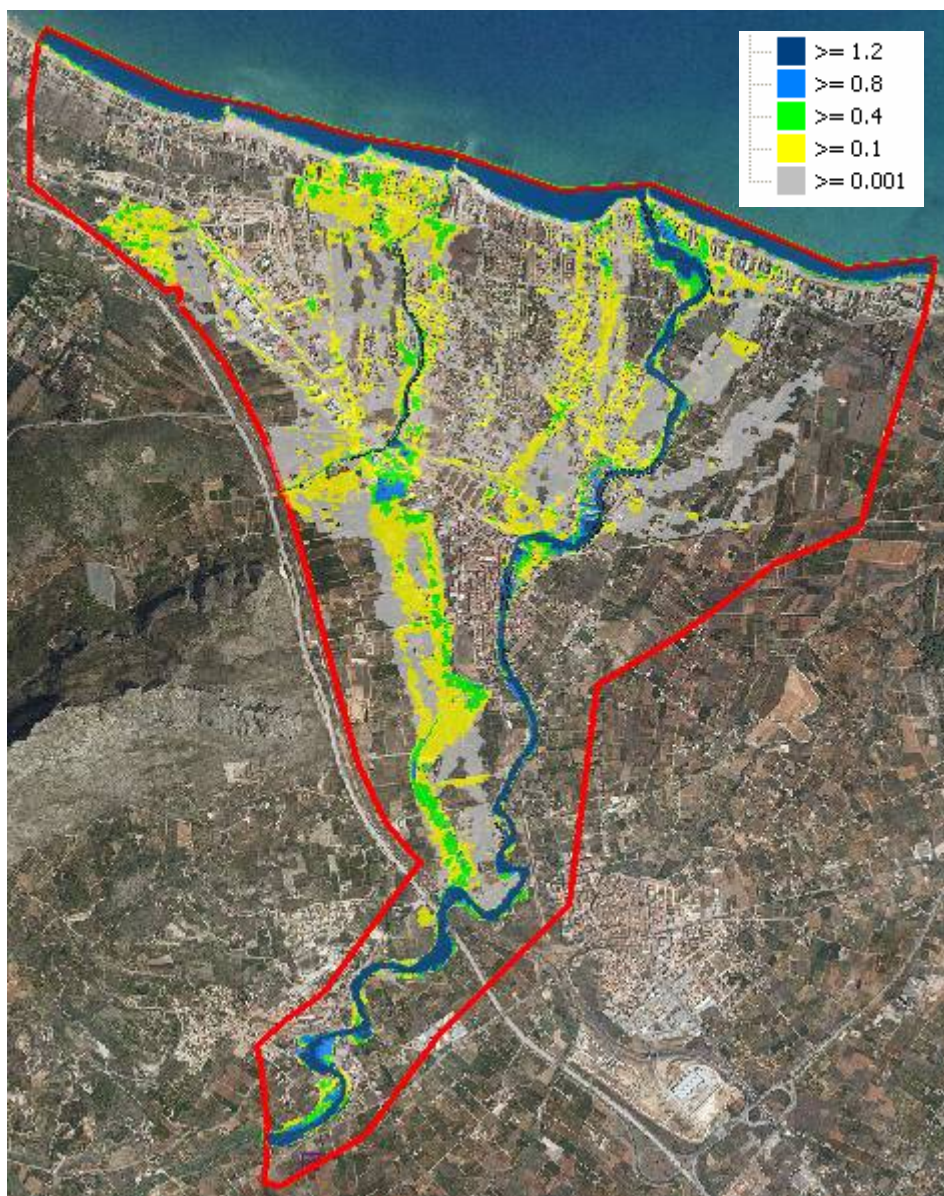


Figura 60: Simulación submodelo Girona para periodo de retorno T25.

En la siguiente figura se observa la ubicación de los paleocauces donde se puede comprobar en la simulación que las direcciones de los flujos desbordados siguen estas direcciones. El caudal máximo que desborda por margen izquierda hacia el barranc de Portelles es de $45 \text{ m}^3/\text{s}$.

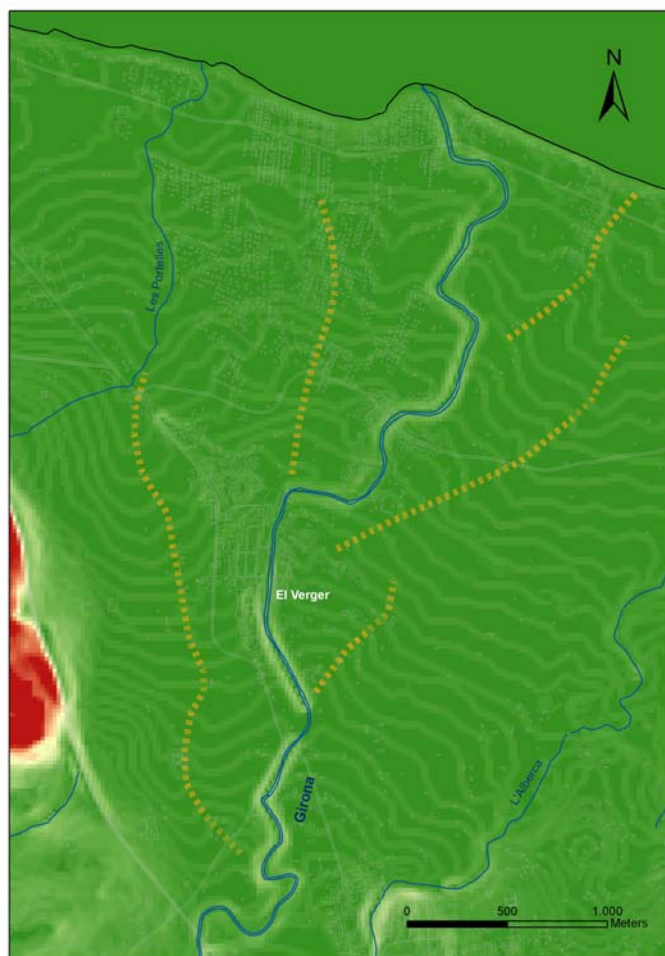


Figura 61: Paleocauces asociados a los abanicos del Pleistoceno superior y el Holoceno en el tramo final del Riu Girona según Ferrer (1997) y Segura (2009). (Fuente: estudio Geomorfológico)

En la siguiente figura se muestran las direcciones de flujo de los desbordamientos en la zona de El Verger

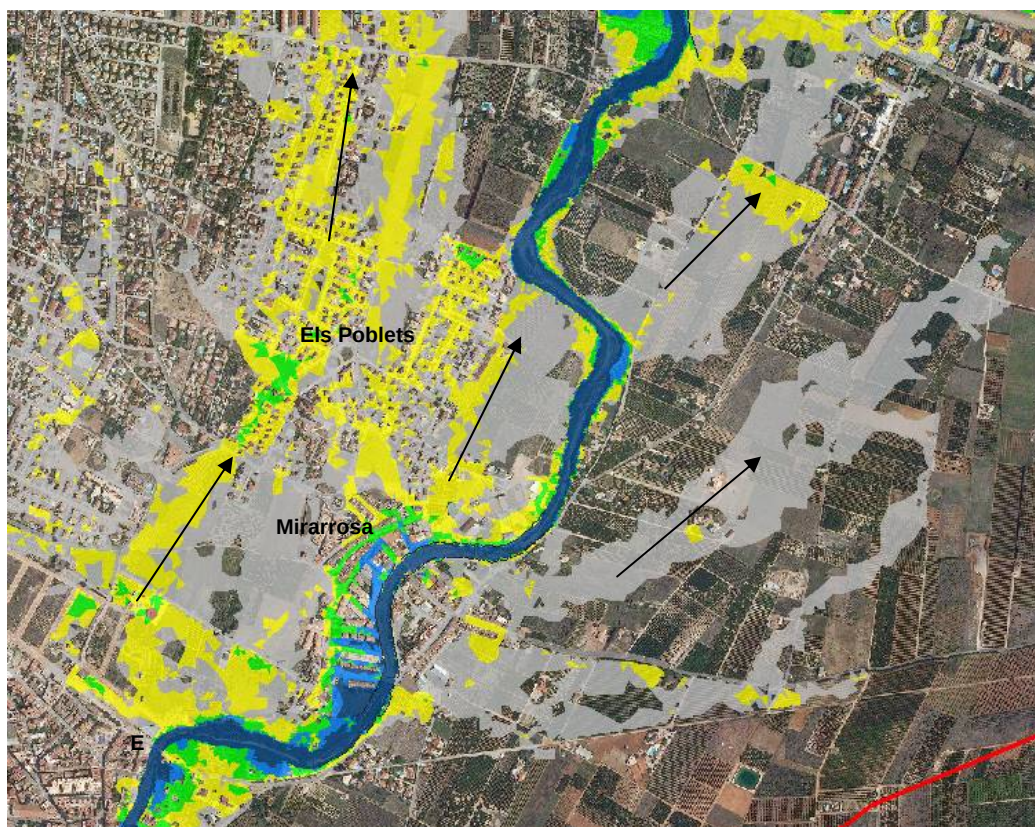


Figura 62: Detalle desbordamientos y direcciones del río Girona en zona de El Verger en T25.

En la zona de Beniarbeig no se producen afecciones en las urbanizaciones, la cota máxima del agua a la altura del puente es de 39 msnm.

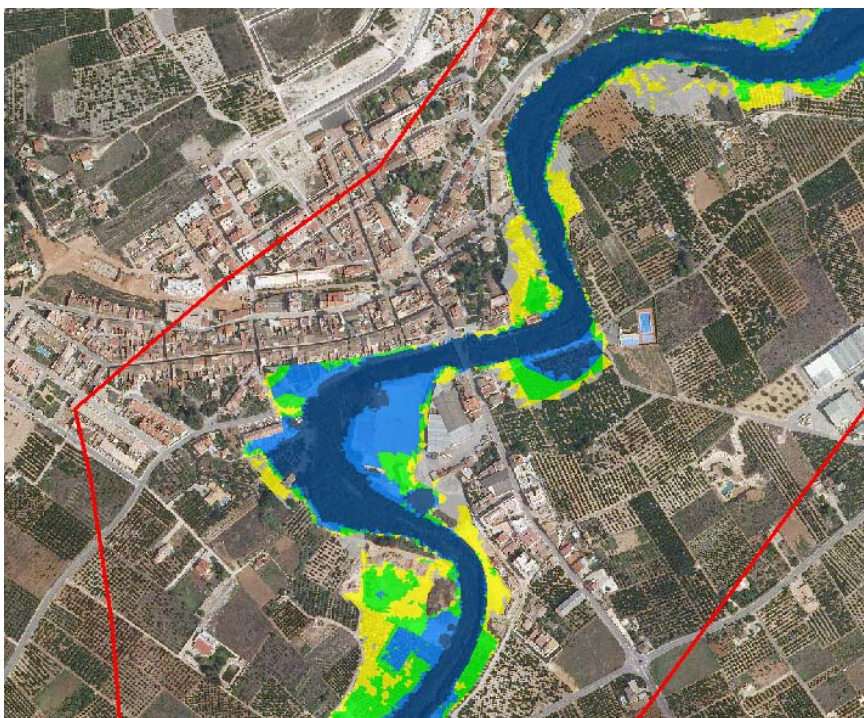


Figura 63: Detalle desbordamientos del río Girona en Beniarbeig para T25.

El barranco de Portelles no tiene capacidad suficiente, produciéndose desbordamientos tanto por margen derecha como por margen izquierda. En la siguiente imagen se puede ver la envolvente de calados máximos de la zona de entrada del modelo donde también se observan los caudales que le llegan de los desbordamientos del río Girona.

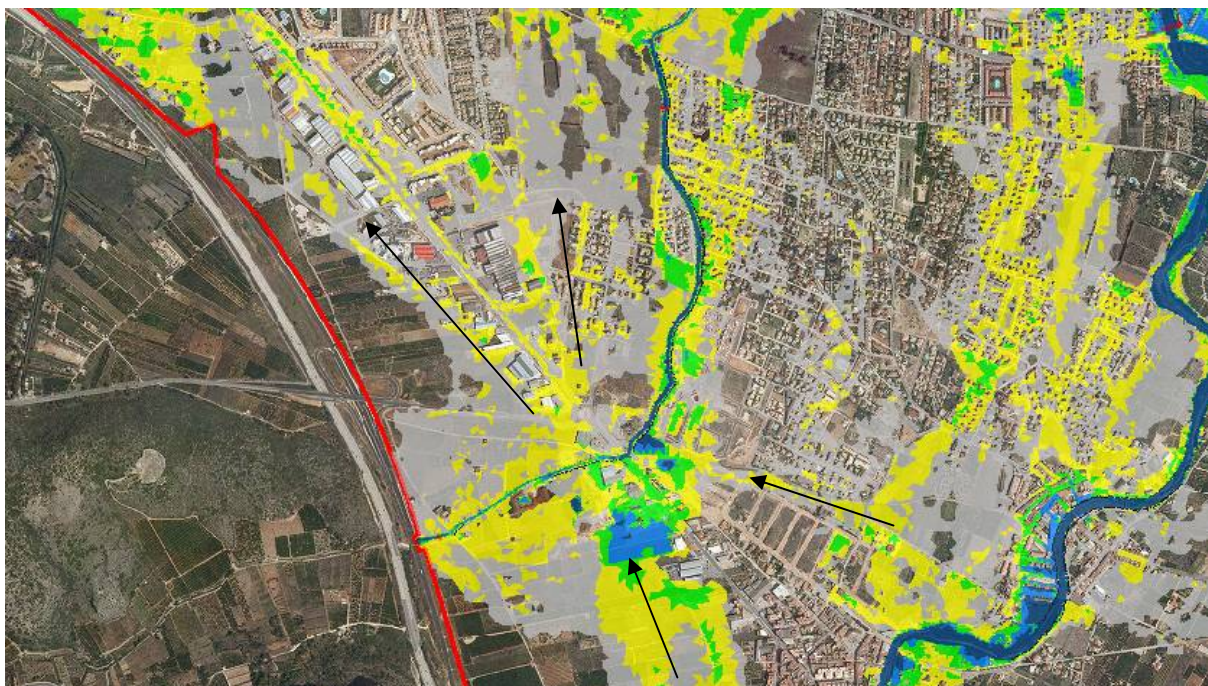


Figura 64: Detalle desbordamientos del barranc de Portelles para T25.

En la siguiente foto se muestra el barranco de Portelles tomada desde la entrada del modelo hacia aguas abajo. Se puede observar la falta de sección del barranco lo cual genera que se produzcan tan fácilmente los desbordamientos.



Foto 6: Muretes de contención en zona entrada del modelo en barrano de Portelles



Foto 7: Sección tipo del barranco de Portelles al inicio del modelo

La zona modelada del barranco es su zona litoral, como se puede ver en la siguiente figura se observa los posibles desbordamientos a partir de la autovía AP7

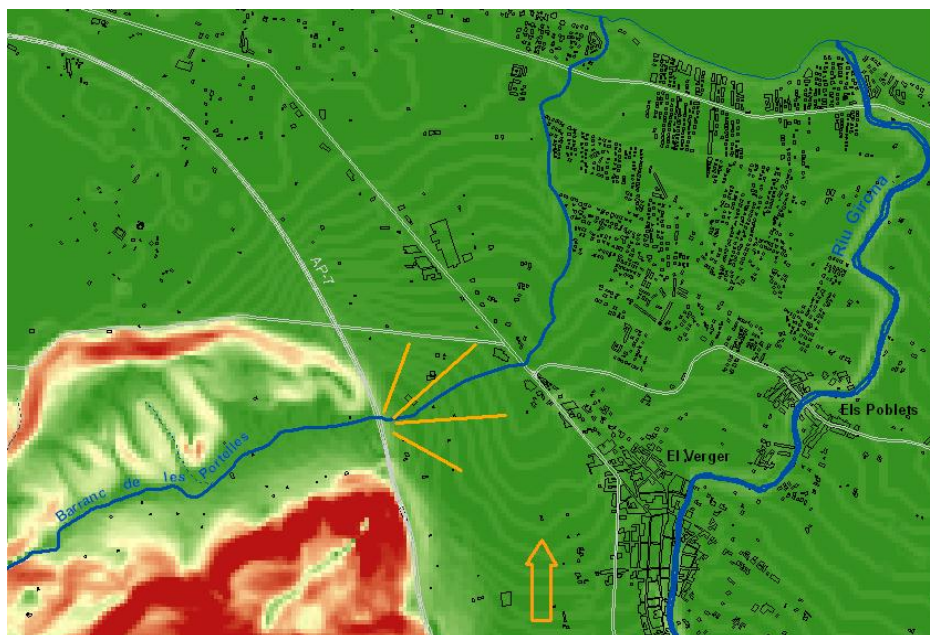


Figura 65: Topografía elaborada a partir de un MDE donde se destaca con líneas naranjas el cono aluvial del Barranc de les Portelles y con una flecha, la dirección de los flujos del Girona vehiculados por el paleocauce del Clot del Francés. (Fuente: Estudio Geomorfológico)

En la desembocadura del Portelles se producen desbordamientos por margen izquierda al igual que para T10 sumando aumentando los calados acumulados en la zona superando los 40 cm en algunos casos. Por margen derecha se le suman los

desbordamientos provenientes del Girona inundando la las urbanizaciones dels Poblets.



Figura 66: Detalle desbordamientos del barranc de Portelles para T25 en desembocadura.

6.1.4.3.- T50

Se analizarán separadamente los tres submodelos (Ondara, Denia1 y Girona) de la zona analizada

T050 – Ondara

Para T50 se producen desbordamientos del río Alberca afectando la zona de Ondara ubicada en la margen izquierda (ver en la figura siguiente), aguas arriba del pueblo se producen desbordamientos sin producirse afecciones a las infraestructuras pero si inundando edificaciones cercanas al mismo. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos para todo el ámbito de simulación.

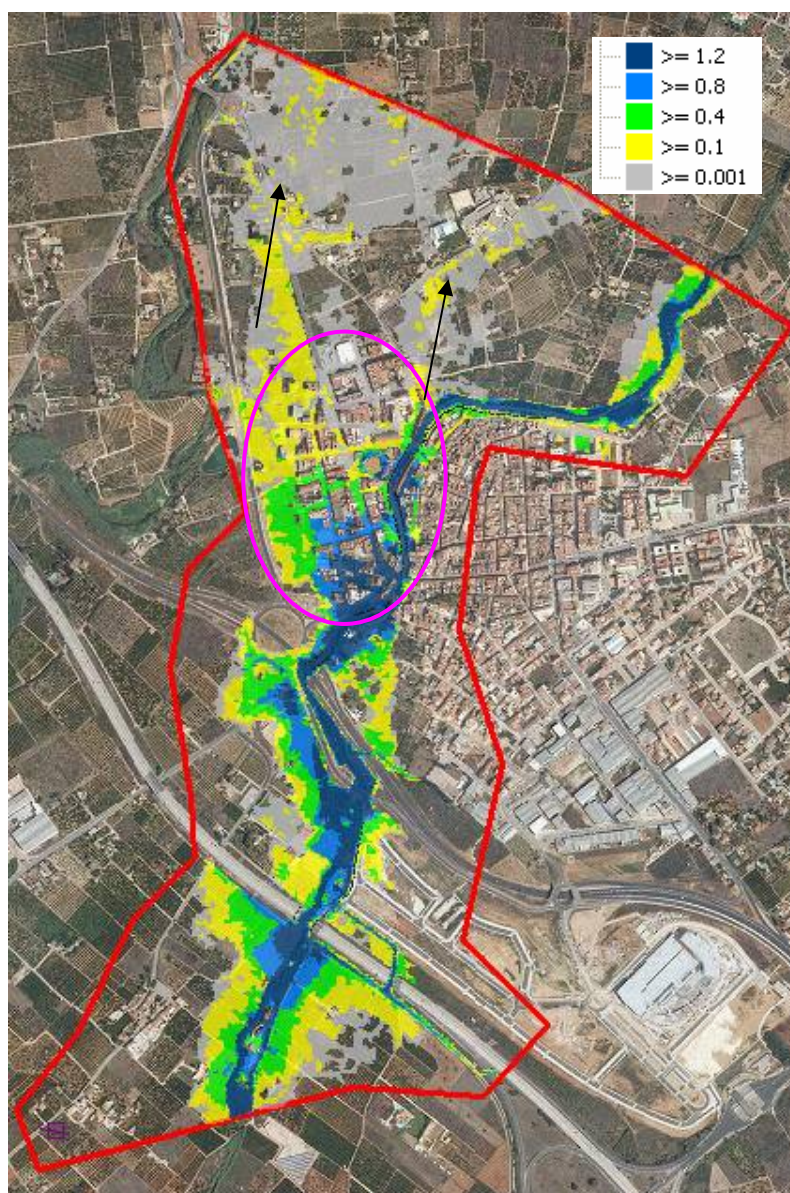


Figura 67: Simulación submodelo Ondara para periodo de retorno T50.

La carretera y la autovía ubicadas aguas arriba de Ondara, actúan como elementos protectores de avenidas laminándola reduciendo en $20 \text{ m}^3/\text{s}$ el caudal pico y retrasándolo 20 minutos.

Los desbordamientos por margen derecha se producen en la zona de la rampa de acceso al cauce inundando las calles más cercanas al barranco hasta que vuelven al mismo mas aguas abajo. El encauzamiento del barranco, al paso por Ondara, tiene capacidad suficiente para soportar una avenida de $150 \text{ m}^3/\text{s}$, pero debido a los desbordamientos aguas arriba, se producen los problemas detectados en estas simulaciones.

T050 – Denia1

En la zona de la desembocadura del Alberca se producen desbordamientos afectando las urbanizaciones costeras y la carretera de les Marines. Los desbordamientos se principales se generan por margen izquierda hasta llegar al la desembocadura de la vaguada del carrer del Llac de Sanabria con calados que superan los 120 cm. Aguas arriba de la carretera los desbordamientos inundando los campos colindantes afectando a viviendas aisladas. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos para todo el ámbito de simulación.

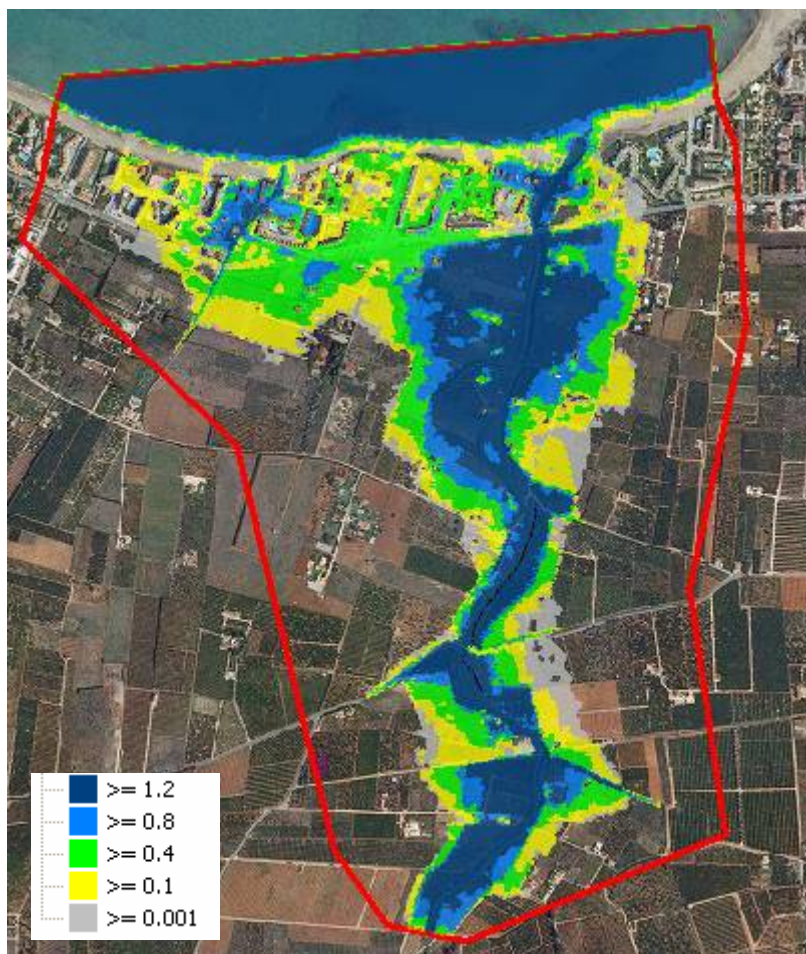


Figura 68: Simulación submodelo Denia1 para periodo de retorno T50.

T050 – Girona

Para este período de retorno se observa una clara conexión entre los flujos del río Girona y los del Portelles debido al paleocauce del Clot del Francés. Al igual que en el anterior período de retorno analizado las dos zonas con mayores problemas son los desbordamientos de margen izquierda hacia el Clot del Francés y a partir del Verger donde se producen desbordamientos generalizados tanto por margen derecha como izquierda buscando antiguos cauces que conducen las aguas al mar. En la siguiente

figura se muestra la envolvente de calados máximos para todo el ámbito de simulación.

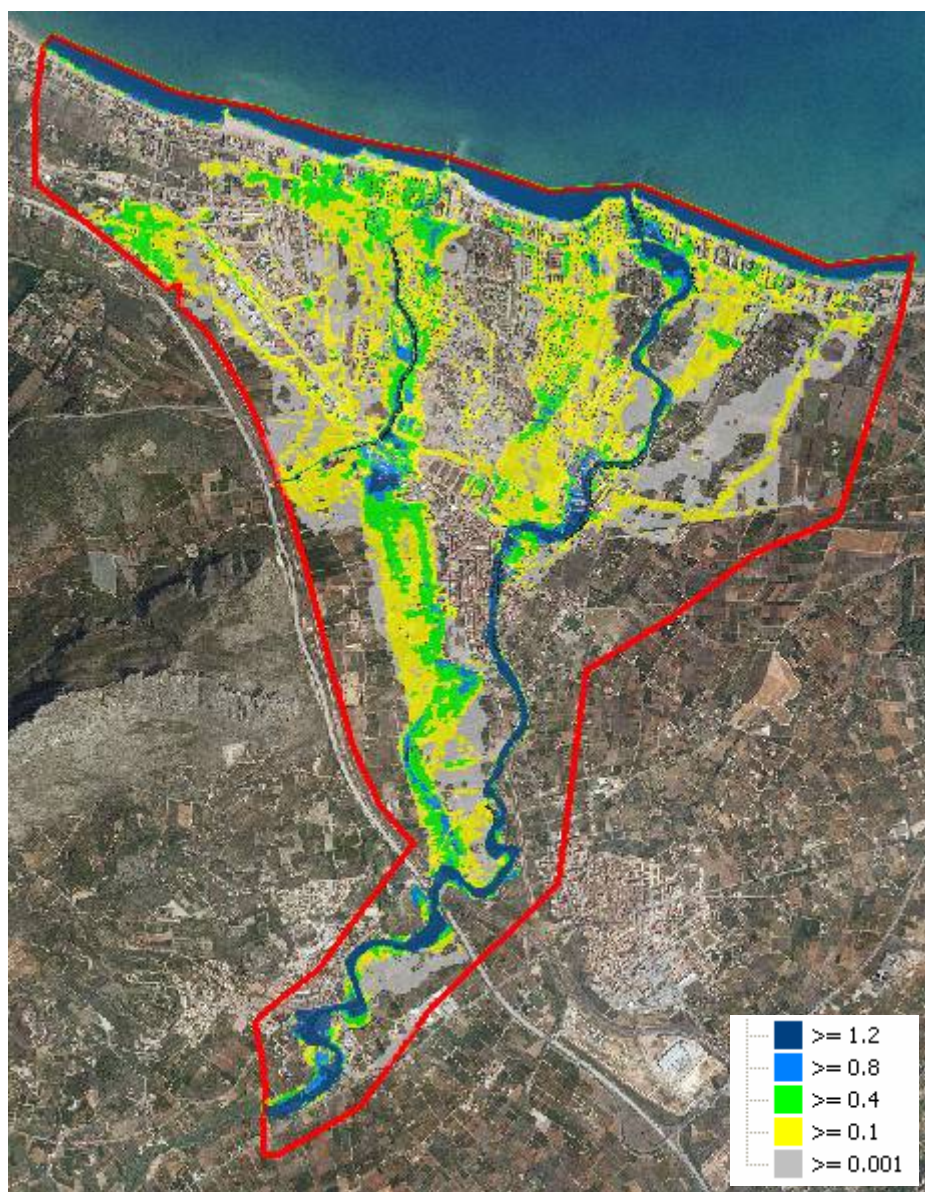


Figura 69: Simulación submodelo Girona para periodo de retorno T50.

En la zona más alta del río por el Beniarbeig comienzan los desbordamientos por margen derecha del río Girona. La cota máxima a la altura del puente es de 40 m.s.n.m., donde el tablero tiene una cota de 42 m.s.n.m. teniendo un resguardo de todavía 2 metros.

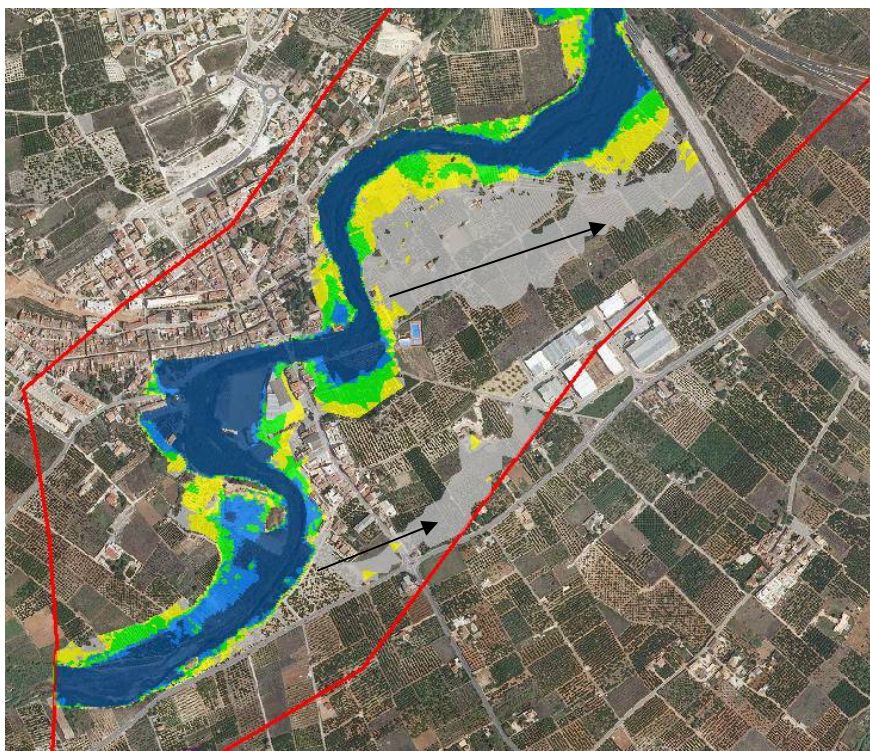


Figura 70: Detalle desbordamientos río Girona en Beniarbeig para periodo de retorno T50.

En la zona del barranc de Portelles se producen desbordamientos generalizados por la margen izquierda y por margen derecha se unen los desbordamientos del mismo con los provenientes del Girona. El caudal máximo proveniente del paleocauce del Clot del Francés es de $100 \text{ m}^3/\text{s}$ que se unen al barranco de Portelles 1 hora después del paso del caudal punta generado por su propia cuenca. EN la siguiente imagen se muestran las direcciones de flujo predominantes de los flujos desbordados junto con la envolvente de calados máximos en la zona estudiada.

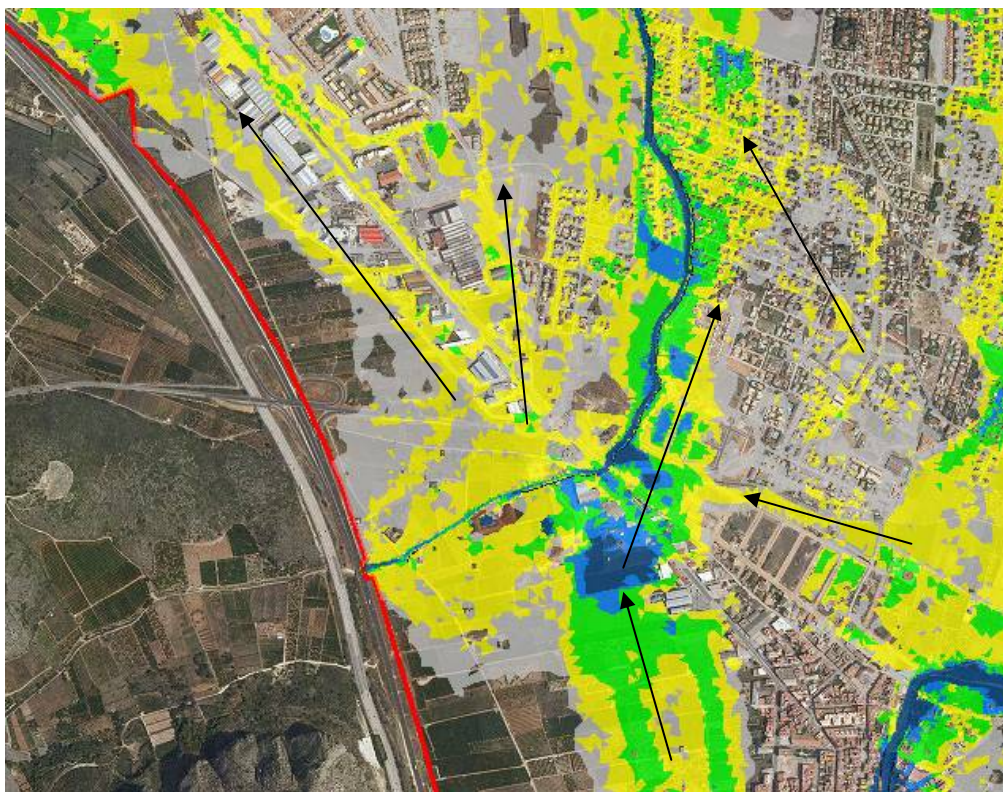


Figura 71: Detalle desbordamientos barranc de Portelles y llegada excedentes del río Girona por la derecha para periodo de retorno T50.

En la desembocadura del Portelles se puede observar que las aguas desbordadas por margen izquierda se dirigen hacia el oeste inundando las urbanizaciones costeras con calados superiores a los 40 cm.

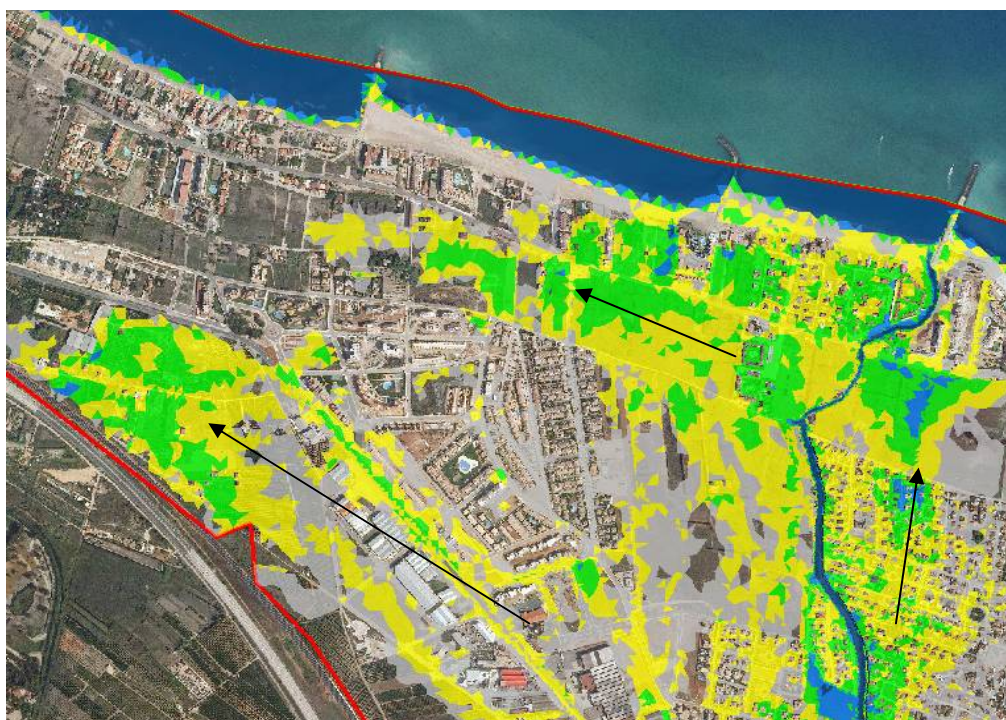


Figura 72: Detalle desbordamientos bco. de Portelles hacia el oeste para T50.

6.1.4.4.- T100

Debido a que no se han encontrado eventos donde en todas las entradas del modelo exista un mismo período de retorno cercano a 100 años se han seleccionado dos eventos que en cada una de las zonas de estudio generen por separado episodios de un período de retorno de 100 años. Los eventos son:

- **T100_1** : evento 3-1-633 que equivale a un período de retorno de 100 años en el barranc de la Alberca en su desembocadura (**Zona Denia1**).
- **T100_2** : evento 2-3-009 que equivale a un período de retorno de 100 años en el río **Girona**, barranc de Portelles y barranc de L'Alberca a la altura de **Ondara**.

En las siguientes imágenes se muestra la envolvente de calados máximos para las dos simulaciones.

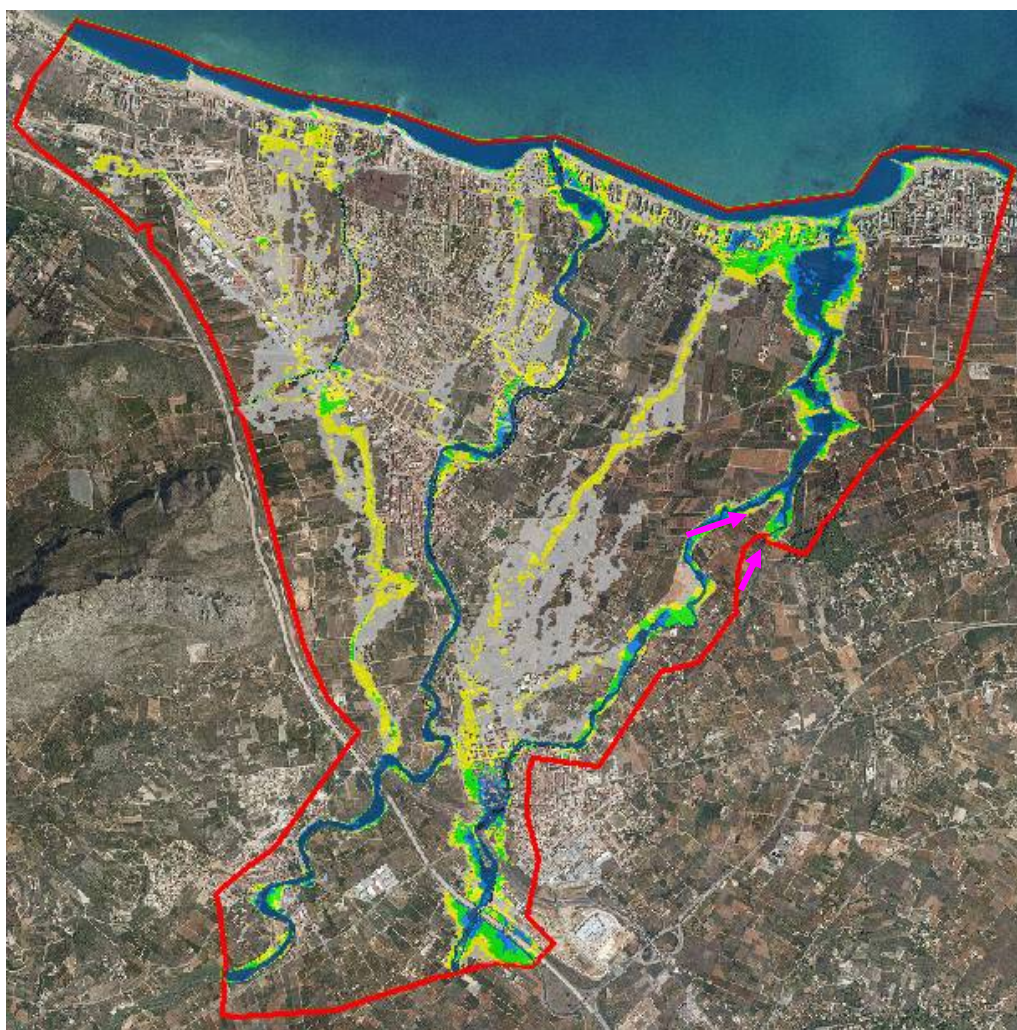


Figura 73: Simulación modelo Girona para T100 en desembocadura barranco de la Alberca. Evento 3-3-633 (Denia1)

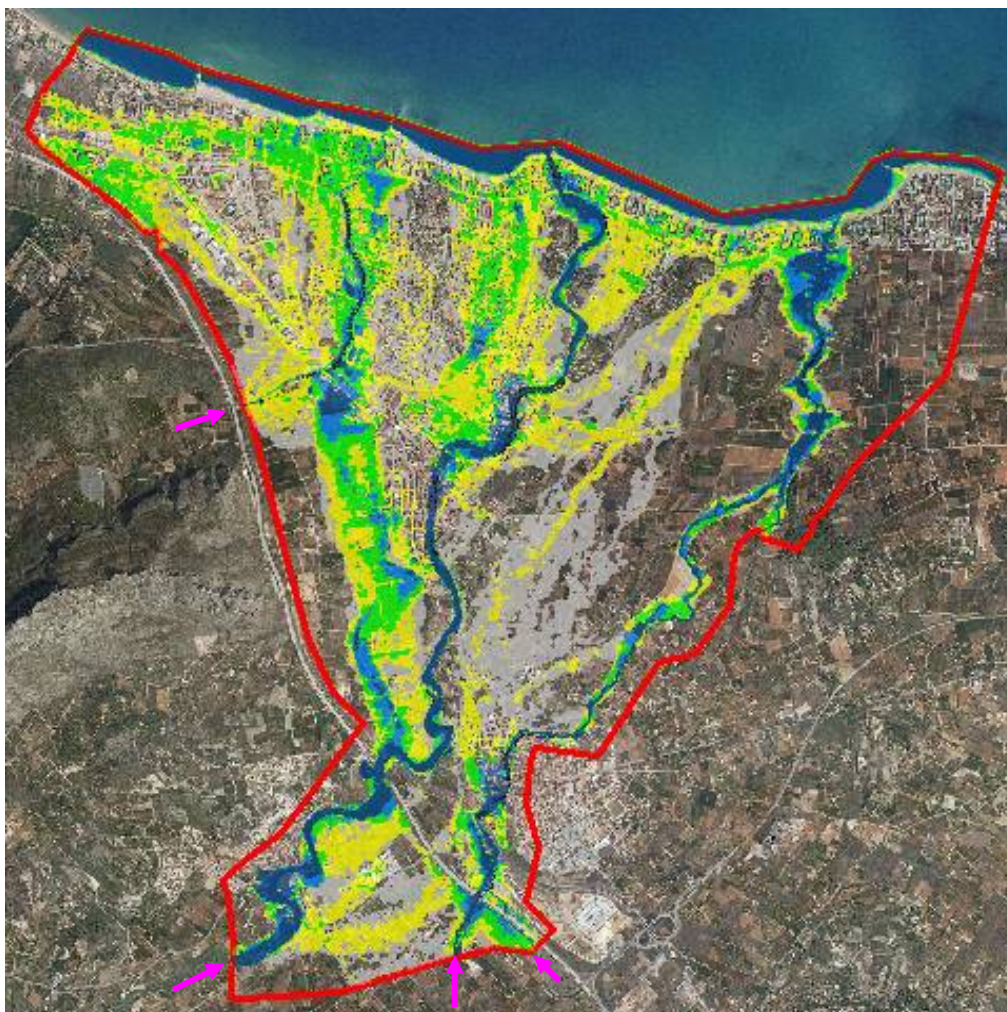


Figura 74: Simulación modelo Girona para periodo de retorno de T100. Evento 2-3-009 (Girona, Ondara y Portelles).

Con las dos simulaciones se calculan los calados máximos entre ellas en cada una de las celdas del modelo obteniendo el mapa de calados máximos para periodos de retorno de 100 años en toda la zona. En la siguiente figura se ve en azul las zonas donde los calados máximos son debidos al evento 3-3-633 (Denia1), en verde al evento 2-3-009 (Girona, Ondara y Portelles).

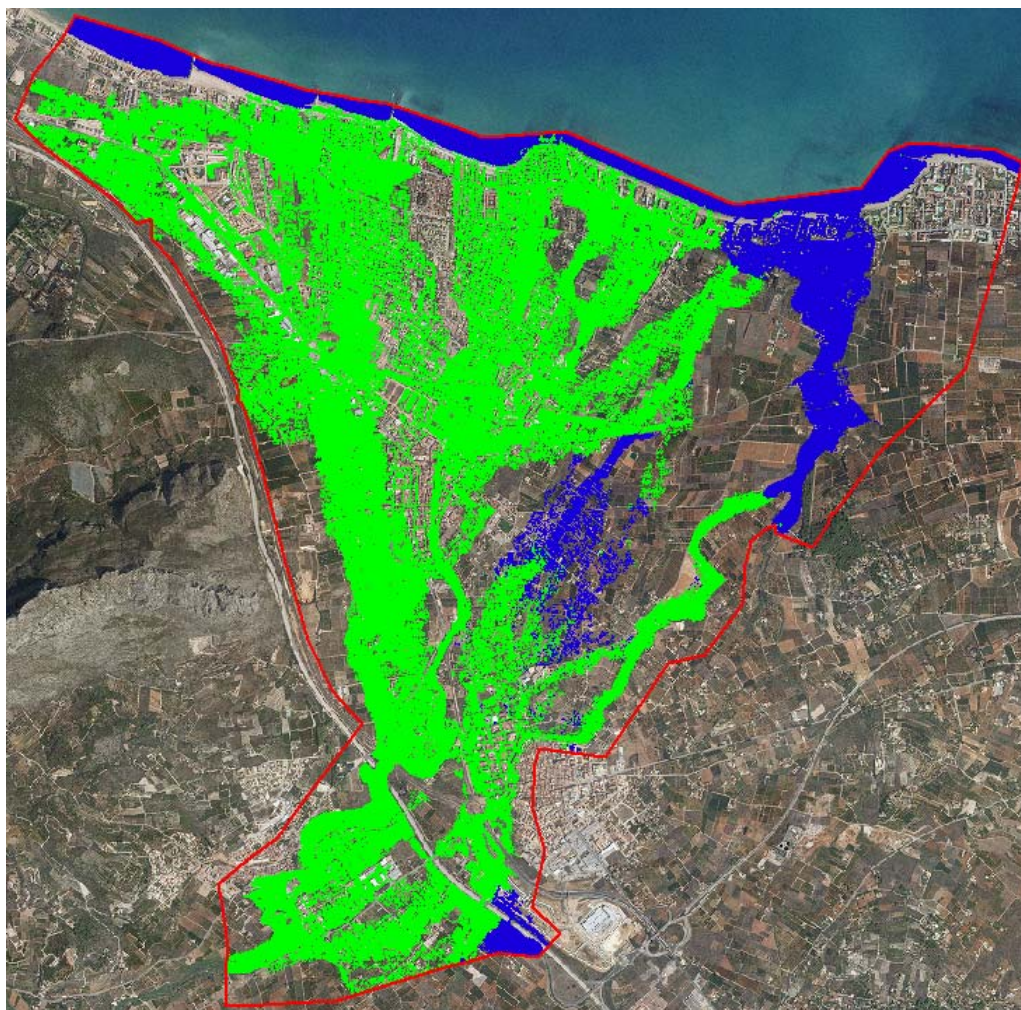


Figura 75: Envolvente eventos anteriores, en azul las zonas donde los calados máximos son debidos al evento 3-3-633 (Denia1), en verde al evento 2-3-009 (Girona, Ondara y Portelles).

En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos de la combinación de las dos simulaciones.

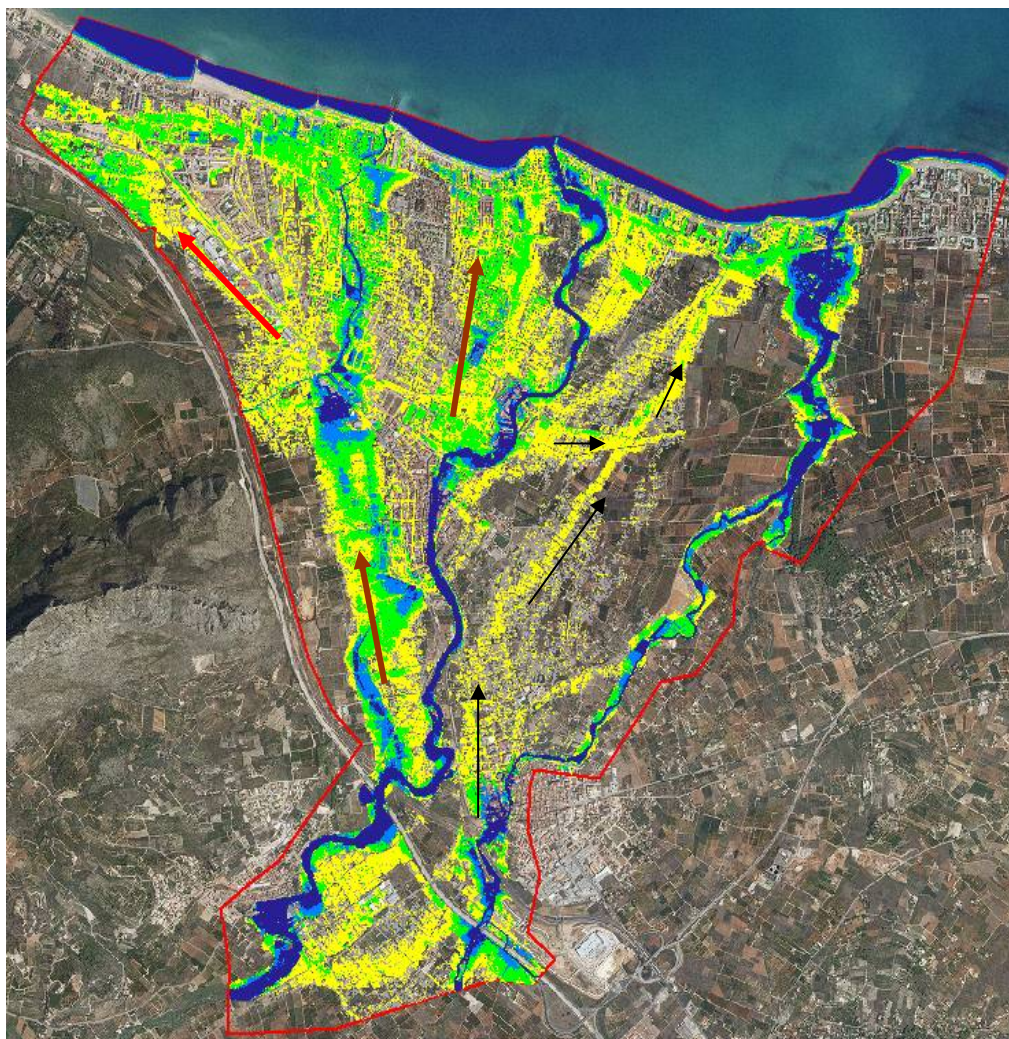


Figura 76: Principales zonas de desbordamientos en modelo Girona.

En la imagen anterior pueden observarse de forma general las principales zonas de desbordamientos de toda la zona simulada, donde se observa una interacción entre las tres zonas simuladas donde los desbordamientos del Alberca se unen con los del Girona en su desembocadura, y el Portelles con el Girona interactúan por los desbordamientos en el paleocauce del Clot del Francés.

En Ondara se producen inundaciones por la margen izquierda del barranco inundando toda la zona urbanizada de esa margen. En funcionamiento de los flujos desbordados en la zona es el mismo s que para T50 a diferencia que los caudales desbordados continúan hacia los campos hasta desembocar al mar uniéndose con los caudales provenientes del río Girona como lo indican las flechas negras en la imagen anterior.

En la zona de la desembocadura del Alberca se alcanzan calados que superan los 2 metros inundando gran parte de los campos ubicados aguas arriba de la carretera de les Marines sobrepasándola en inundando las urbanizaciones de la costa.

En el río Girona se producen desbordamientos por margen derecha al inicio del modelo dirigiéndose hacia el barranc del alberca uniéndose con los caudales provenientes de su cuenca. La cota máxima a la altura del puente de Beniarbeig es de 40.5 msnm. Se ven afectadas las viviendas ubicadas en la margen derecha del río.

Aguas abajo de la autovía AP7 se generan desbordamientos hacia el paleocauce del Clot del Francés llegando a un caudal máximo de 210 m³/s uniéndose luego con los desbordamientos del Portelles.

A partir del paso del río Girona por el Verger se producen inundaciones generalizadas con calados que superan los 40 cm afectando a toda la zona dels Poblets.

El barranc de Portelles no tiene capacidad suficiente desbordando desde el inicio e inundando toda la zona de las urbanizaciones cercanas al mismo. Gran parte de los caudales desbordados fluyen hacia el noroeste (ver flecha roja en figura anterior) sin encontrar salida al mar.

6.1.4.5.- T500

Debido a que no se han encontrado eventos donde en todas las entradas del modelo exista un mismo período de retorno cercano a 500 años se han seleccionado 3 eventos que en cada una de las zonas de estudio generen por separado episodios de un período de retorno de 500 años. Los eventos son

- **T500_1** : evento 1-1-102 que equivale a un período de retorno de 500 años en el barranc de les **Portelles**.
- **T500_2** : evento 3-3-043 que equivale a un período de retorno de 500 años en el Barranc de L'Alberca a en la desembocadura (zona **Denia1**) y en **Ondara**.
- **T500_3** : evento 2-3-016 que equivale a un período de retorno de 500 años en el río **Girona**.

En las siguientes imágenes se muestra la envolvente de calados máximos para las 3 simulaciones



Figura 77: Simulación modelo Girona para periodo de retorno de T500. Evento 1-1-102 (Portelles).



Figura 78: Simulación modelo Girona para periodo de retorno de T500. Evento 3-3-043 (Denia1-Desembocadura la Alberca).

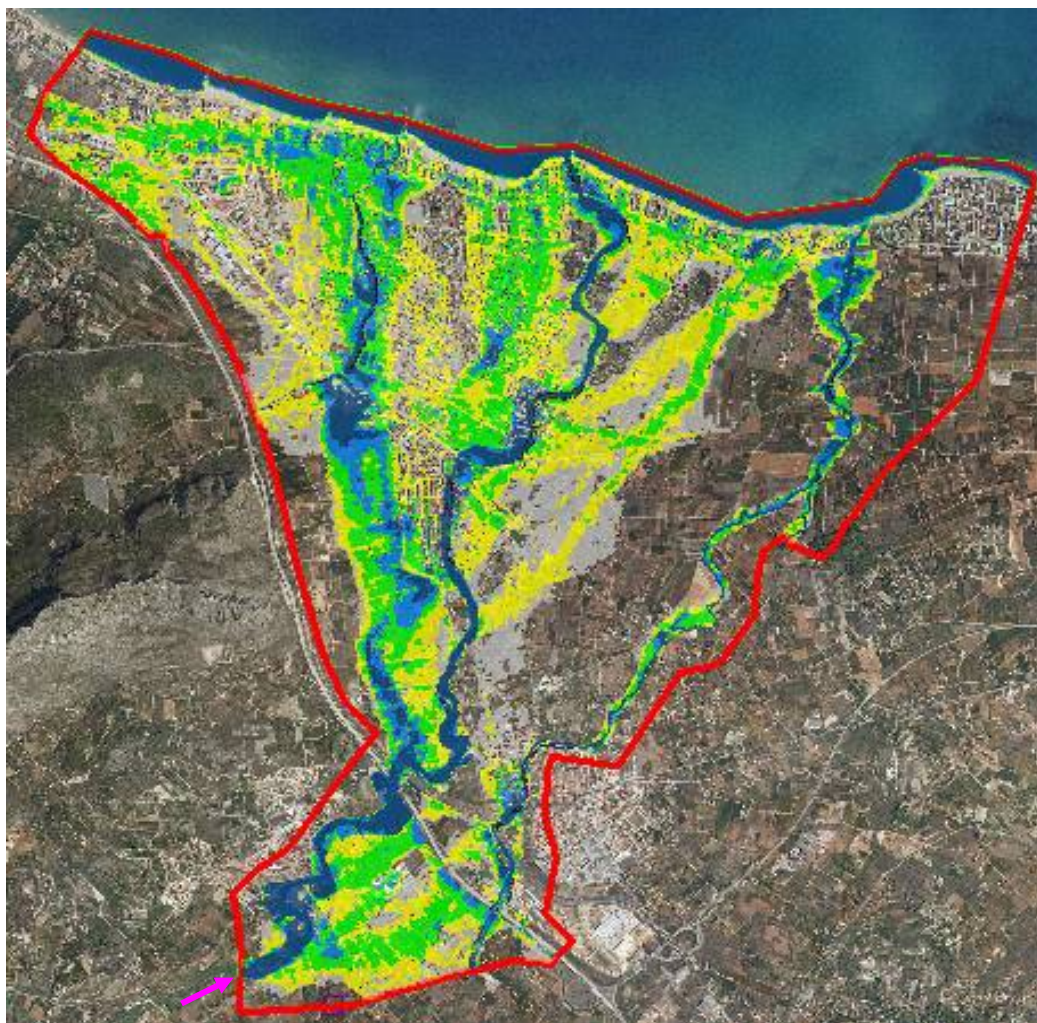


Figura 79: Simulación modelo Girona para periodo de retorno de T500. Evento 2-3-016 (río Girona)

Con las 3 simulaciones se calculan los calados máximos entre ellas para cada una de las celdas del modelo obteniendo el mapa de calados máximos para periodos de retorno de 100 años en toda la zona. En la siguiente figura se en azul las zonas donde los calados máximos son debidos al evento 1-1-102 (Portelles), en verde al evento 3-3-043 (Ondara y Denia1) y en rojo el evento 2-3-016 (Girona).

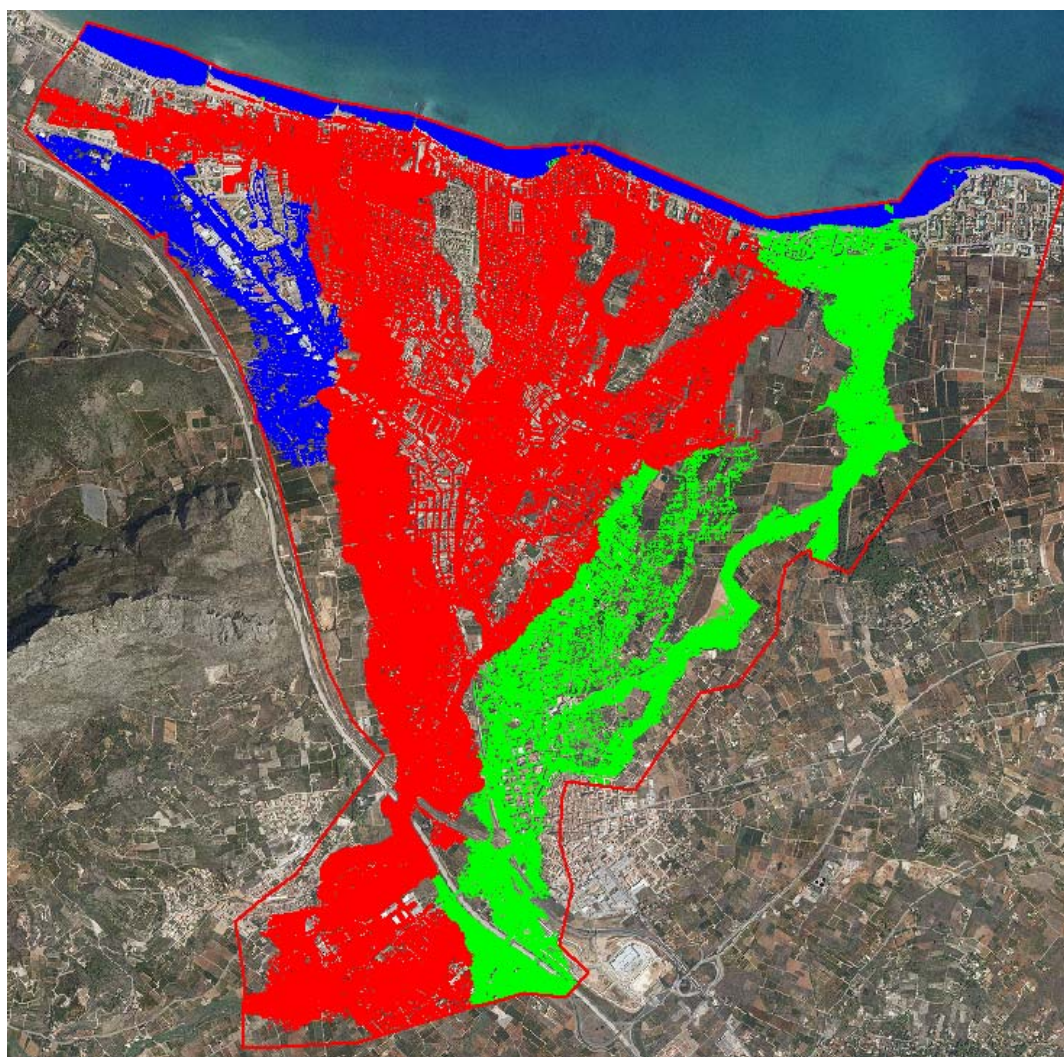


Figura 80: Envolvente de los tres eventos vistos para periodo de retorno de T500 en modelo río Girona.

En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos de la combinación de las 3 simulaciones.

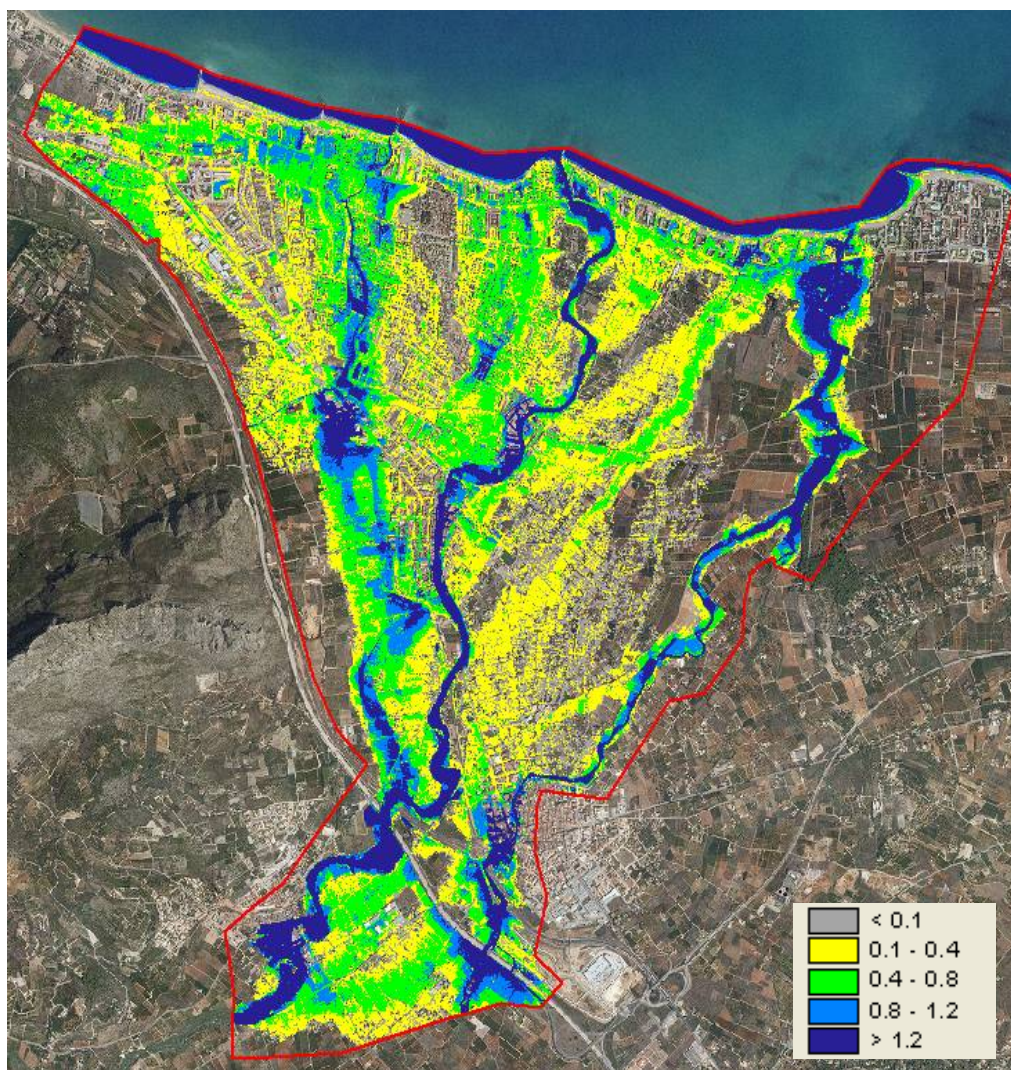


Figura 81: Envoltente calados máximos de los tres eventos vistos para periodo de retorno de T500 en modelo río Girona.

Se puede observar, al igual que para T100, que la zonas principales de inundación siguen las direcciones de los paleocauces del río Girona. Se producen inundaciones generalizadas en la zona afectando gran parte de los pueblos cercanos a los cauces y las urbanizaciones costeras.

6.2.- DENIA 2: BARRANCO DE L'ALTER

El modelo hidráulico Denia2 tiene como objetivo simular los flujos generados por el Barranco de L'Alter para diferentes períodos de retorno. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.



Figura 82: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.2.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (80 m^2 y 20 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 2 m^2 y un mínimo de 1 m^2 . En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar $1\text{m} \times 1\text{m}$) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

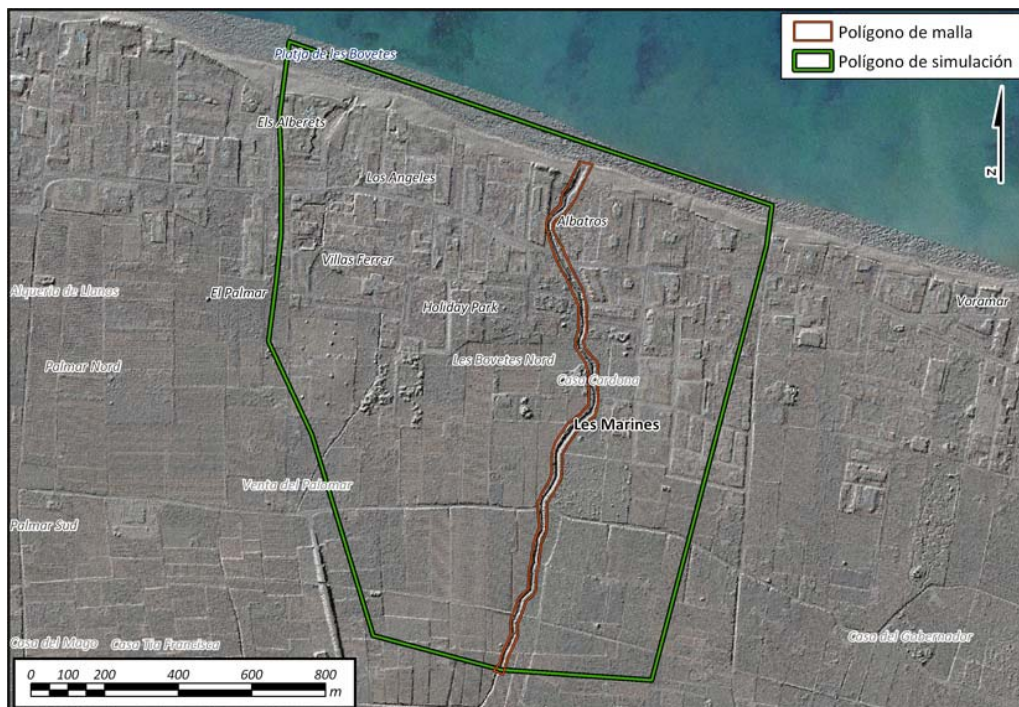


Figura 83: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 67253 triángulos y 35126 vértices. El área total de la zona modelada es de 1.7 km².

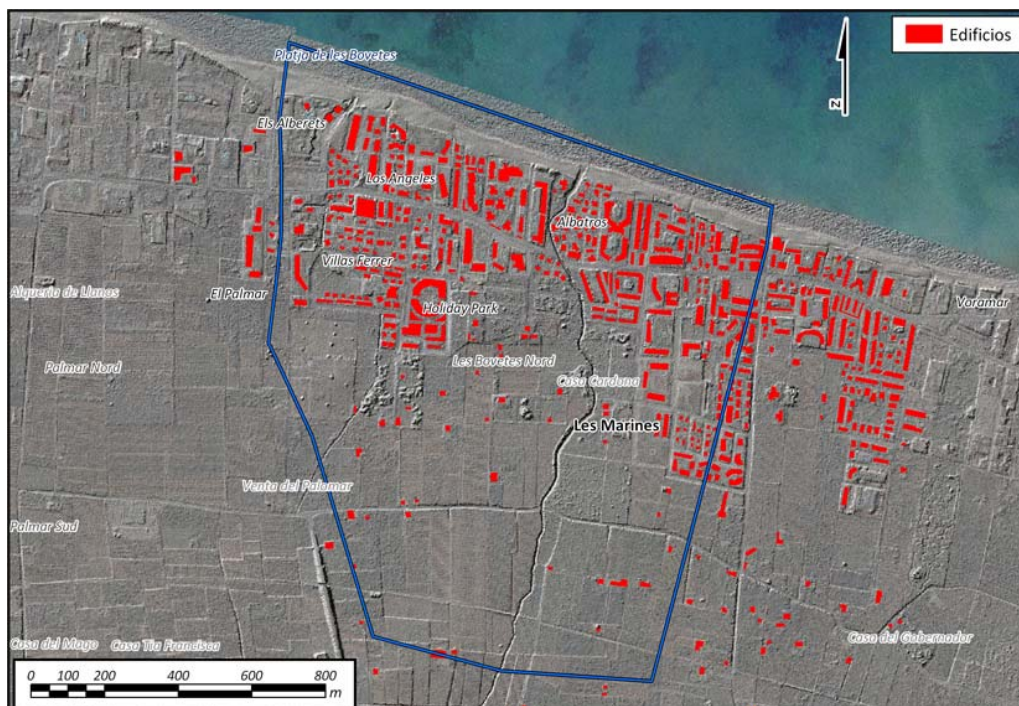


Figura 84: Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.

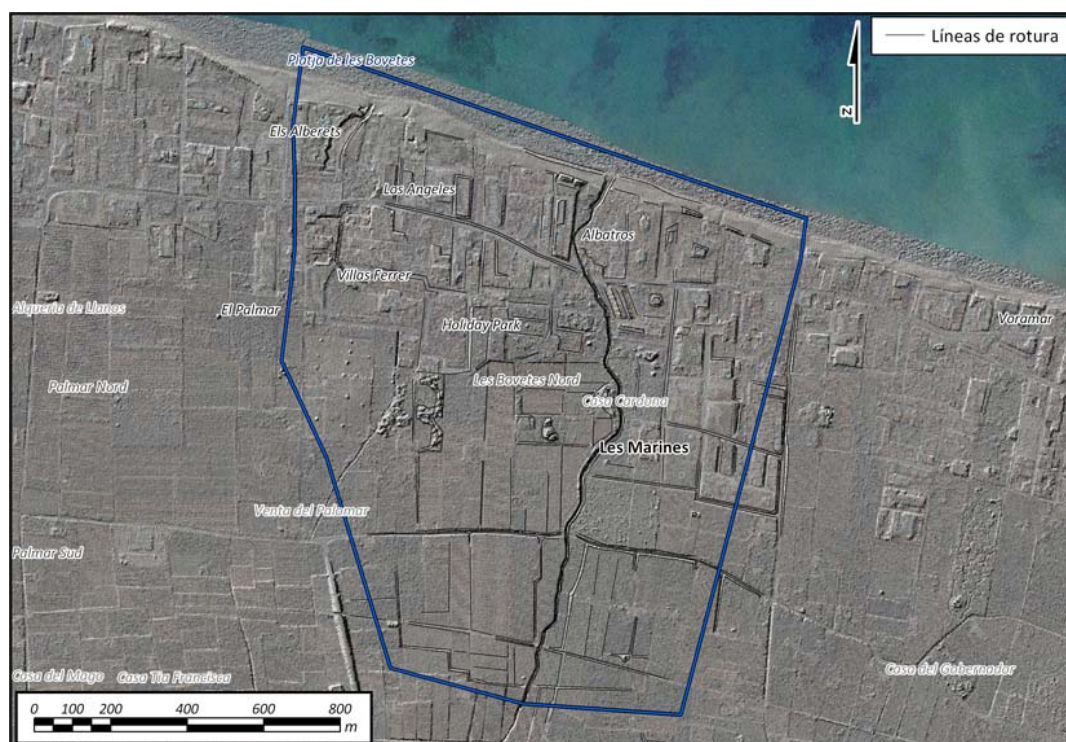


Figura 85: Líneas de rotura.

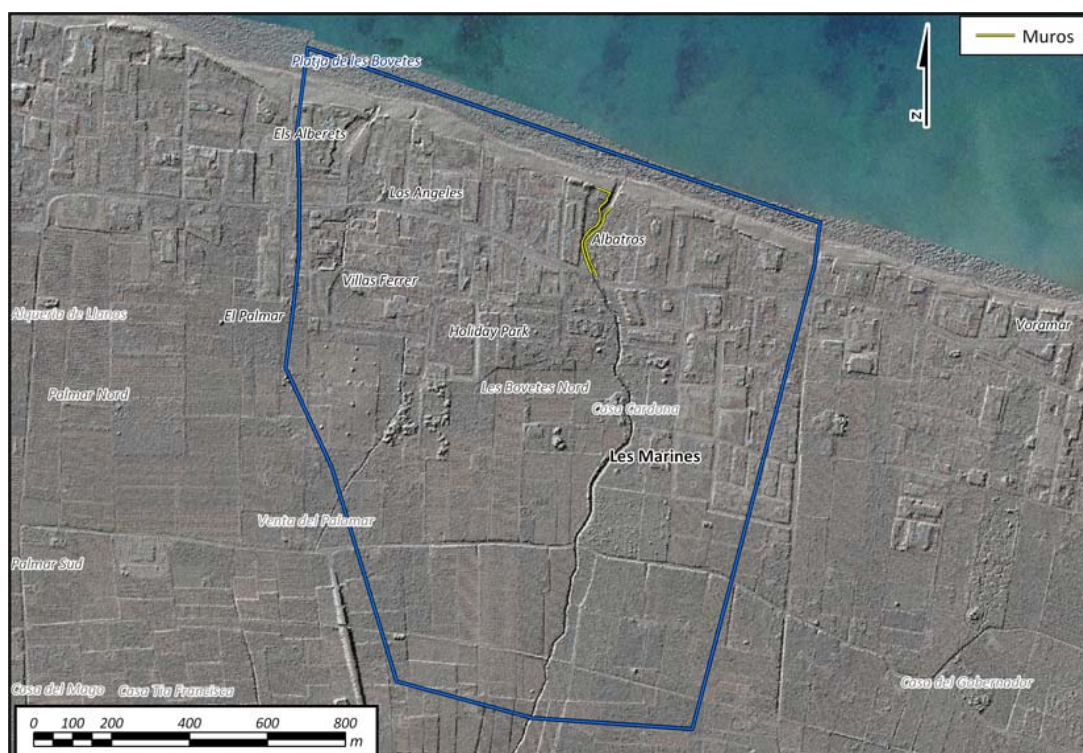


Figura 86: Muros.

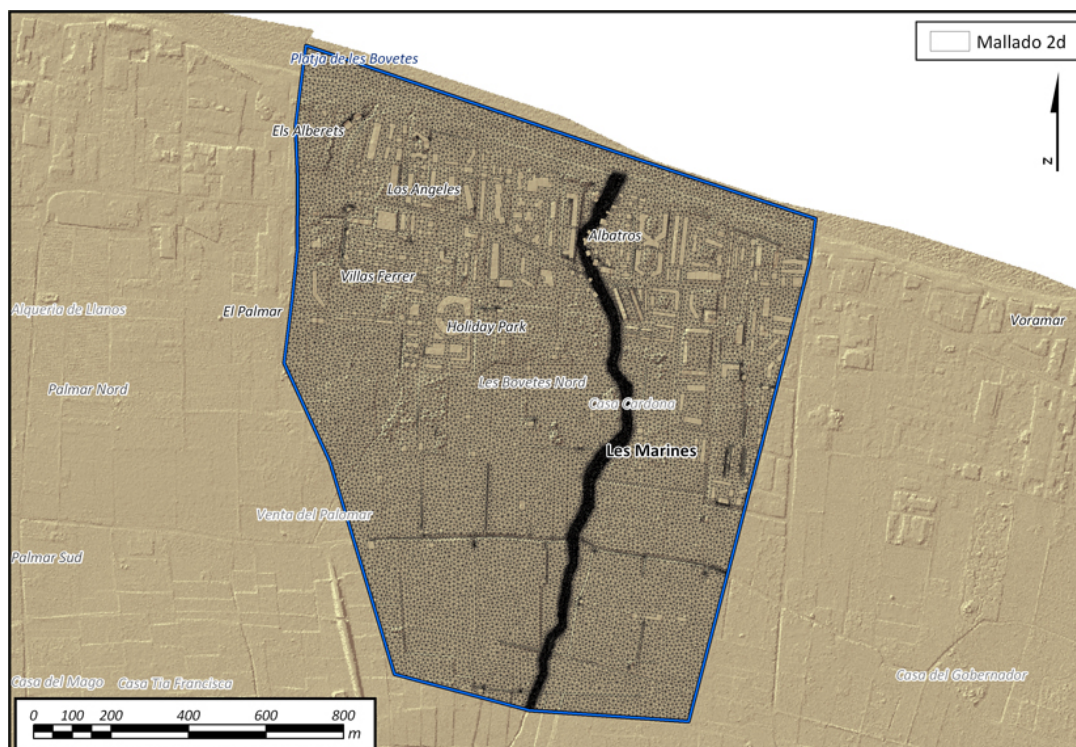


Figura 87: Malla triangular de simulación.

6.2.2.- Rugosidad

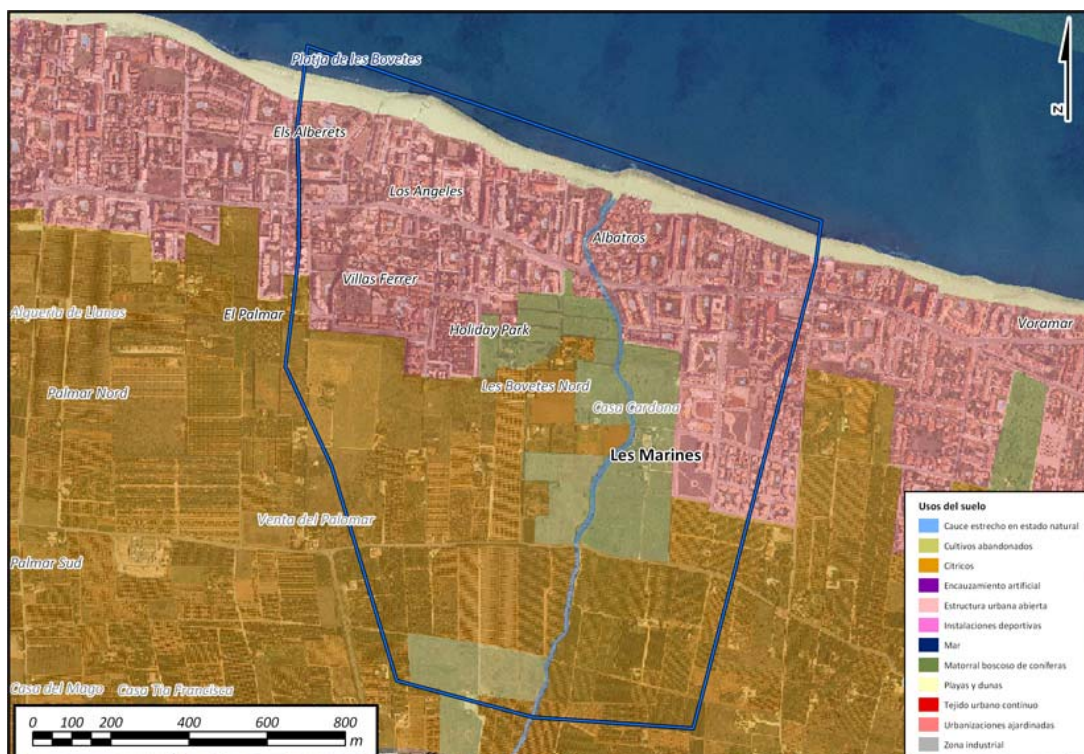


Figura 88: Polígono de rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la anterior figura se muestra el polígono de rugosidad y a continuación la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de Bridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 21: Relación usos del suelo con nº de Manning.

6.2.3.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del barranco del el Alter (Denia09d). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos

de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.



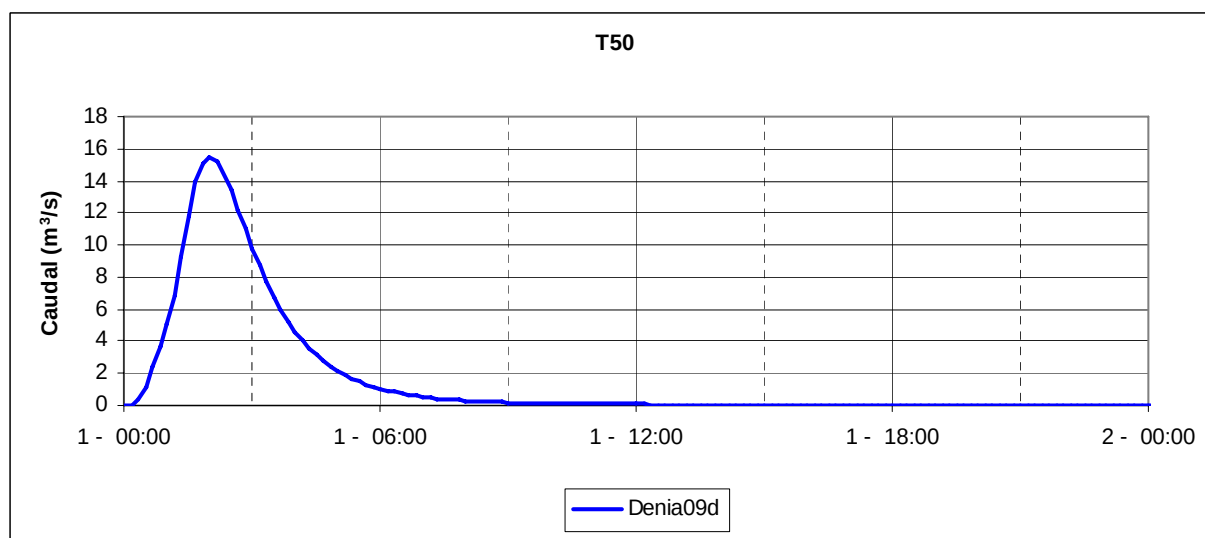
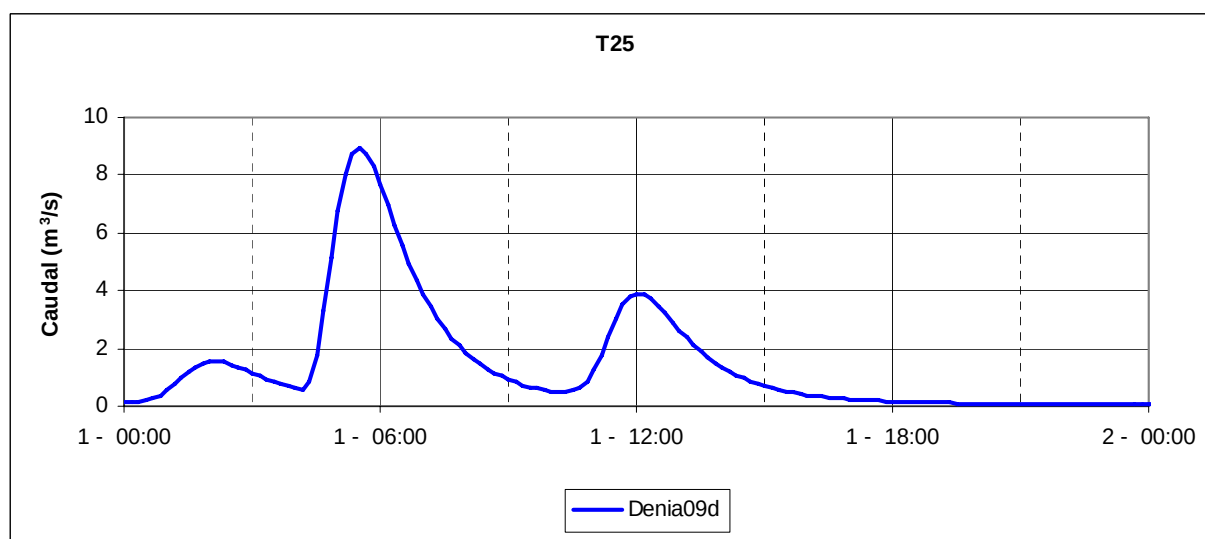
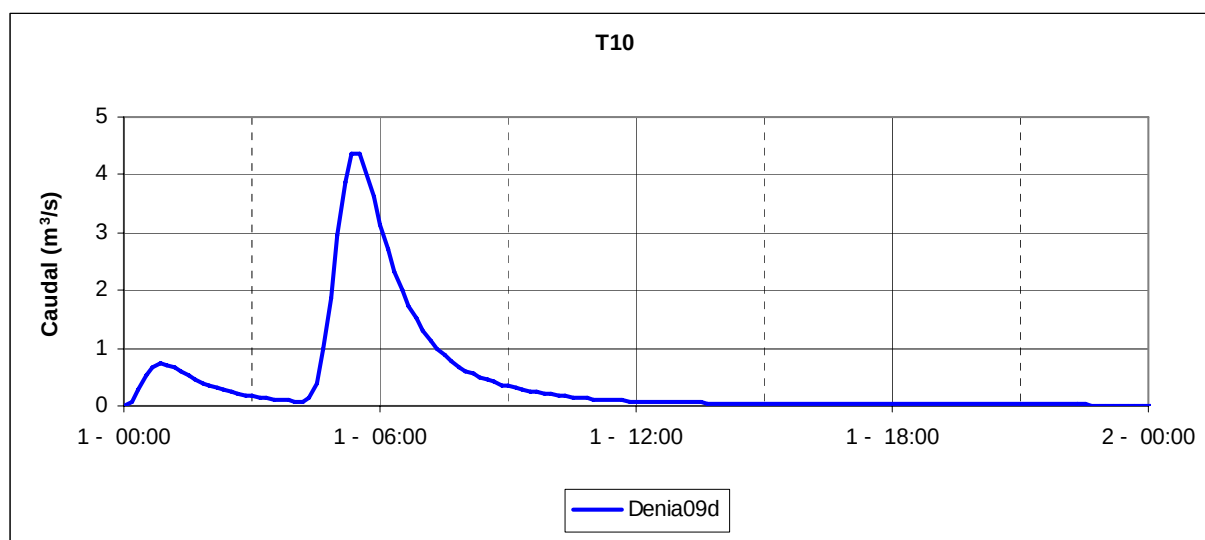
Figura 89: Condiciones de contorno e iniciales

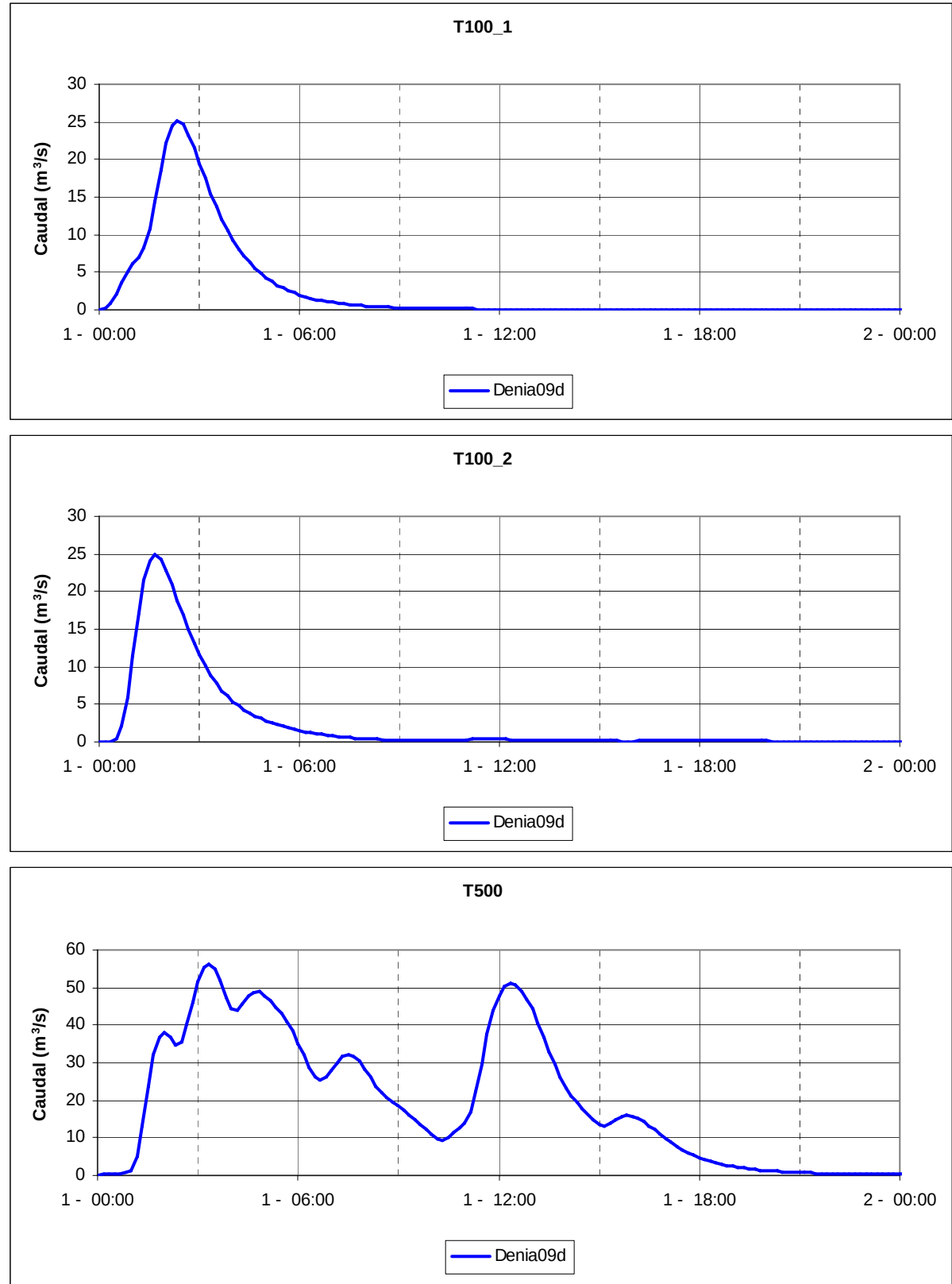
Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea para los 5 períodos de retorno analizados.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 22: Condición inicial de marea

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.





En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	1-1-118	3-3-036	3-2-192	2-2-007	3-1-142	2-3-066
	Caudal máximo (m3/s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Denia09d	4.4	9.0	15.5	25.2	24.8	56.3

Tabla 23: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.2.4.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

El Barranco de L'Alter tiene una capacidad, según el Lidar, de 5 m³/s, esto hace que se produzcan desbordamientos del barranco a partir de períodos de retorno de 25 años. Se producen los primeros desbordamientos en las proximidades de las carreteras CV730 y CV723. Se producen inundaciones generalizadas a lo largo de toda la franja costera vinculada por la carretera CV730 que actúa como elemento de propagación de la onda de inundación.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.2.4.1.- T10

Para el período de retorno de 10 años no se producen desbordamientos del barranco modelado. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.

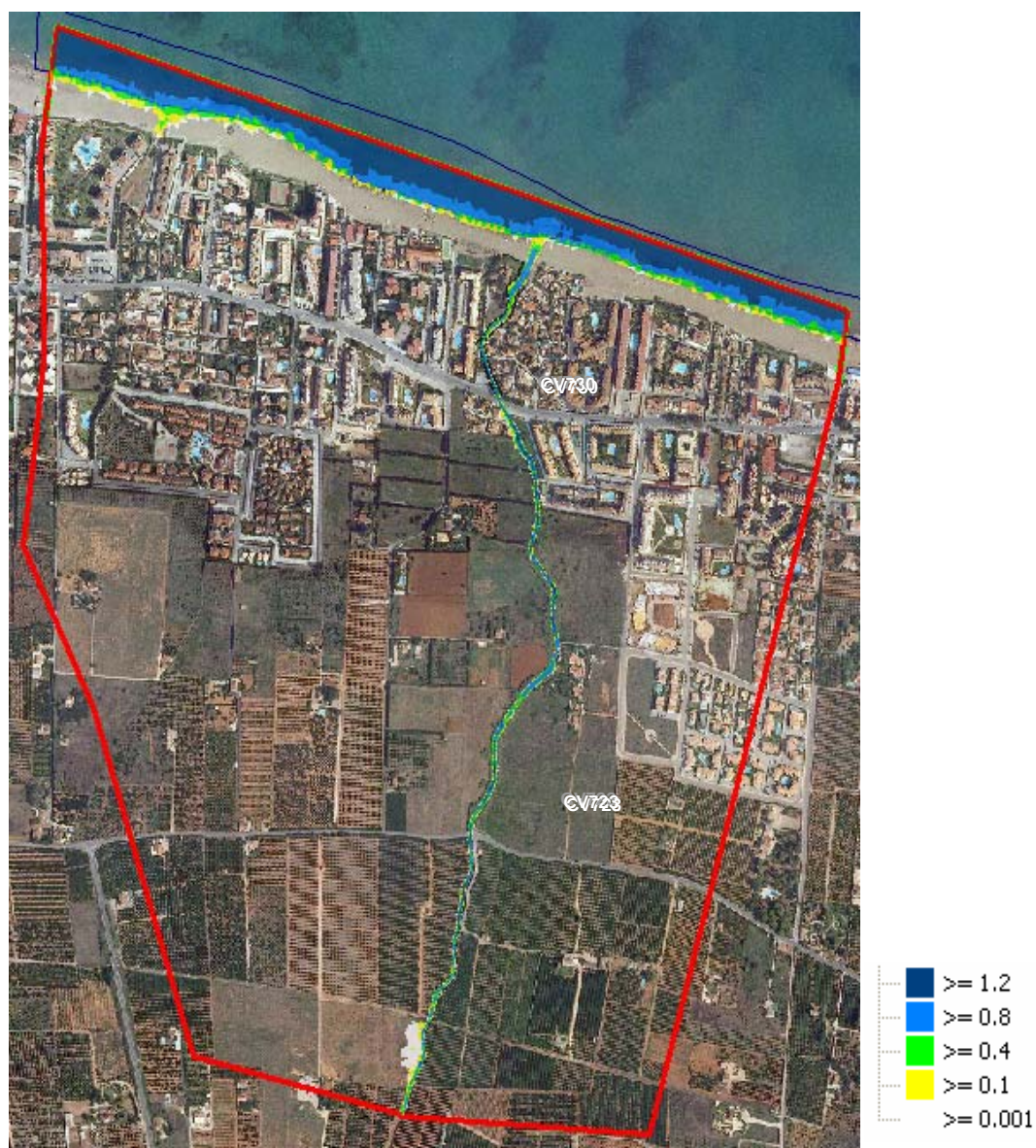


Figura 90: Simulación modelo barranco de l'Alter para periodo de retorno de T10.

6.2.4.2.- T25

Para período de retorno de 25 años se producen desbordamientos en las carreteras CV730 y CV723 al igual que en la desembocadura por margen izquierda del barranc de L'Alter. En la siguiente figura se muestran los la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

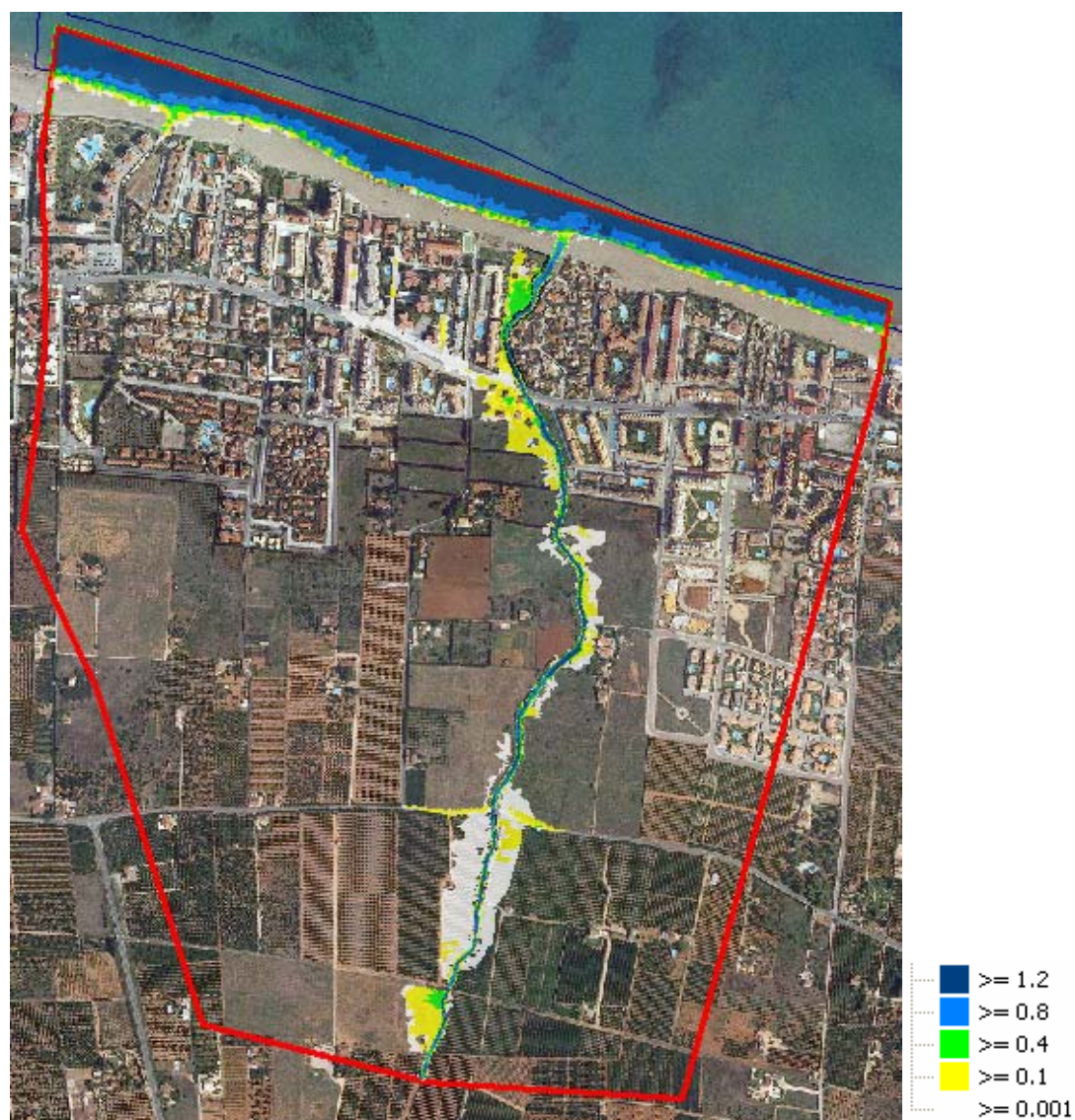


Figura 91: Simulación modelo barranco de l'Alter para periodo de retorno de T25.

En la siguiente figura se pueden observar los desbordamientos del barranco al paso por las carreteras donde no se superan los 40 cm de calado máximo.

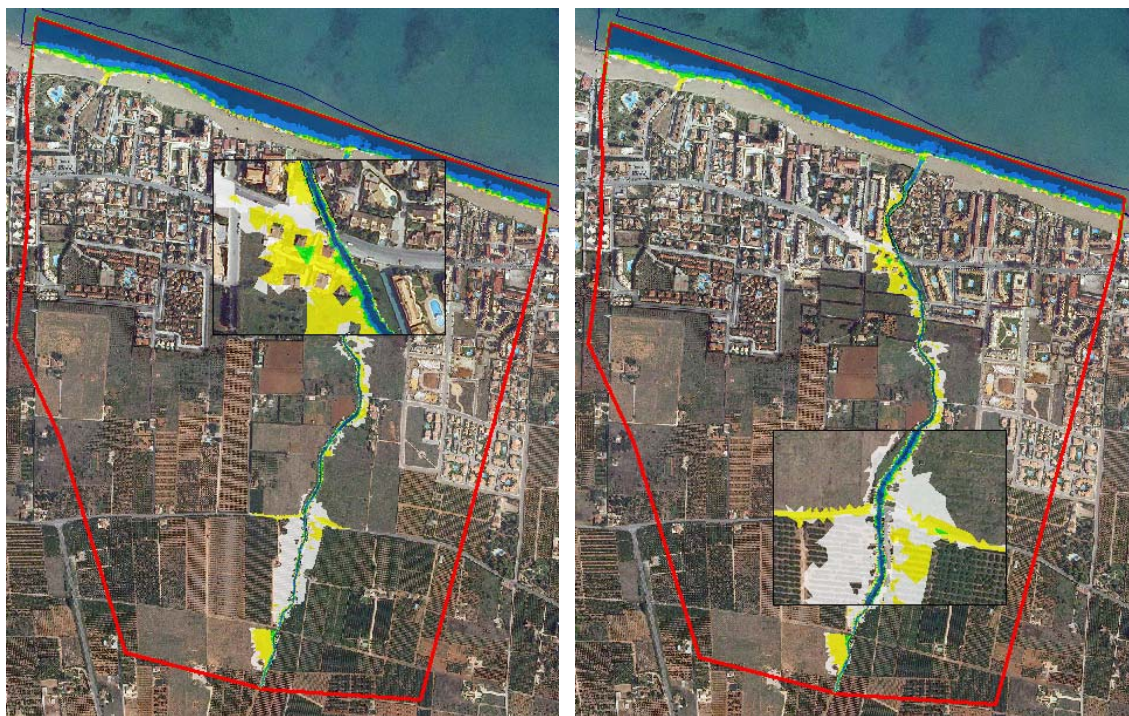


Figura 92: Detalle desbordamientos barranco de l'Alter para periodo de retorno de T25.

La siguiente figura muestra el encauzamiento del barranco a su paso por la CV730, la capacidad de este cauce según el lidar es de $5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Foto 8: Encauzamiento barranco de l'Alter junto a la CV-730.

6.2.4.3.- T50

Para este período de retorno se producen afecciones sobre la carretera CV723 y CV730 al igual que para 25 años. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo. Se señalan también las dos zonas donde se producen las mayores afecciones a viviendas. La zona 1 se encuentra en una curva hacia la izquierda del barranco con viviendas ubicadas en la margen derecha. La zona 2 se encuentra en la margen izquierda del barranco a su paso por la carretera CV730, se producen flujos sobre la carretera generando inundaciones en la margen izquierda del barranco con calados no superiores a los 40 cm.

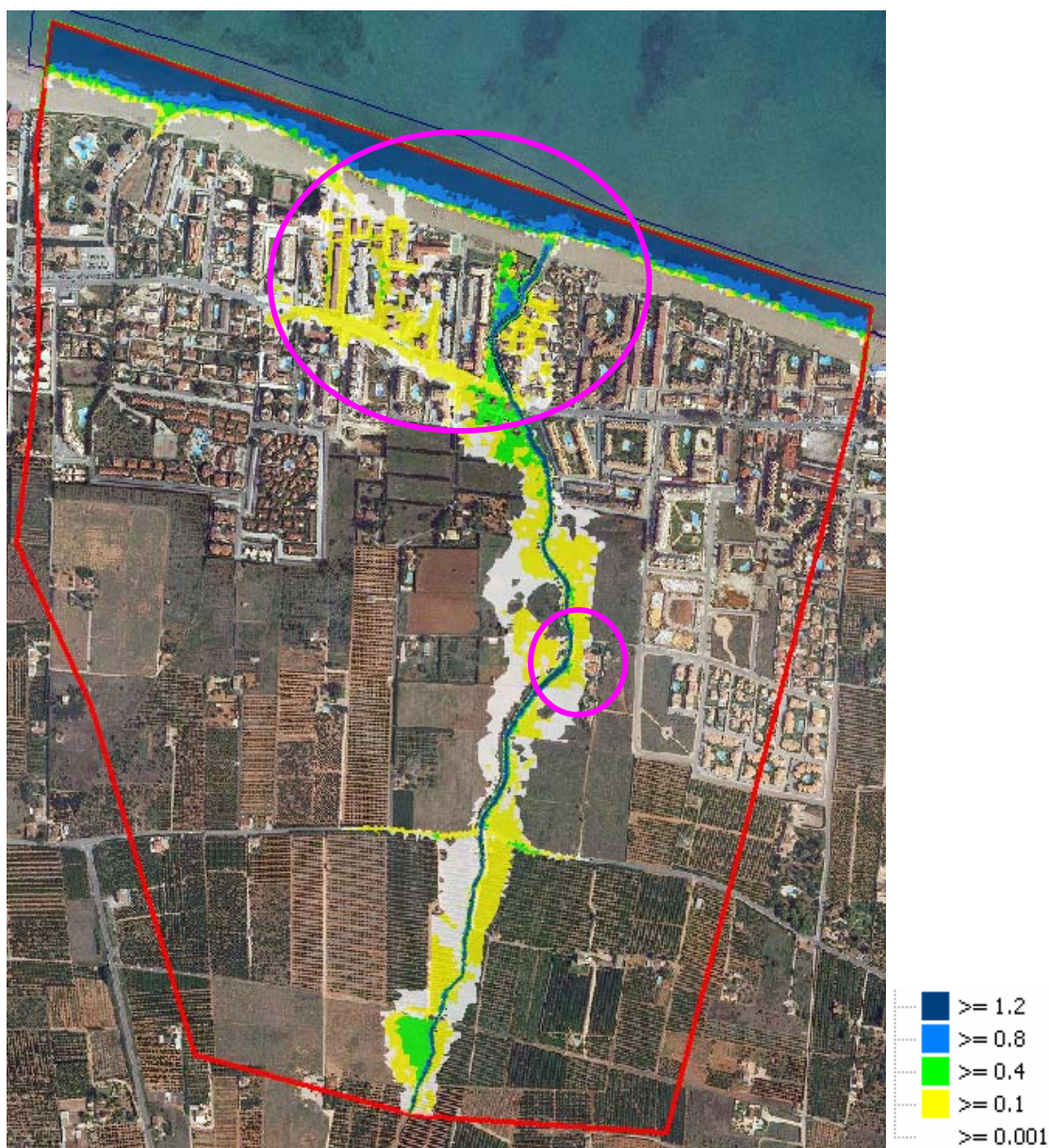


Figura 93: Simulación modelo barranco de l'Alter para periodo de retorno de T50.

6.2.4.4.- T100

Para 100 años de período de retorno se han simulado dos eventos 3-1-142 y 2-2-007 con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes.

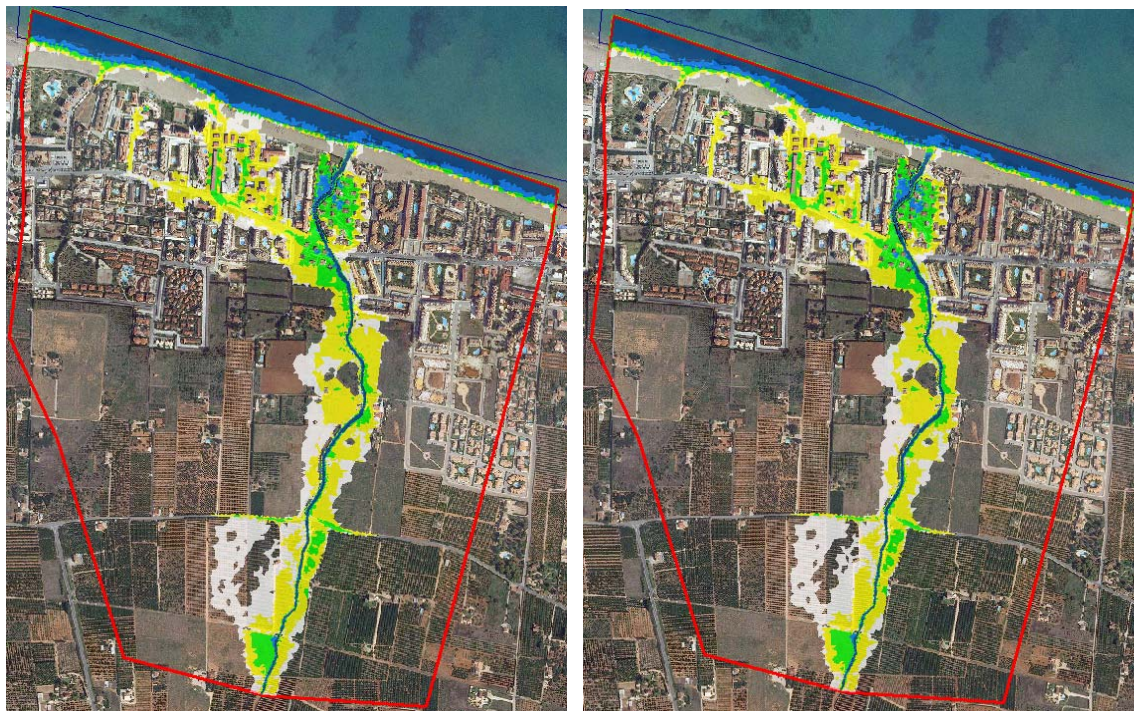


Figura 94: Simulación modelo barranco de l'Alter para eventos correspondientes a un periodo de retorno de T100.

Los mayores problemas detectados se producen en la desembocadura del barranco tanto en margen izquierda como derecha.

La carretera CV730 actúa como conductor de las aguas desbordadas aguas arriba dirigiéndolas hacia el oeste inundando viviendas alejadas del barranco.

Se puede observar que la capacidad del cauce es insuficiente a lo largo de todo el ámbito de simulación.

6.2.4.5.- T500

Para un período de retorno de 500 años se producen inundaciones con calados máximos superiores a los 40 cm a lo largo de toda la costa. En las inmediaciones del barranco los calados superan los 80 cm. En la siguiente figura se pueden ver estas dos zonas y los calados máximos en toda la extensión del modelo.

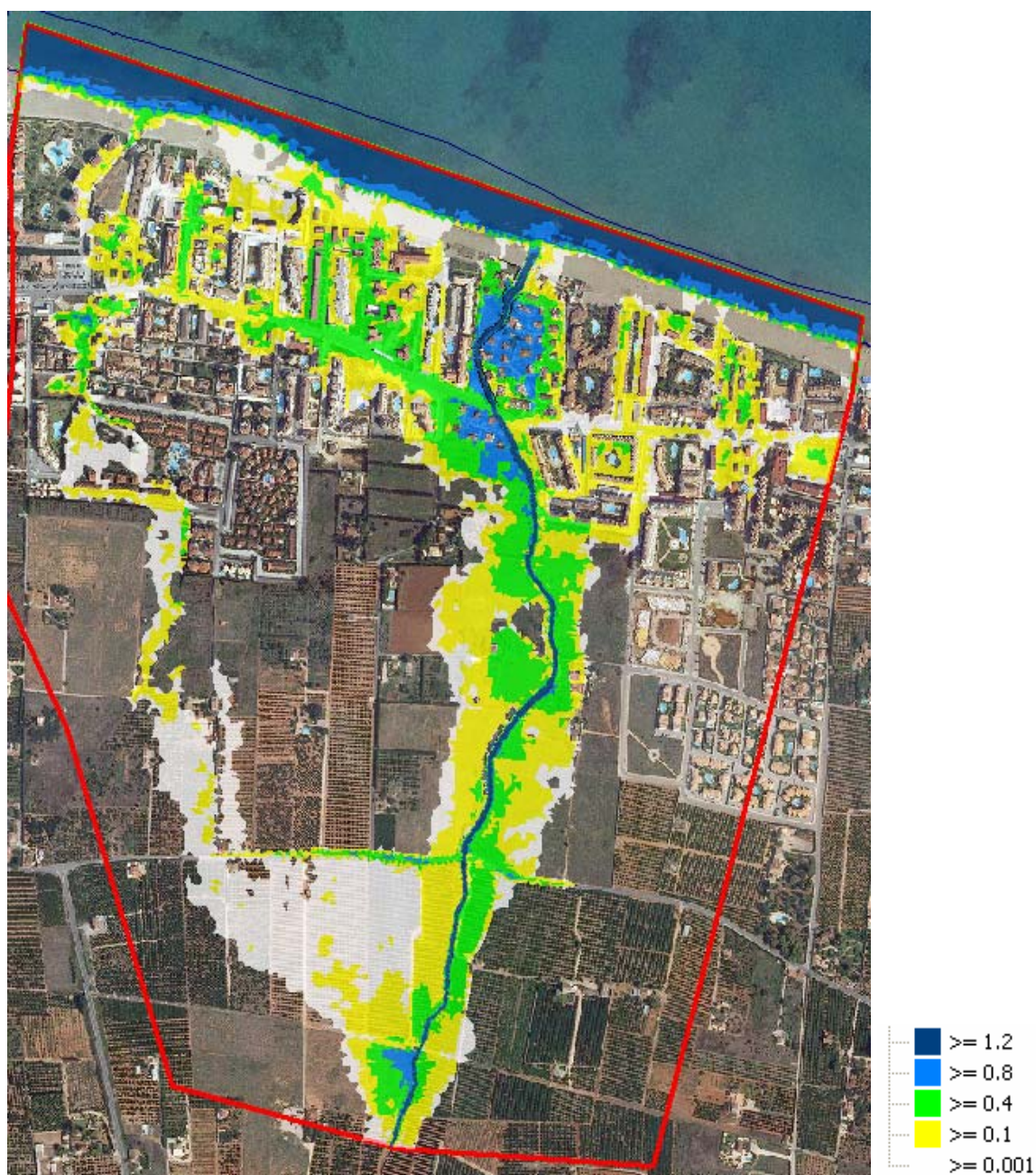


Figura 95: Simulación modelo barranco de l'Alter para periodo de retorno de T500.

El segundo pico del hidrograma hace que se produzcan las inundaciones en la zona oeste del modelo creando una lengua de agua con calados inferiores a los 40 cm hasta llegar a la zona residencial donde se une con la desembocadura de un pequeño barranco que permite su desagüe al mar, el cual también desagua el flujo desbordado que circula por la CV730.

6.3.- DENIA 3: BARRANCO DEL REGATXO

El modelo hidráulico Denia3 tiene como objetivo simular los flujos generados por el Barranco del Regatxo para diferentes períodos de retorno. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.



Figura 96: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.3.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (100 m^2 y 10 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 5 m^2 y un mínimo de 1 m^2 en la zona del barranc del Regatxo y de 2 m^2 y 1 m^2 en la desembocadura de los colectores. En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar $1\text{m} \times 1\text{m}$) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

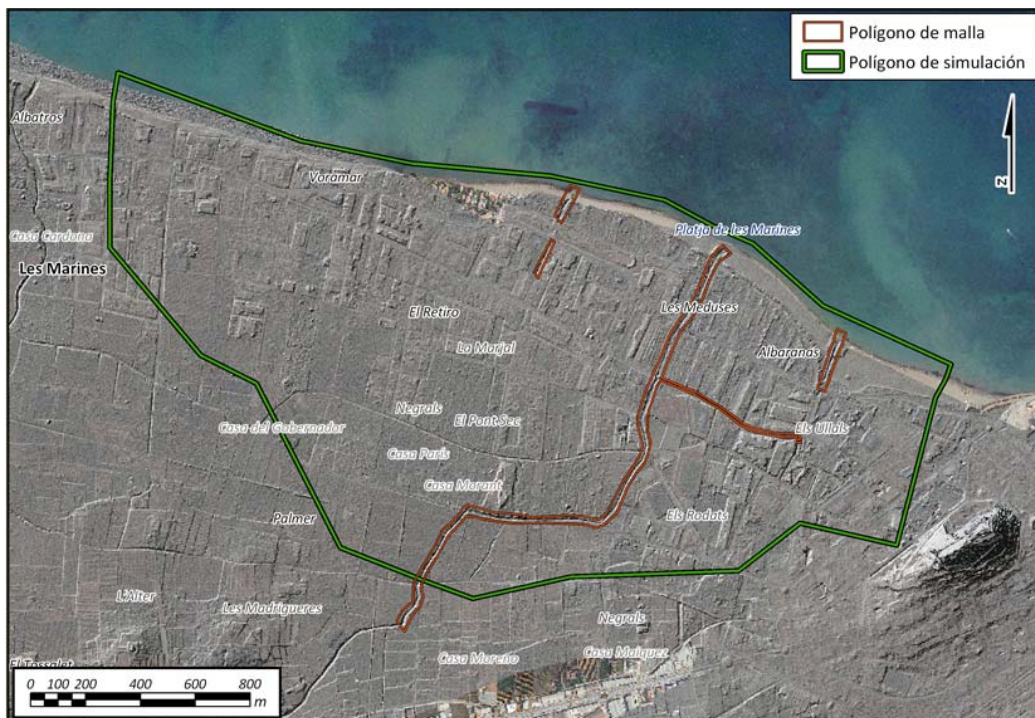


Figura 97: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 91795 triángulos y 49404 vértices. El área total del modelo es de 3.5 km².

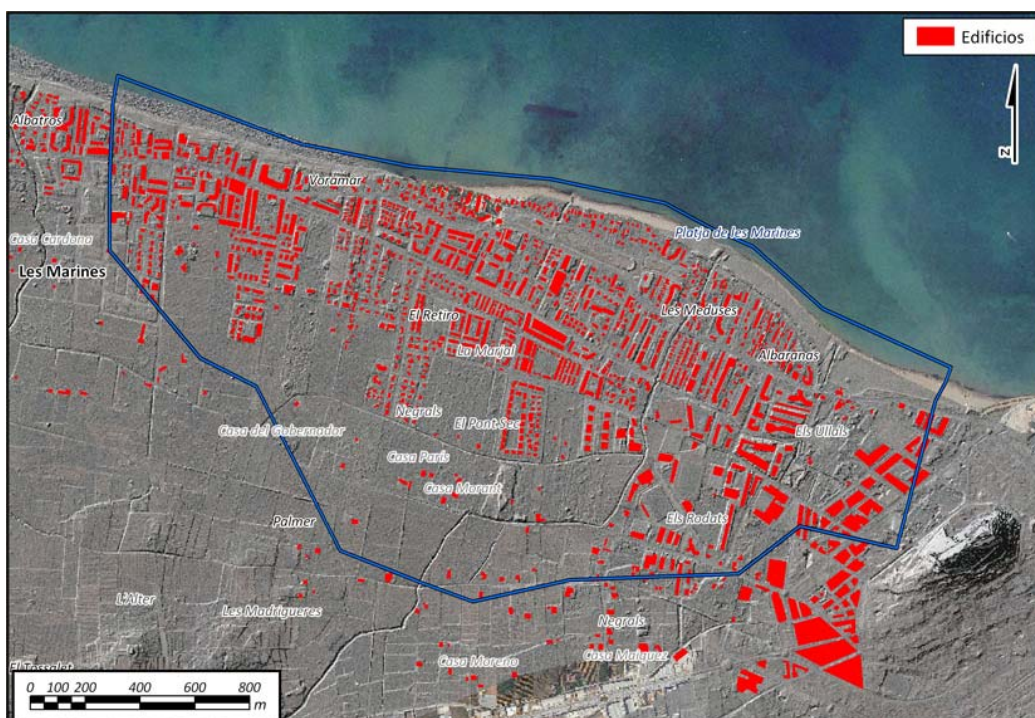


Figura 98: Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.



Figura 99: Líneas de rotura.

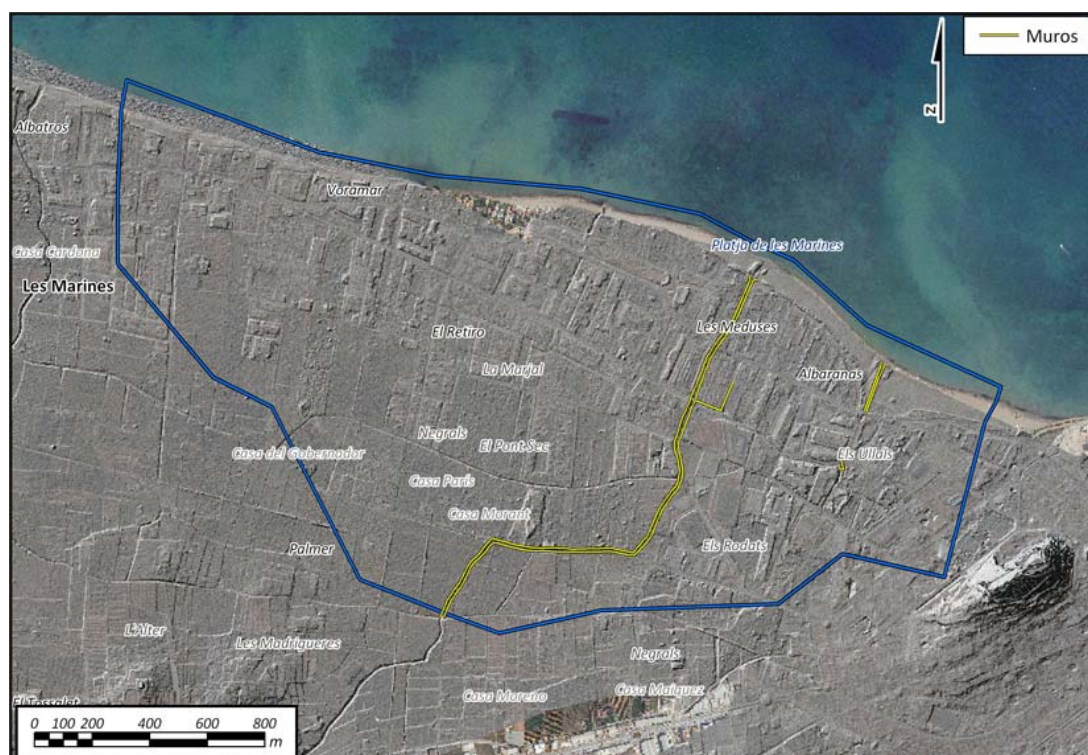


Figura 100: Muros.

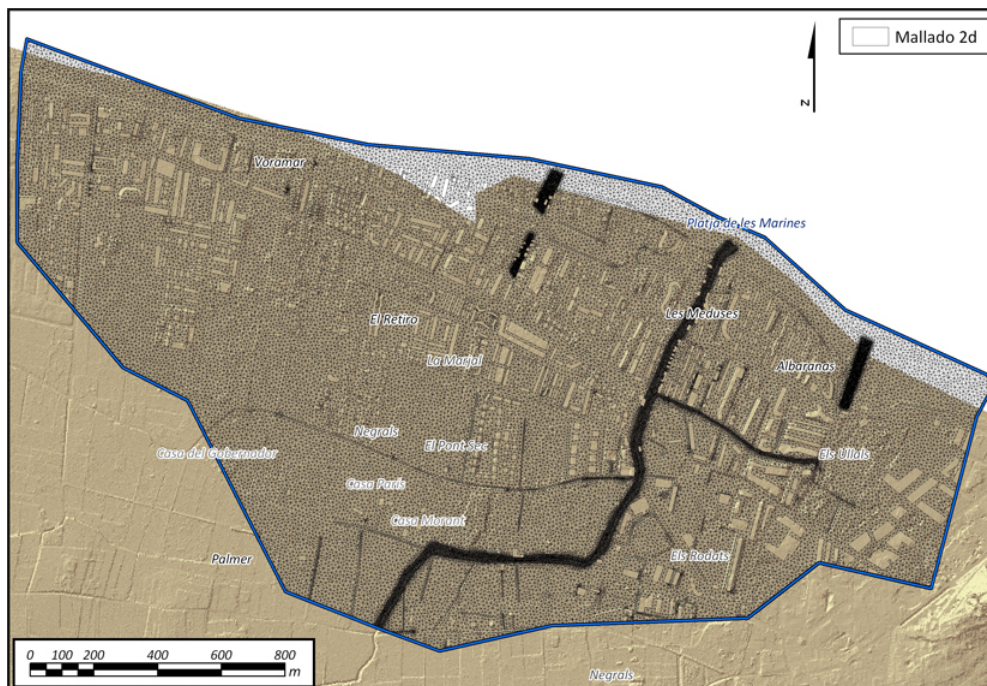


Figura 101: Malla triangular de simulación.

6.3.2.- Estructuras

Se han modelado dos colectores de desagüe al mar mediante dos estructuras unidimensionales cuyo funcionamiento se explica en la introducción del presente estudio.



Figura 102: Ubicación de los pasos inferiores

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan el paso inferior situado al este del modelo son los siguientes.

Cota entrada = 0.16 msnm

Cota salida = -0.02 msnm

Longitud = 250 m

Área = 4.50 m²

C= 1

C_w = 0.8

En la siguiente figura se muestra una foto con las dimensiones de la estructura subterránea situada al este del modelo:



Foto 9: Vista de la estructura del este del modelo desde la Carretera de Les Marines a Denia (CV-730)

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan el paso inferior situado al oeste del modelo son los siguientes.

Cota entrada = 0.13 msnm

Cota salida = 0.04 msnm

Longitud = 90 m

Área = 4.50 m²

C= 1

C_w = 0.8

En la siguiente figura se muestra una foto con las dimensiones de la estructura subterránea situada al oeste del modelo:



Foto 10: Vista de la estructura del oeste del modelo desde el Carrer Mussola

6.3.3.- Rugosidad

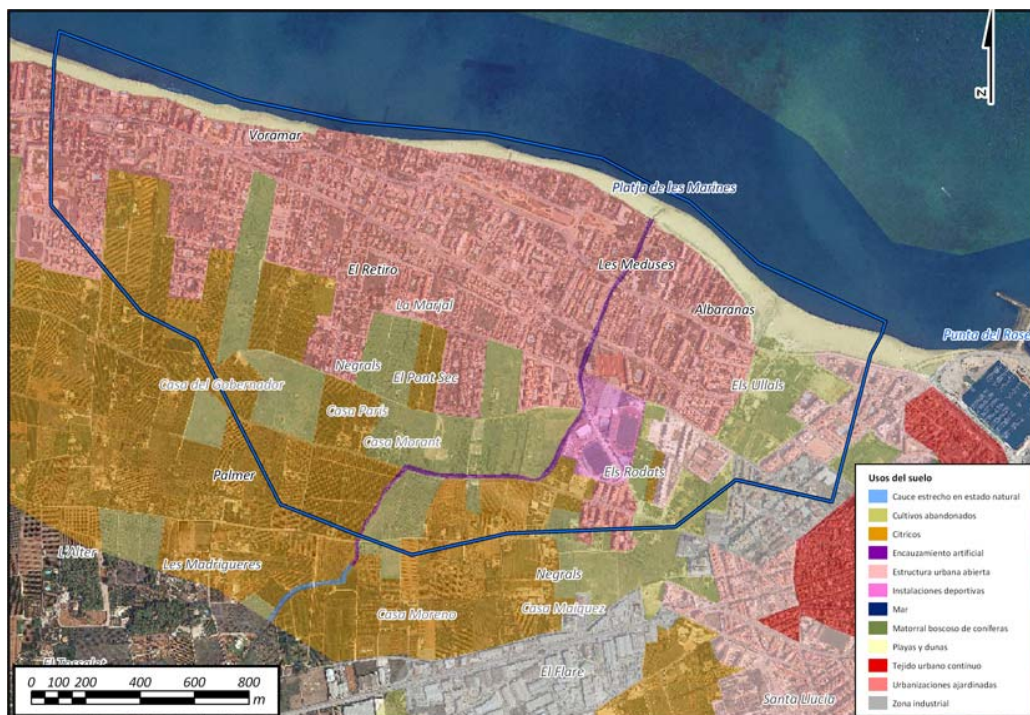


Figura 103: Polígono de rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la anterior figura se muestra el polígono de rugosidad y a continuación la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de bridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 24: Relación usos del suelo con nº de Manning.

6.3.4.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del barranco del Regatxo (Denia10). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de

retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.



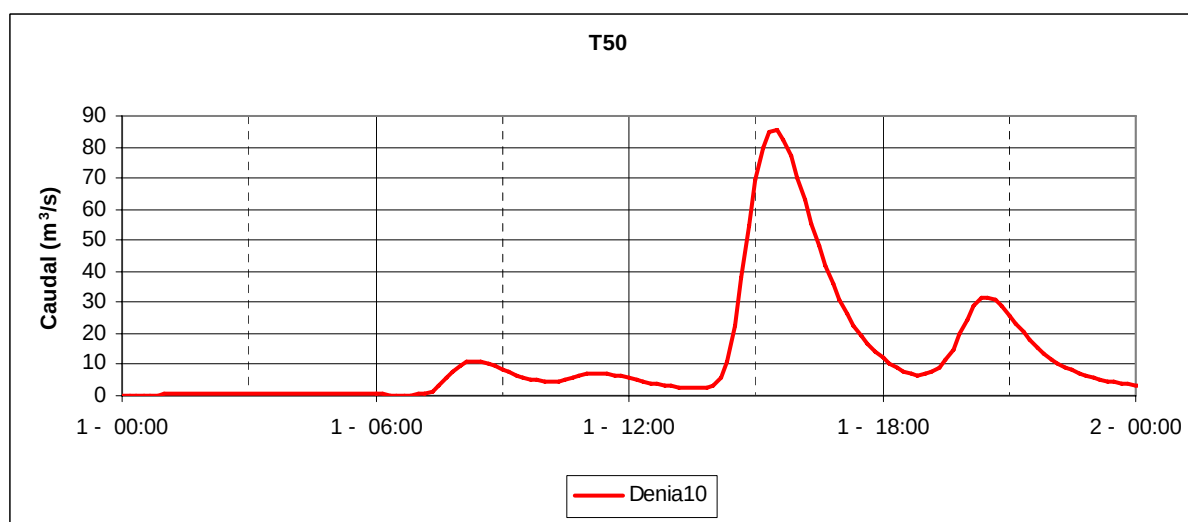
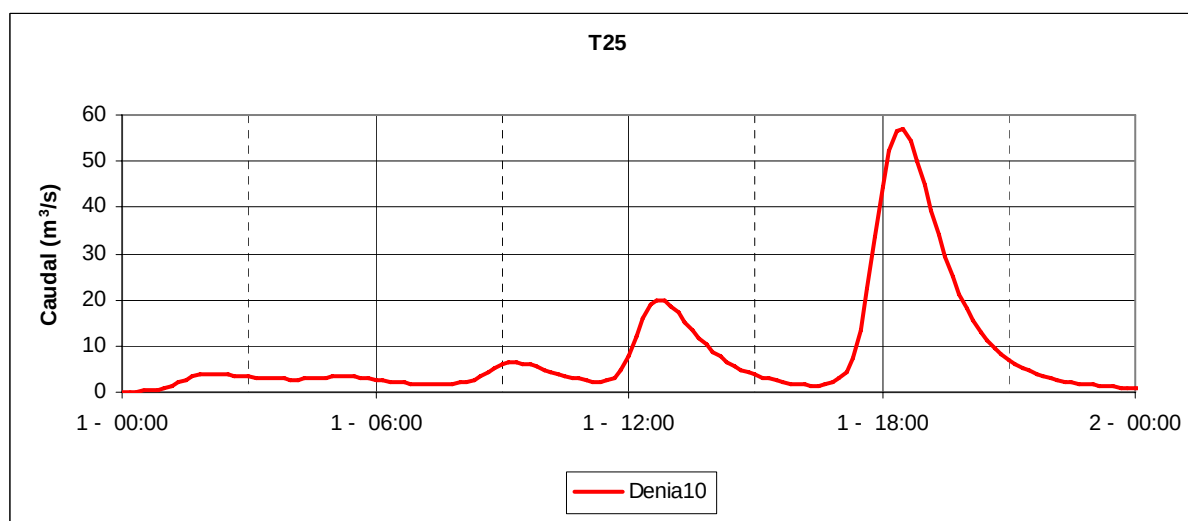
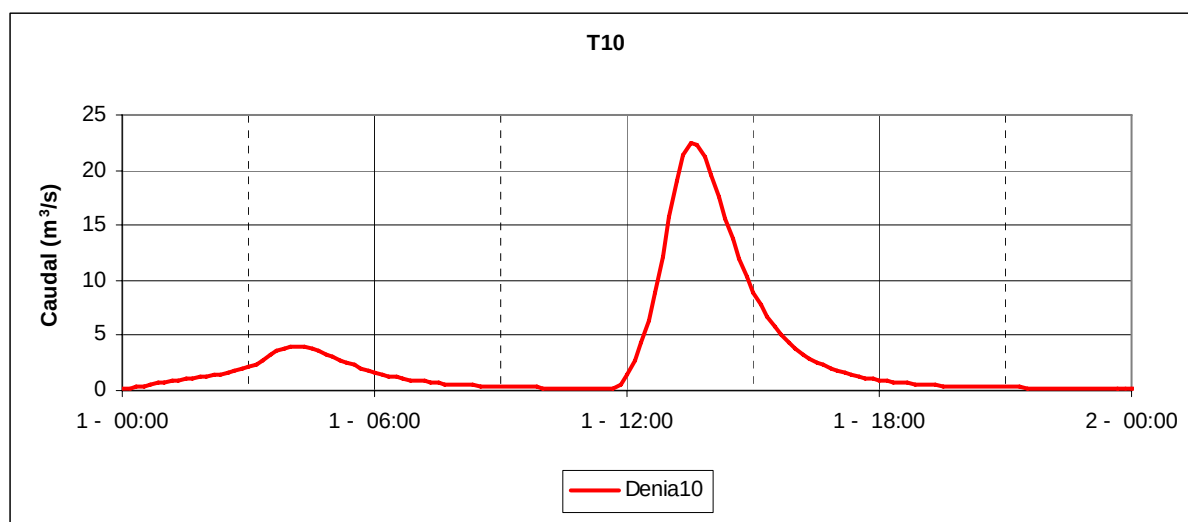
Figura 104: Condiciones de contorno e iniciales

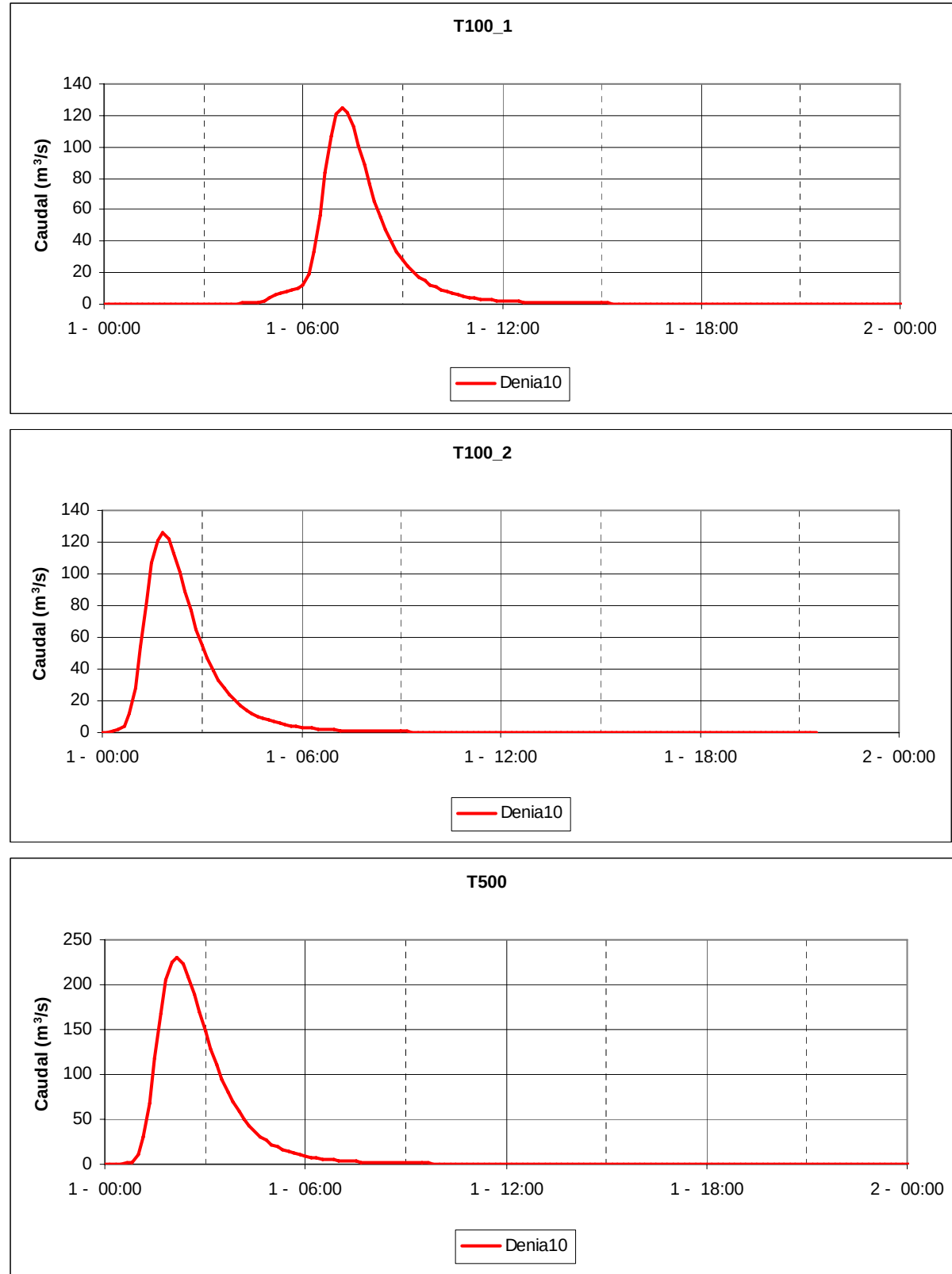
Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea para los 5 períodos de retorno analizados.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 25: Condición inicial de marea

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.





En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Evento:	3-2-159	1-3-036	3-3-043	2-2-163	1-2-007	2-3-034
	Caudal máximo (m ³ /s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Denia10	22.5	56.8	85.2	125.3	125.5	230.3

Tabla 26: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.3.5.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

En las simulaciones realizadas se puede observar que la capacidad del barranco no es suficiente aguas arriba de las urbanizaciones, produciéndose inundaciones a lo largo de toda la franja costera. Las aguas desbordadas no son capaces de volver a encauzarse al barranco, éste funciona desaguando solo 8 m³/s para 500 años de retorno. También se producen problemas por los desbordamientos en la margen derecha del barranco debido a la entrada de un canal perpendicular que desagua las aguas y luego estas desbordan causando inundaciones.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.3.5.1.- T10

Para el período de retorno de 10 años se producen desbordamientos a lo largo del barranco del Regatxo que afectan las urbanizaciones costeras superando en algunas zonas los 40 cm. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.

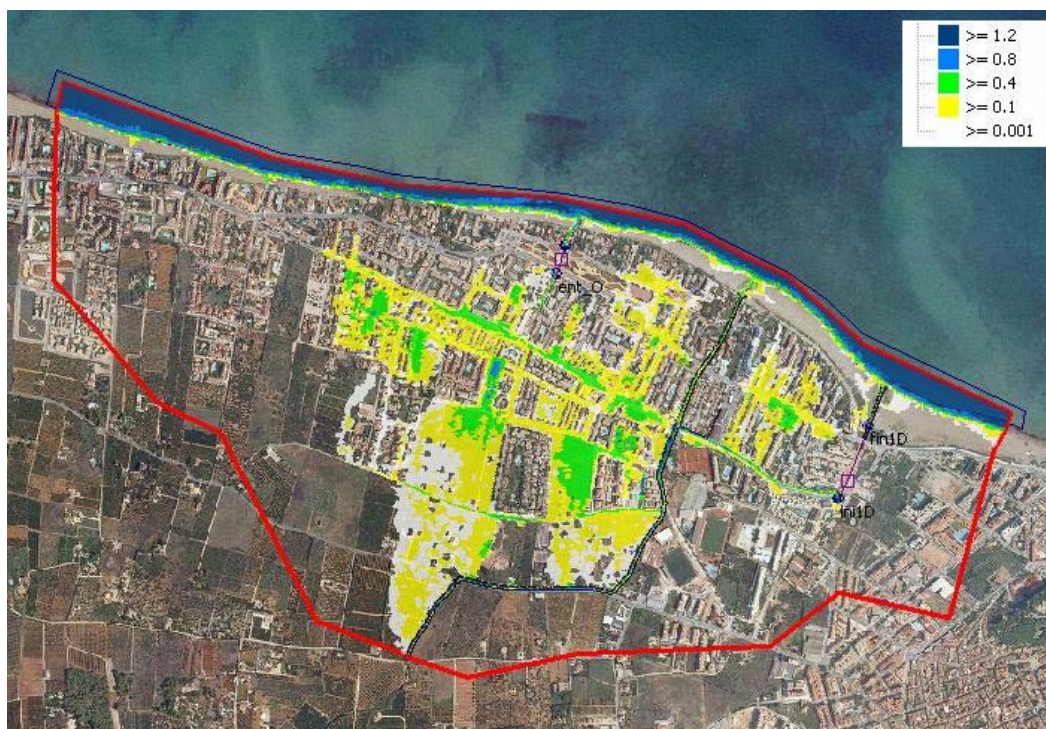


Figura 105: Simulación modelo barranco del Regatxo para periodo de retorno T10.

Seguidamente se indican los puntos donde se producen los desbordamientos que luego afectan a las urbanizaciones sin tener la posibilidad de volver a ser encauzados de nuevo al cauce. La flecha con dirección hacia el este indica la entrada de un canal hacia el barranco que hace que las aguas del barranco entren al mismo y luego se desborde causando inundaciones por la margen derecha del barranco del Regatxo.

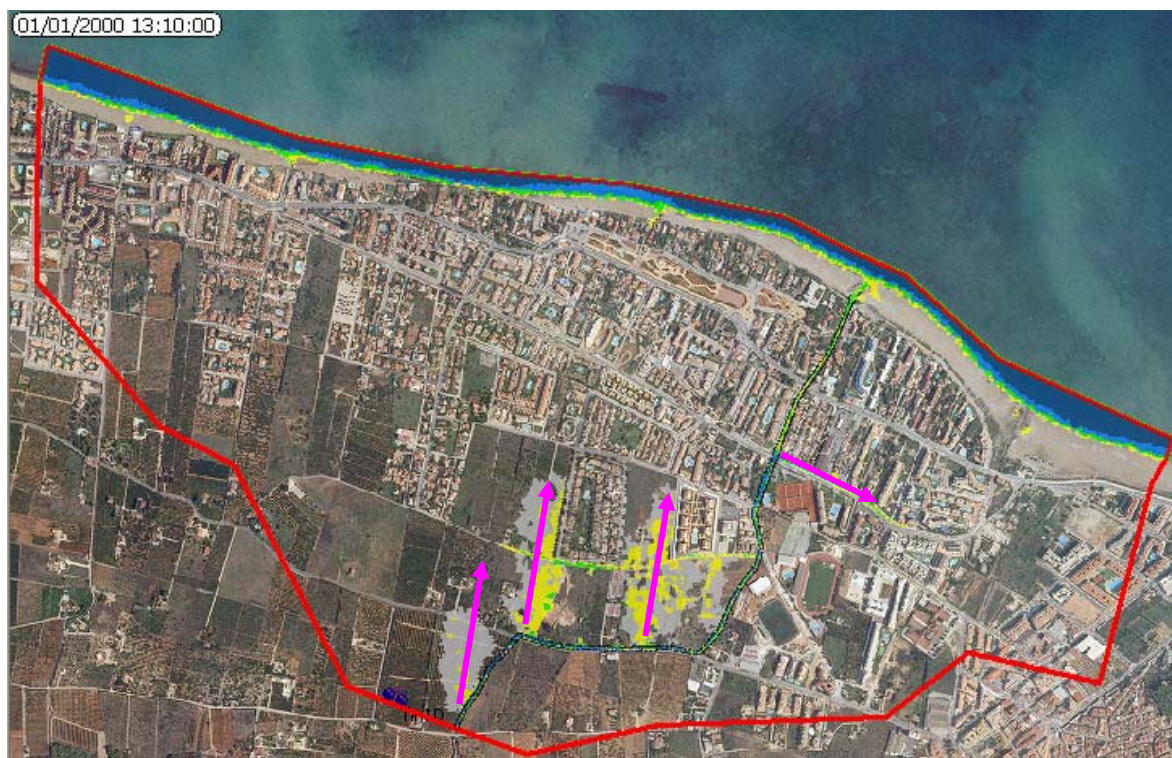


Figura 106: Desbordamientos y direcciones de flujo del barranco del Regatxo para periodo de retorno T10.

Para este período de retorno el culvert situado al este del modelo funciona correctamente, desaguando al mar $1 \text{ m}^3/\text{s}$, pero el situado al oeste no funciona correctamente porque el nivel aguas abajo (0.7 m) es mayor que aguas arriba (0.6 m).

6.3.5.2.- T25

Al igual que para el período de retorno de 10 años los desbordamientos se producen por los mismos puntos ocasionando calados superiores a 80 cm en algunas zonas. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

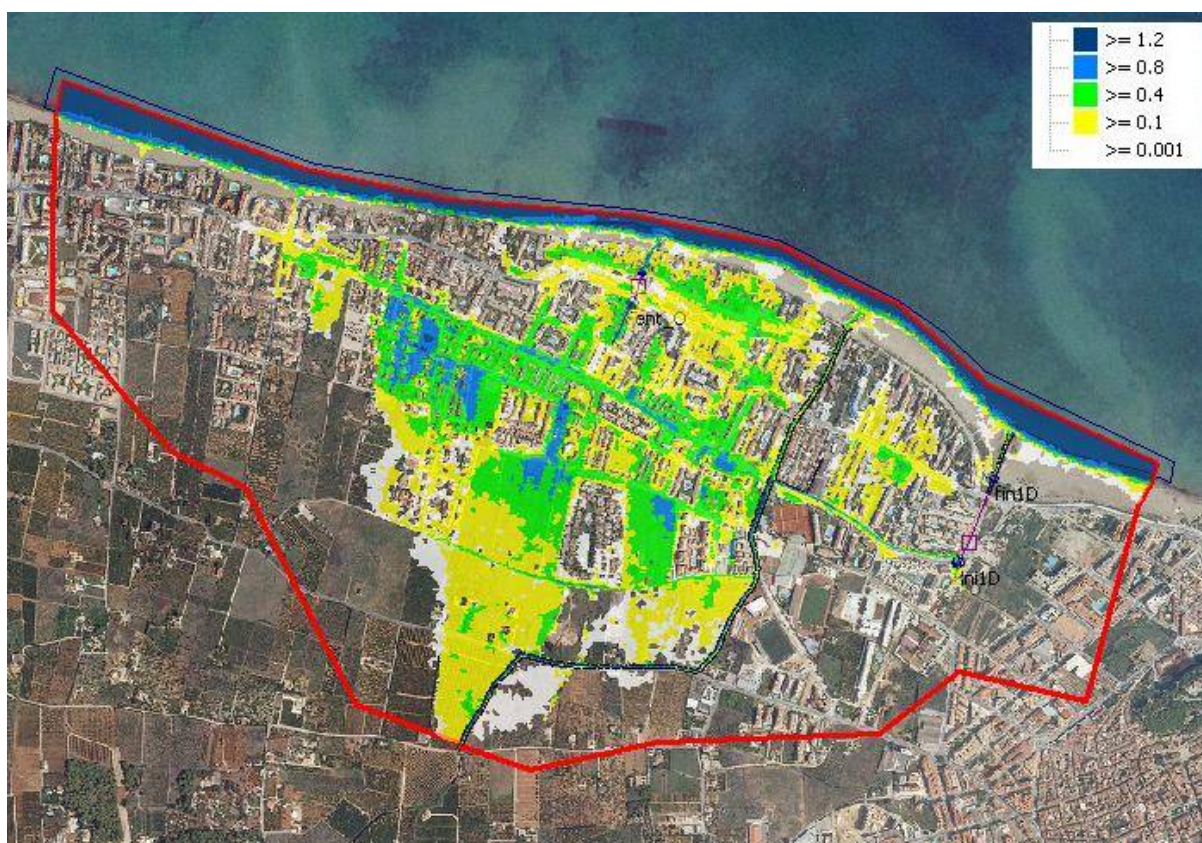


Figura 107: Simulación modelo barranco del Regatxo para periodo de retorno T25.

El barranco del Regatxo en la desembocadura alcanza a desaguar $2 \text{ m}^3/\text{s}$ desbordando la mayor parte de los caudales de entrada al modelo.

El culvert situado al este del modelo en este período de retorno también consigue desaguar al mar $1.3 \text{ m}^3/\text{s}$ que son los caudales que le llegan del barranc del Regatxo. Por otro lado el colector de la zona oeste funciona desde el inicio de la simulación sumergido debido a las condiciones iniciales de nivel del agua en el mar. Esta estructura funciona para períodos de retorno inferiores donde la condición aguas abajo no sumerja la salida del mismo y alcance a conseguir suficiente carga en la entrada.

6.3.5.3.- T50

En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

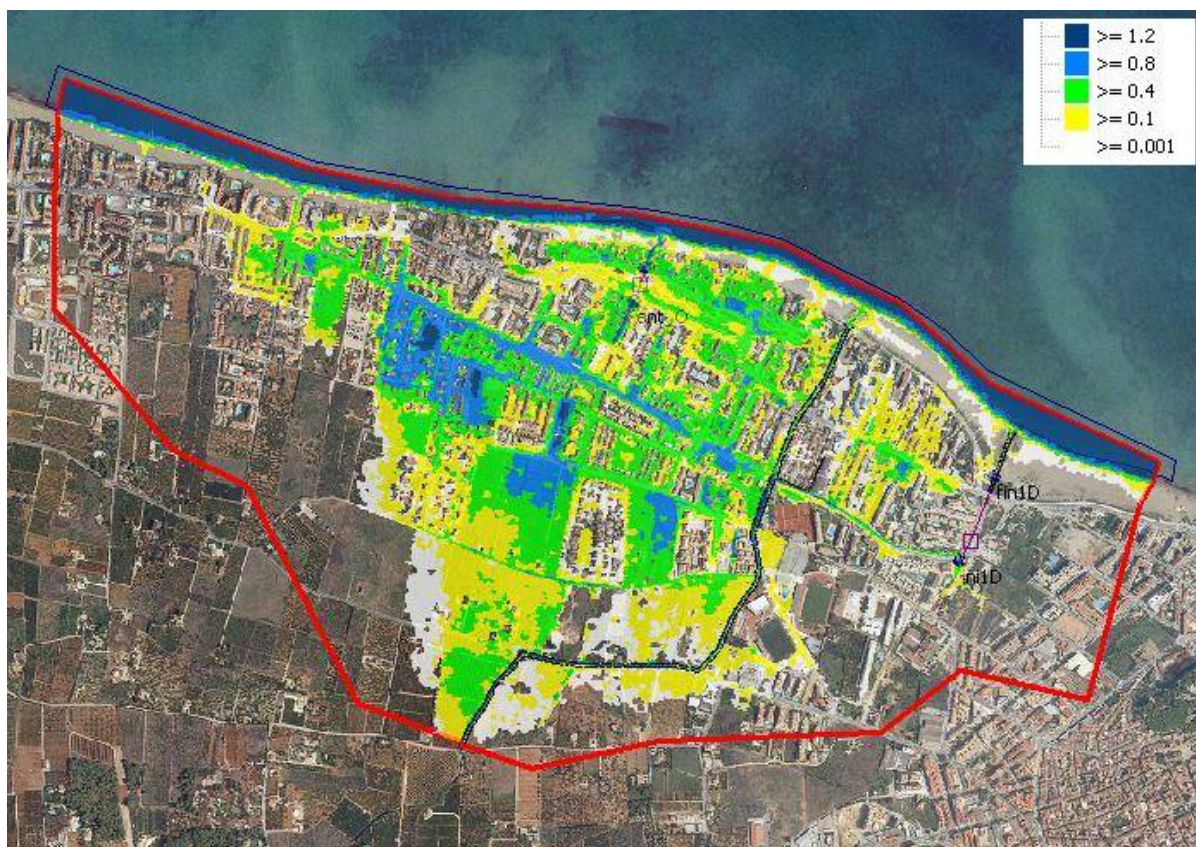


Figura 108: Simulación modelo barranco del Regatxo para periodo de retorno T50.

Se producen desbordamientos al igual que en los anteriores períodos de retorno por la margen izquierda del barranco provocando la mayor parte de las inundaciones en las urbanizaciones. También se producen desbordamientos por margen derecha al inicio del barranco con calados inferiores a 10 cm que afectan a edificios cercanos al barranco.

Los colectores funcionan desaguando 1.5 m³/s el situado al este del modelo, y 7 m³/s el situado al oeste del modelo.

6.3.5.4.- T100

Para 100 años de período de retorno se han simulado dos eventos 2-2-163 y 1-2-007 con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes.



Figura 109: Simulación modelo barranco del Regatxo para periodo de retorno T100. Evento 2-2-163

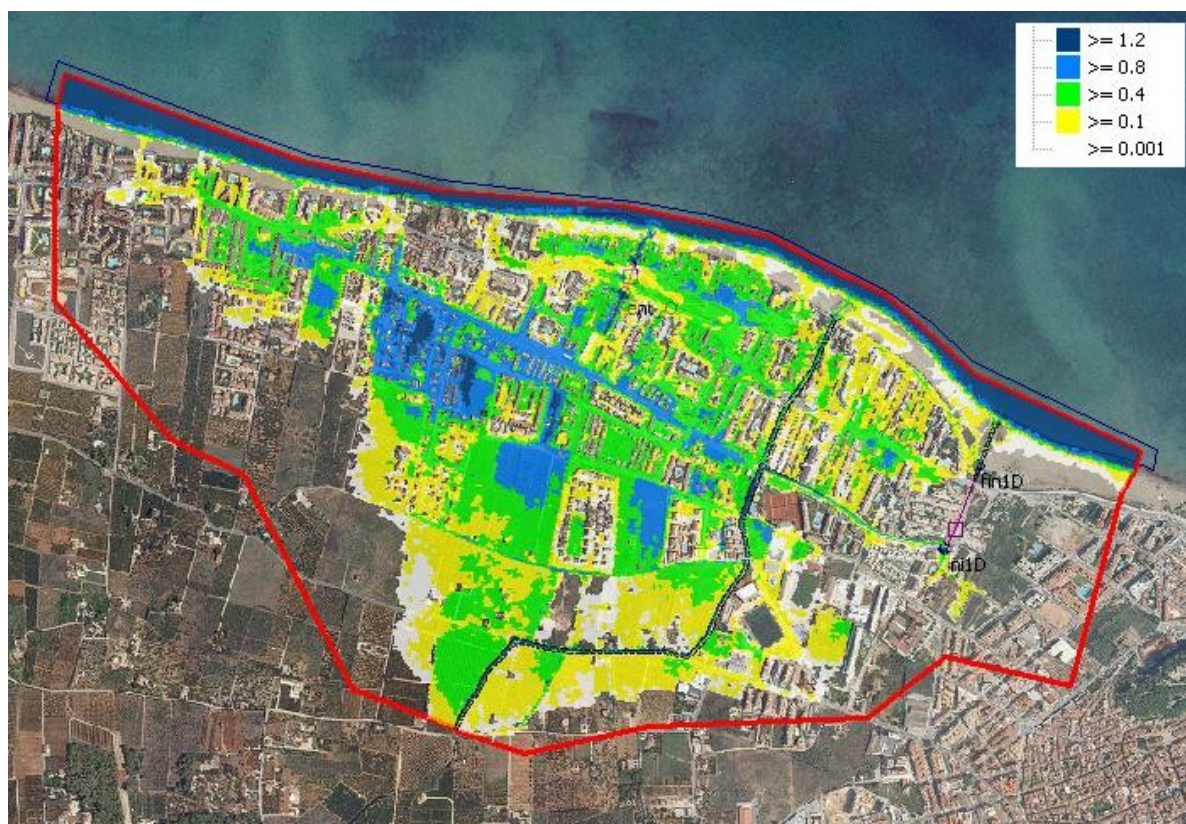


Figura 110: Simulación modelo barranco del Regatxo para periodo de retorno T100. Evento 1-2-007
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Se producen desbordamientos generalizados en la mayoría de las urbanizaciones costeras debido a los desbordamientos provocados en el barranco antes de llegar a las mismas, pudiendo este desaguar un máximo de $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

El colector situado al este del modelo funciona desaguando $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y el situado al oeste $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.3.5.5.- T500

Al igual que para T100 se producen inundaciones generalizadas, concentrándose en algunas zonas calados de más de 120 cm. En la siguiente figura se pueden ver estas zonas y los calados máximos en toda la extensión del modelo.

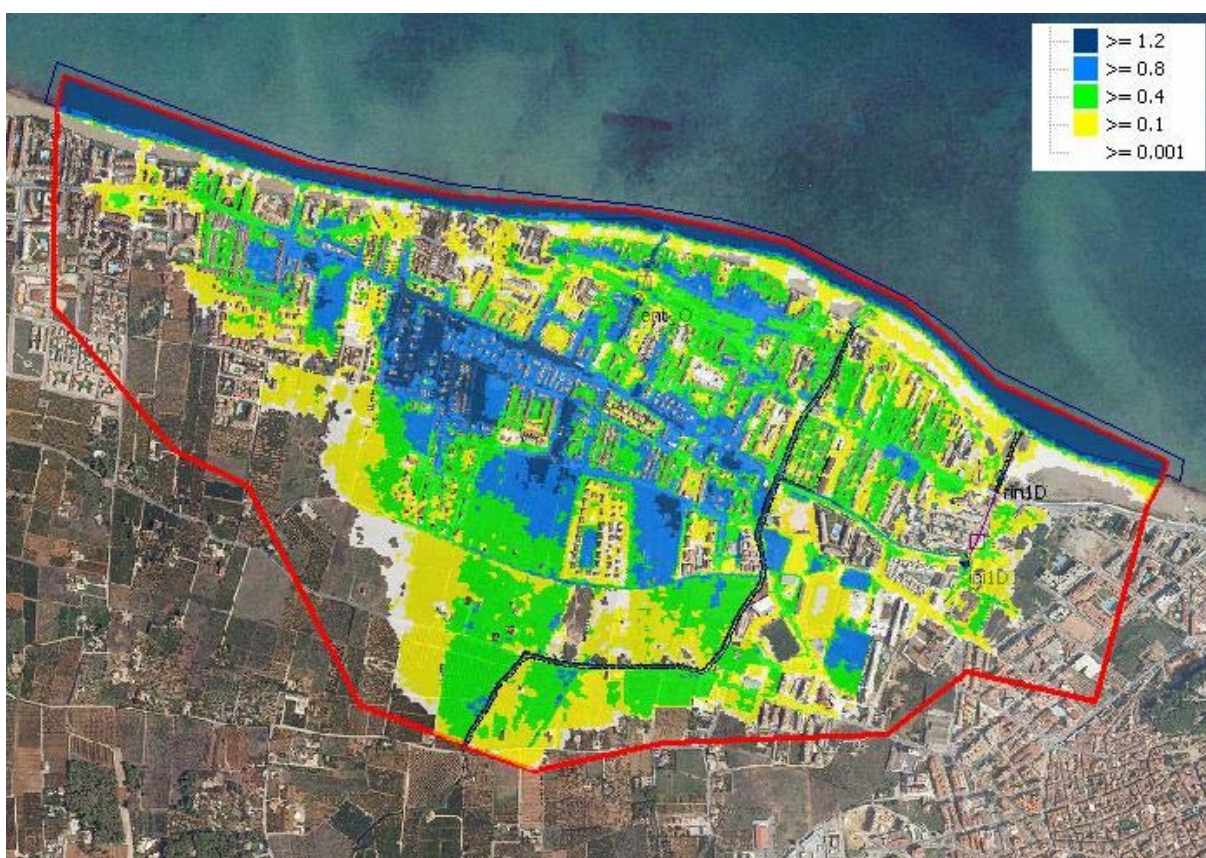


Figura 111: Simulación modelo barranco del Regatxo para periodo de retorno T500.

El colector situado al este del modelo funciona desaguando $4 \text{ m}^3/\text{s}$ y el situado al oeste $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.4.- DENIA 4: BARRANCO DEL COLL DE POU

El modelo hidráulico Denia4 tiene como objetivo simular los flujos generados por el Barranc de Coll de Pou y los tributarios al saladar para diferentes períodos de retorno. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

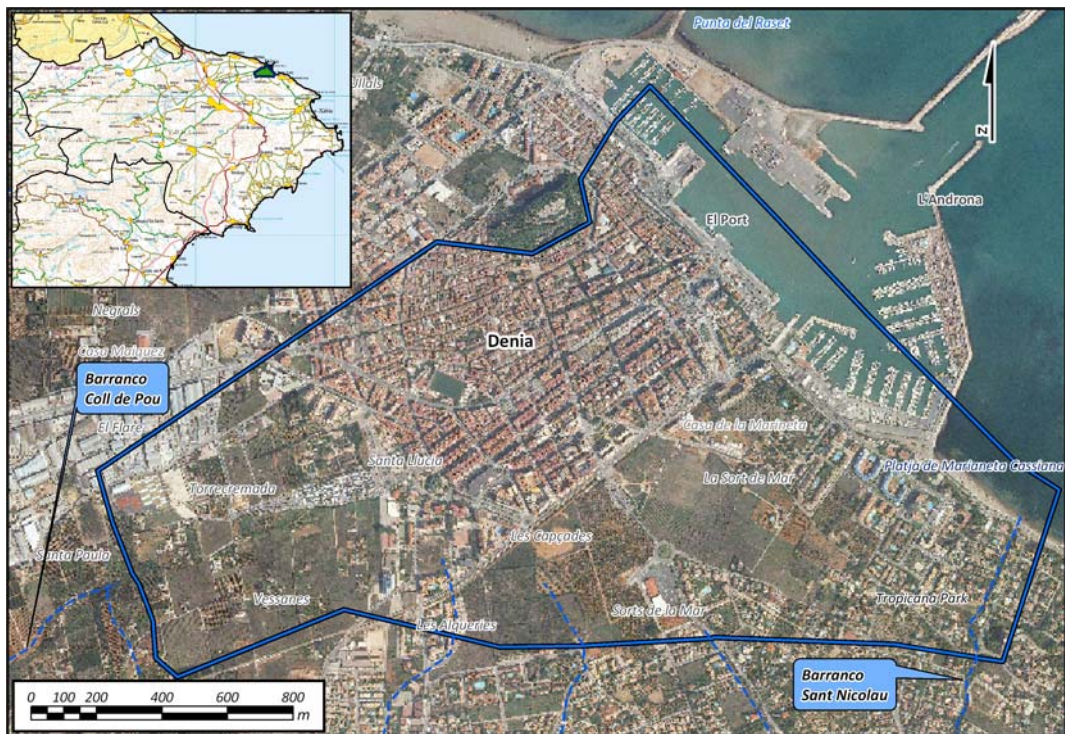


Figura 112: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.4.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (100 m² y 7 m² respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 2 m² y un mínimo de 1 m² y de 5m² y 1m² en la zona del barranco de Sant Nicolau. En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

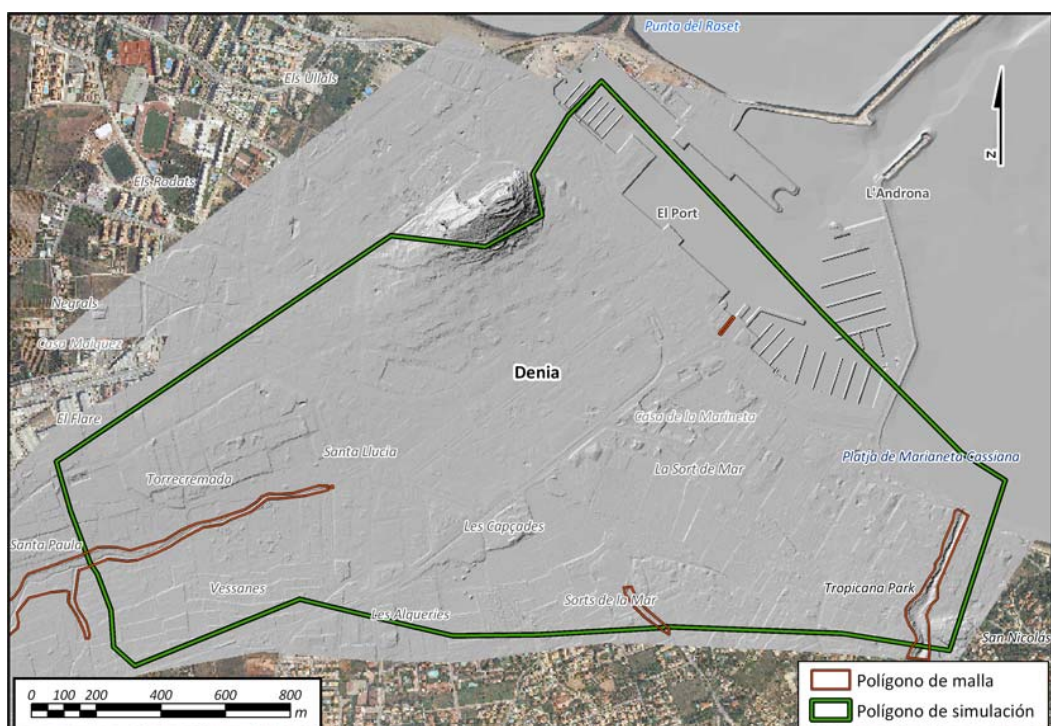


Figura 113: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 68561 triángulos y 37642 vértices. El área total del modelo es de 3 km².

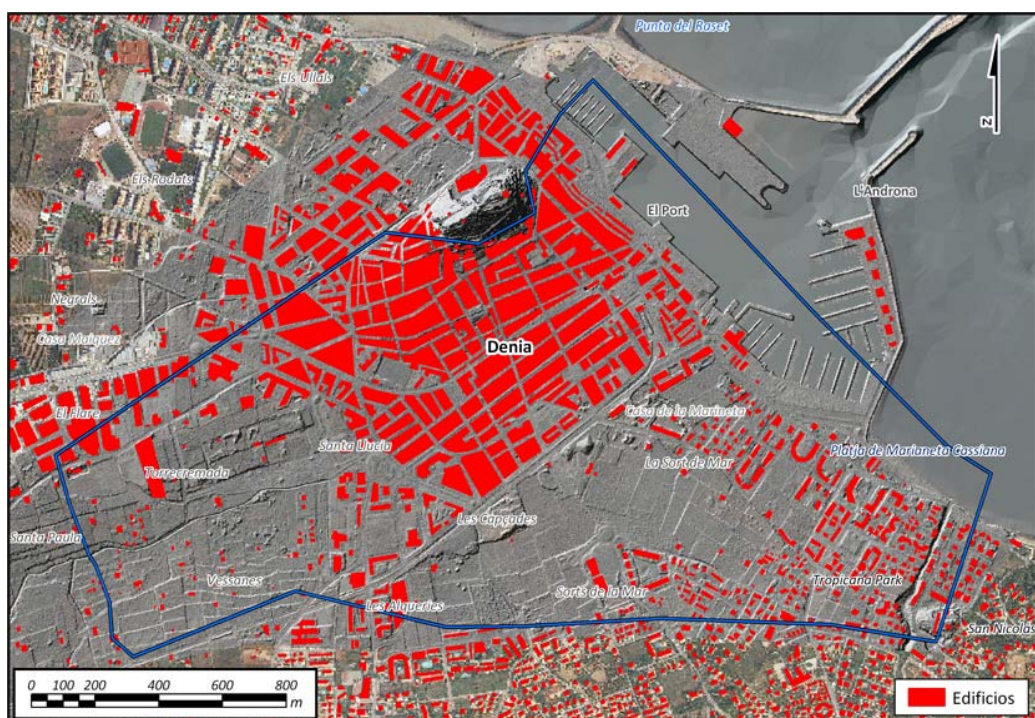


Figura 114: Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.

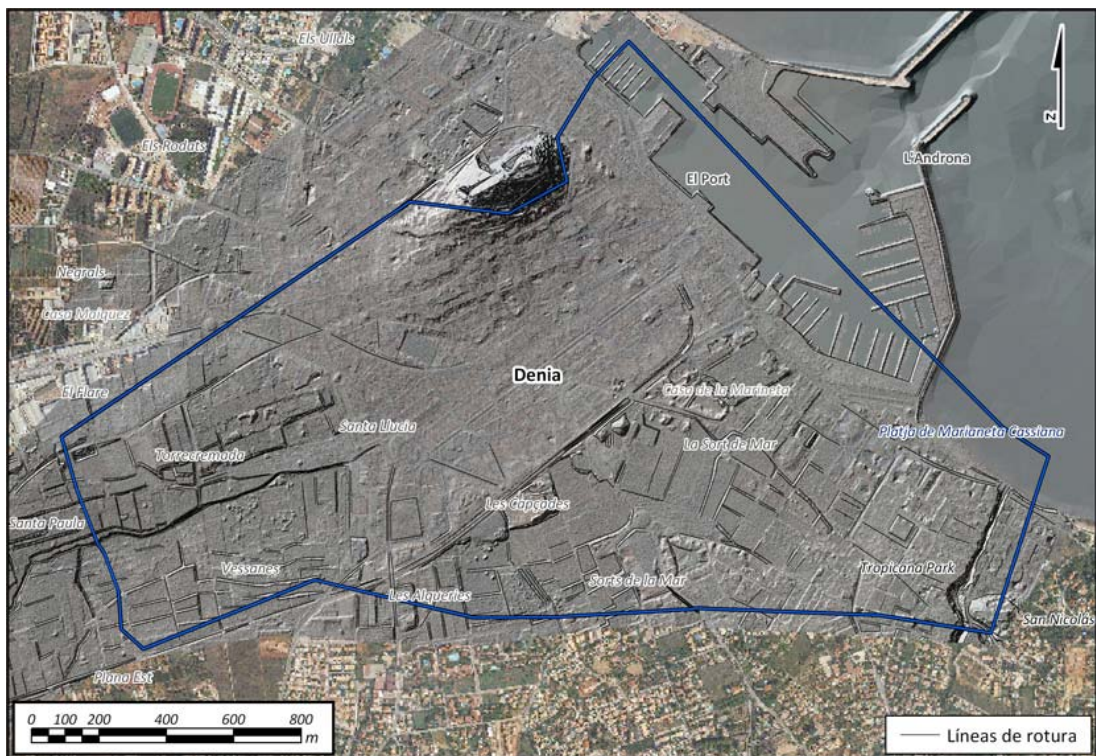


Figura 115: Líneas de rotura.

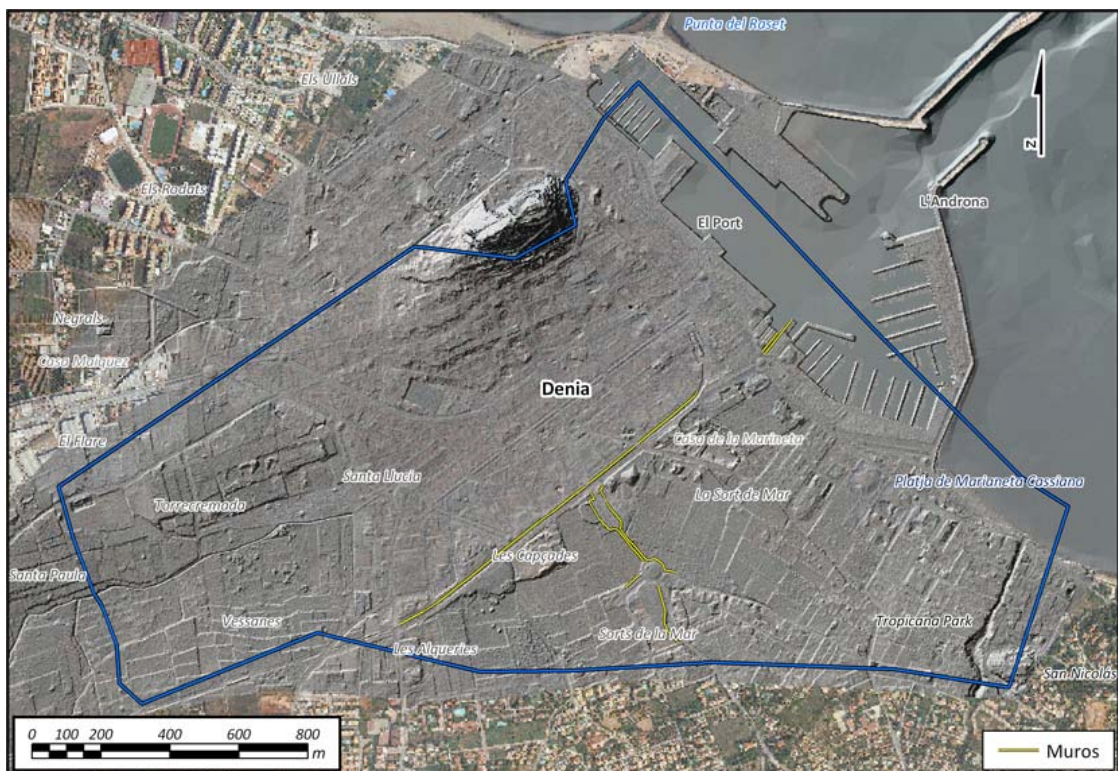


Figura 116: Muros.

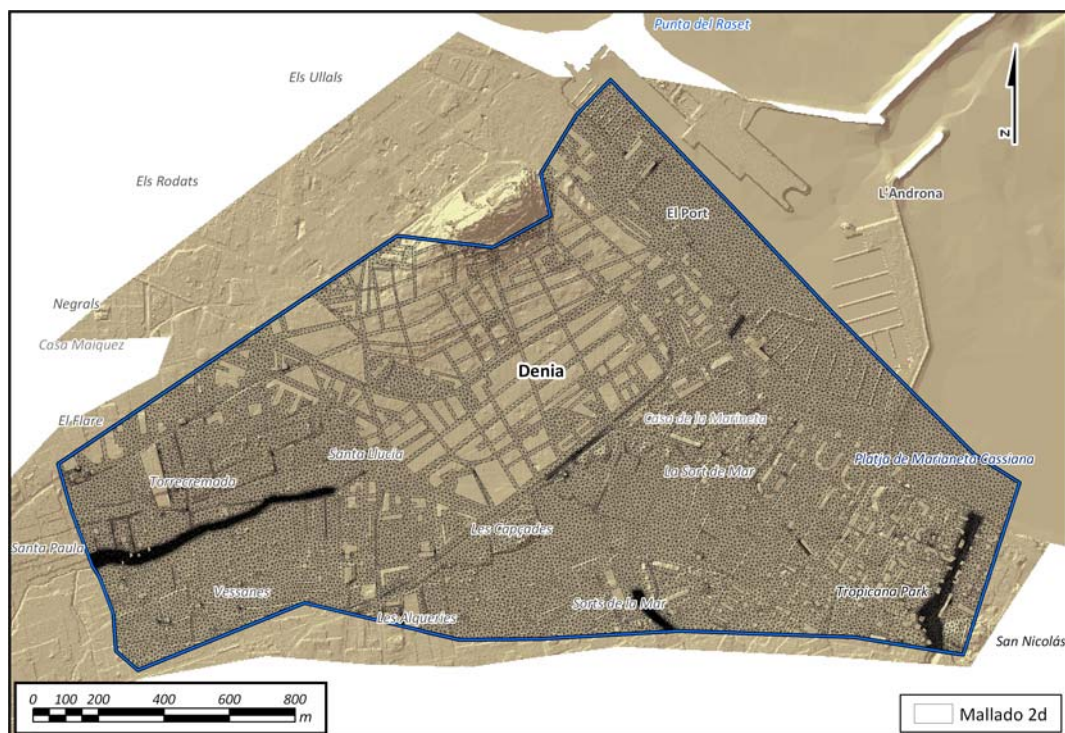


Figura 117: Malla triangular de simulación.

6.4.2.- Estructuras

Se ha modelado el paso inferior del desagüe del saladar al mar por el puerto mediante una estructura unidimensional cuyo funcionamiento se explica en la introducción del presente estudio.

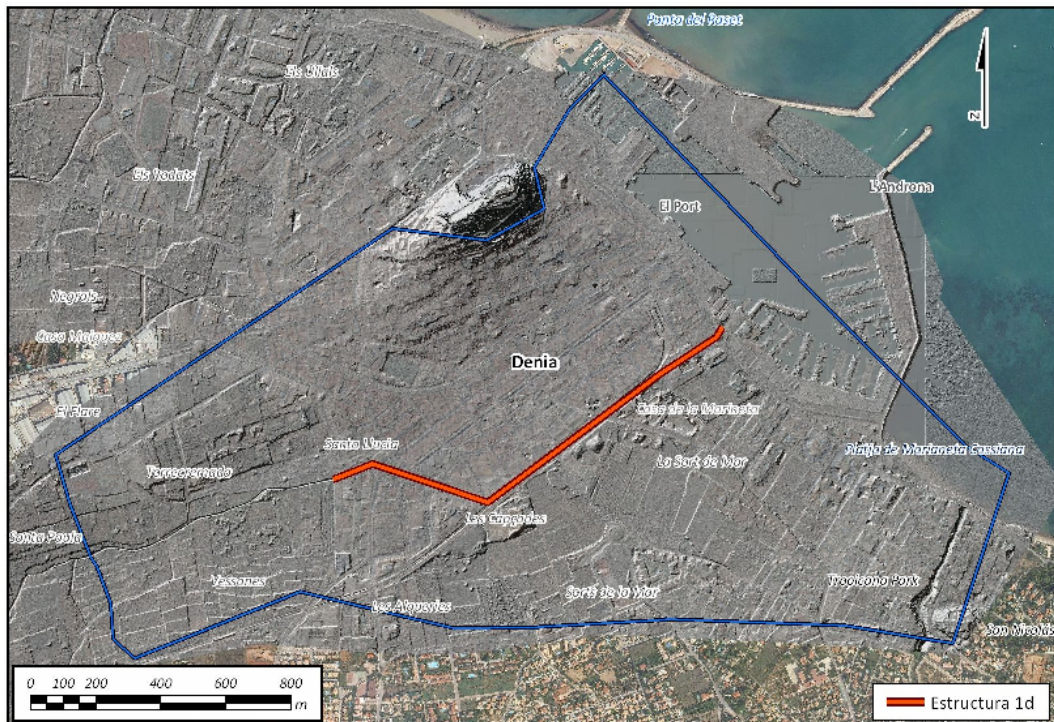


Figura 118: Ubicación de los pasos inferiores.

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan el paso inferior son los siguientes.

Cota entrada = 0.9 msnm

Cota salida = -0.15 msnm

Longitud = 1400 m

Área = 4.56 m²

C = 1

C_w = 0.9

En la siguiente figura se muestra una foto con las dimensiones de la estructura subterránea donde desaguan las aguas del barranco Coll Pou del canal de desagüe del saladar.



Foto 11: Entrada a la estructura subterránea del Barranc de Coll Pou

En la siguiente figura se señala la zona donde existía en años anteriores un canal a cielo abierto con desembocadura al mar que hoy en día está enterrado bajo una calle paralela a las vías.

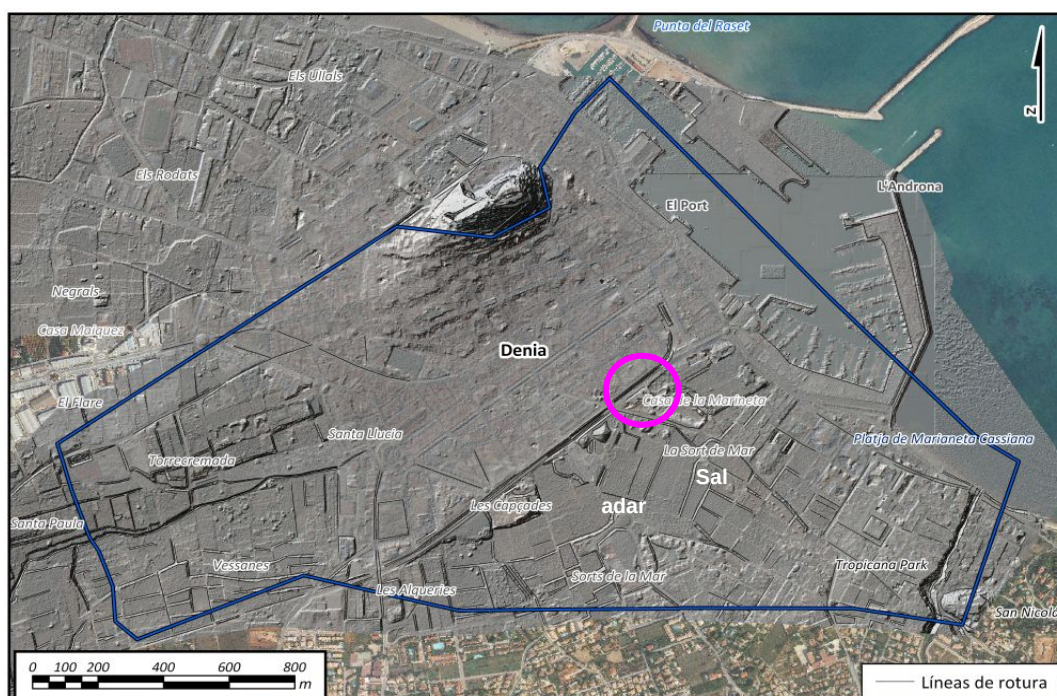


Figura 119: zona donde existía en años anteriores un canal a cielo abierto con desembocadura al mar que hoy en día está enterrado bajo una calle paralela a las vías.

Este canal que **no** capta las aguas provenientes del saladar. En la foto 24 se muestra el canal a cielo abierto y debajo de esta, las obras que cubren al mismo. El modelo digital del terreno contempla el canal soterrado.



Fotos 12 y 13: Arriba: Vista del canal de desagüe del saladar antes de las obras de urbanización de la calle paralela a la vía del tren; abajo: Vista de las obras de urbanización de la calle paralela a la vía del tren.

6.4.3.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente tabla se define el número de Manning para cada uno de los usos del suelo contemplados mientras que a continuación es la figura 59 se muestra el polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Vñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de Bridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 27: Relación usos del suelo con número de Manning.

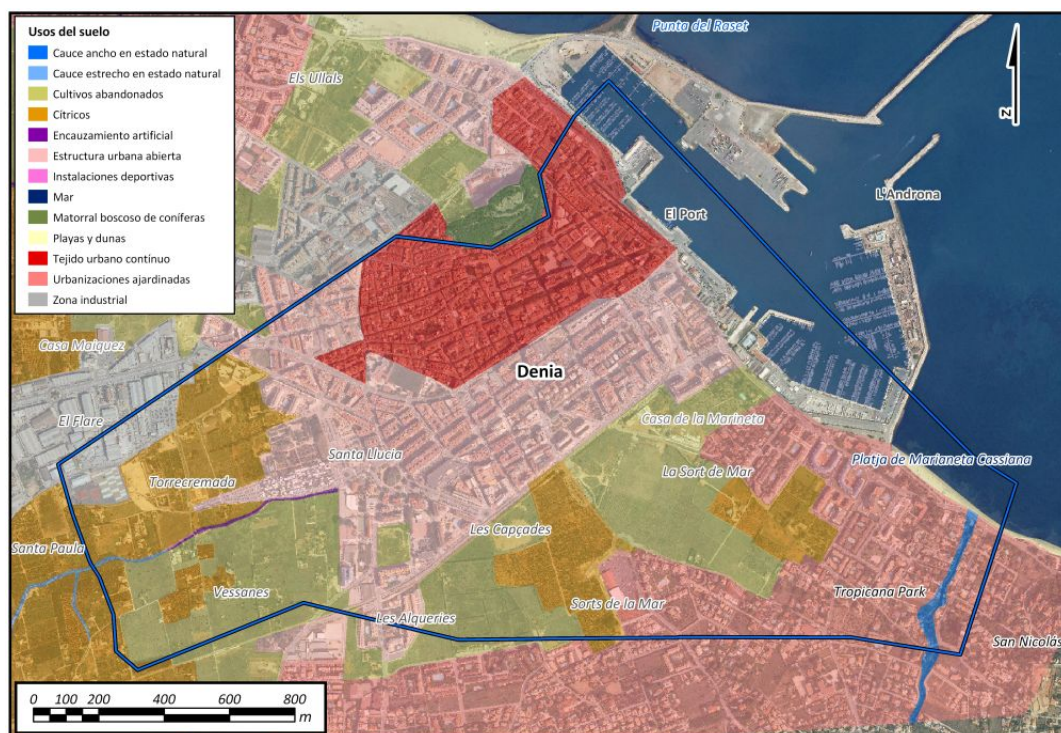


Figura 120: Polígono de rugosidad.

6.4.4.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del barranco del Coll de Pou (Denia11_N) y los barrancos drenantes al saladar Denia12_N, Denia13d , DeniaPd y barranc de Sant Nicolau (Denia02). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.



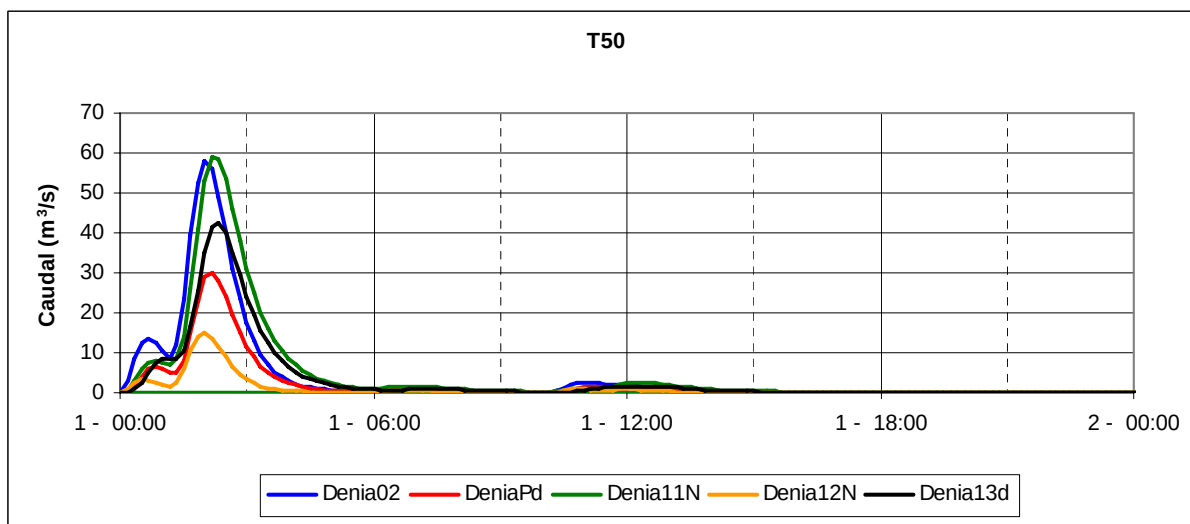
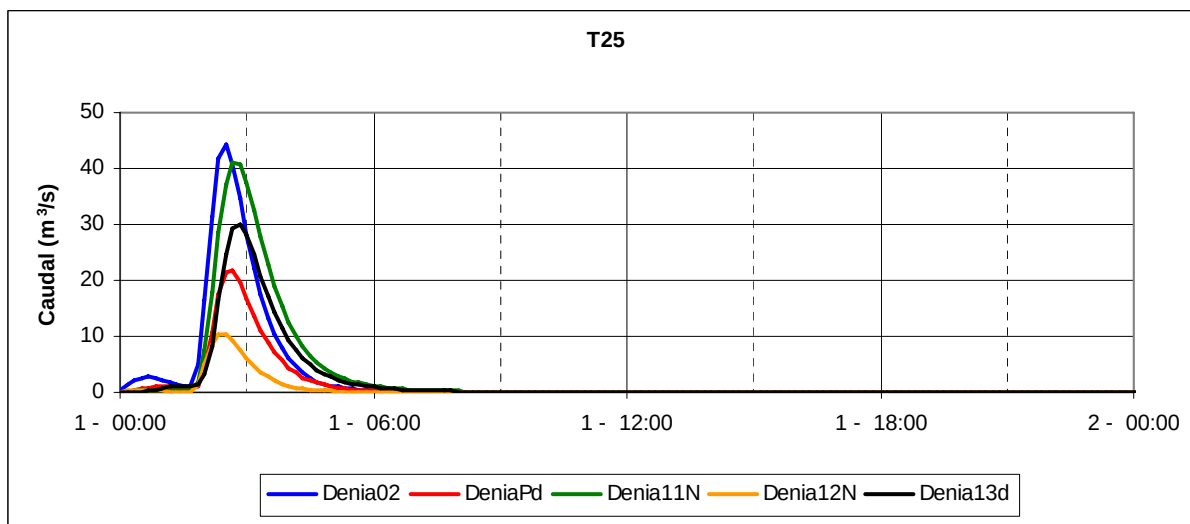
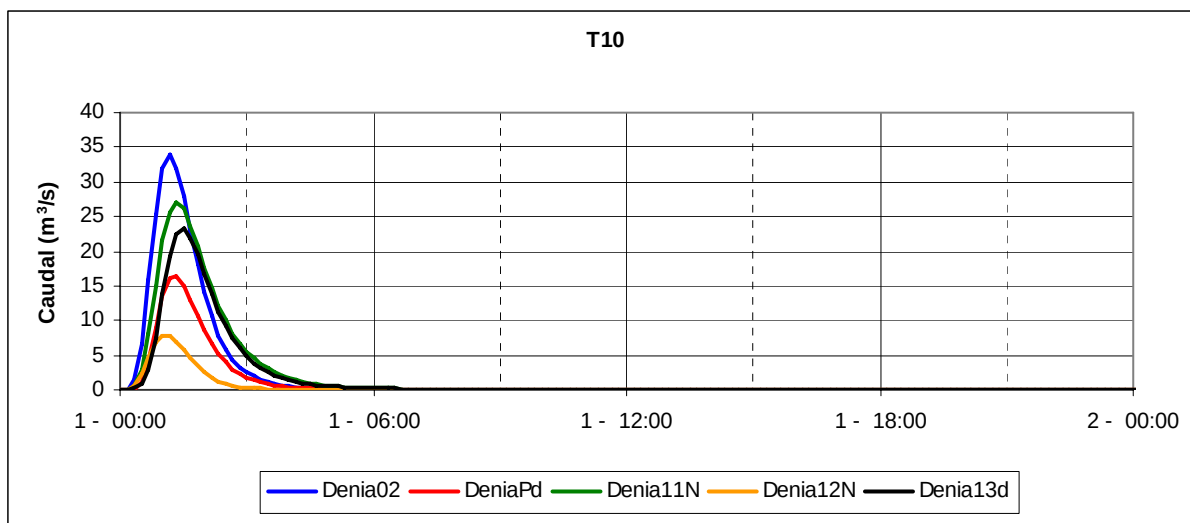
Figura 121: Condiciones de contorno e iniciales.

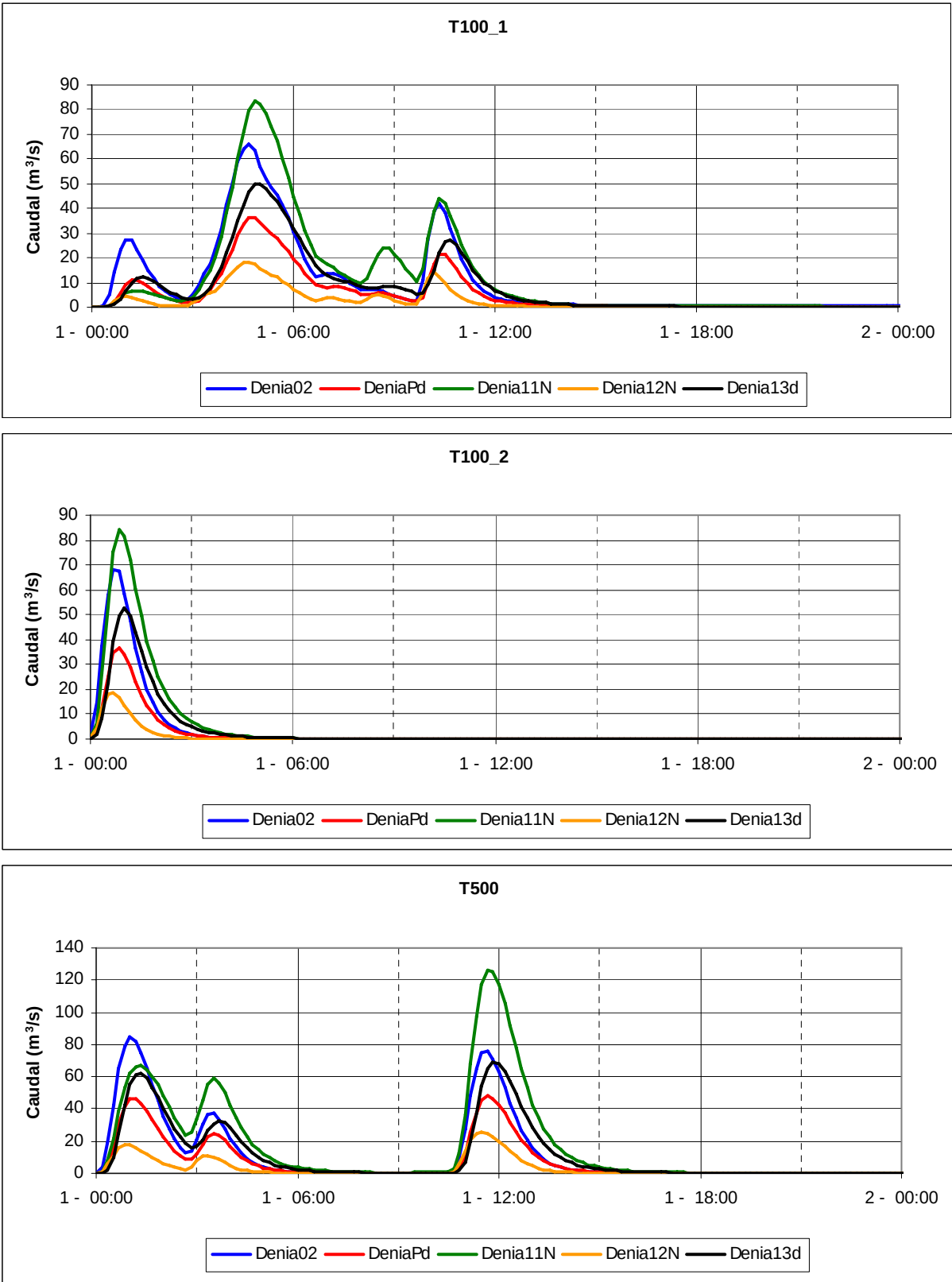
Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea para los 5 períodos de retorno analizados.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 28: Condición inicial de marea

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.





En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	1-2-015	3-2-046	3-1-092	2-3-035	3-2-008	1-2-150
	Caudal máximo (m3/s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Denia02	33.9	44.2	57.8	66.0	68.4	84.3
DeniaPd	16.4	21.7	30.2	36.3	36.8	48.2
Denia11N	27.0	41.2	59.1	83.4	83.9	125.9
Denia12N	7.8	10.5	15.0	18.4	18.8	26.1
Denia13d	23.2	30.1	42.6	49.9	52.6	69.1

Tabla 29: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.4.5.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

La ciudad de Denia está ubicada en la desembocadura del barranco de Coll de Pou por lo que inevitablemente las aguas provenientes de éste inundan las calles de Denia hasta su desembocadura al mar en el Puerto. De igual forma las aguas provenientes de los barrancos del saladar también desembocan en la parte baja de la ciudad de Denia uniéndose a los caudales provenientes del Barranco de Coll de Pou desaguando en el puerto. Se producen inundaciones en la ciudad a partir de períodos de retorno de 10 años.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.4.5.1.- T10

Para periodos de retorno de 10 años se producen inundaciones dentro de la ciudad de Denia debido a que gran parte de esta está situada en la desembocadura del barranco de Coll Pou y de los barrancos de la salina. Se detectan zonas que superan los 80 cm de calado dentro de la ciudad. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.

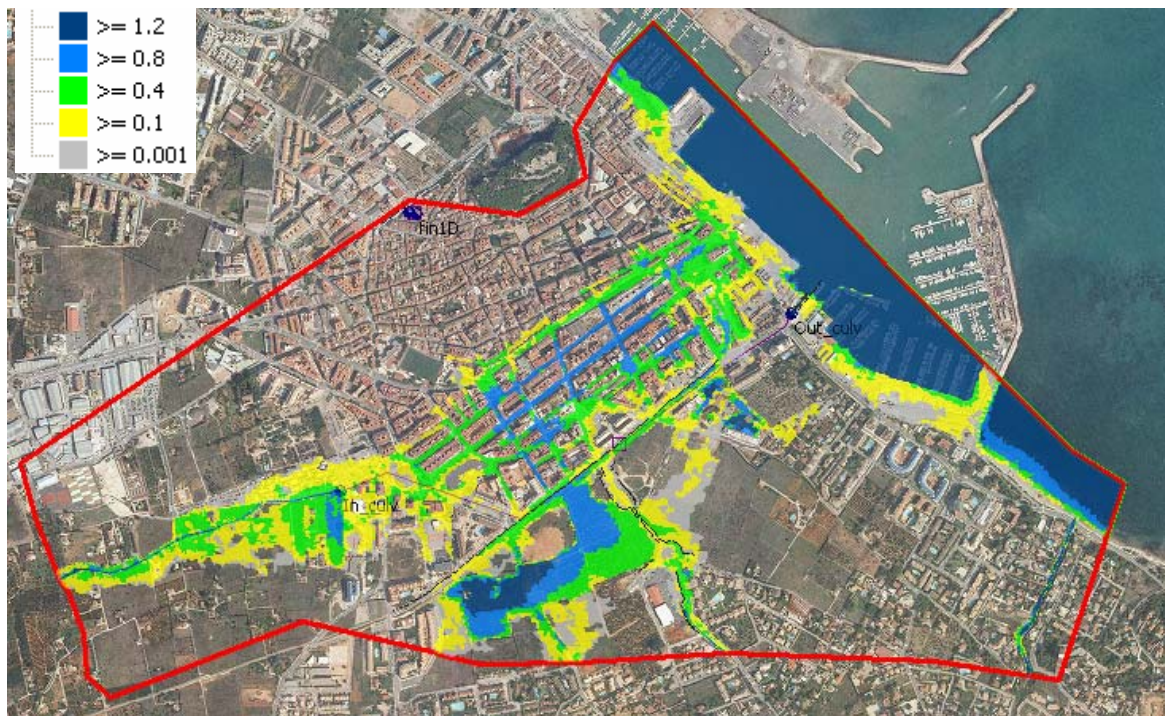


Figura 122: Simulación modelo barranco Coll de Pou para periodo de retorno de T10.

Existe un muro lateral entre la salina y Denia con altura de 60 cm pero abierto para el acceso de las calles perpendiculares, esto produce que las aguas entren a la ciudad sin problemas. En la siguiente indican las direcciones de flujo y zonas por donde comienzan las inundaciones de la ciudad.

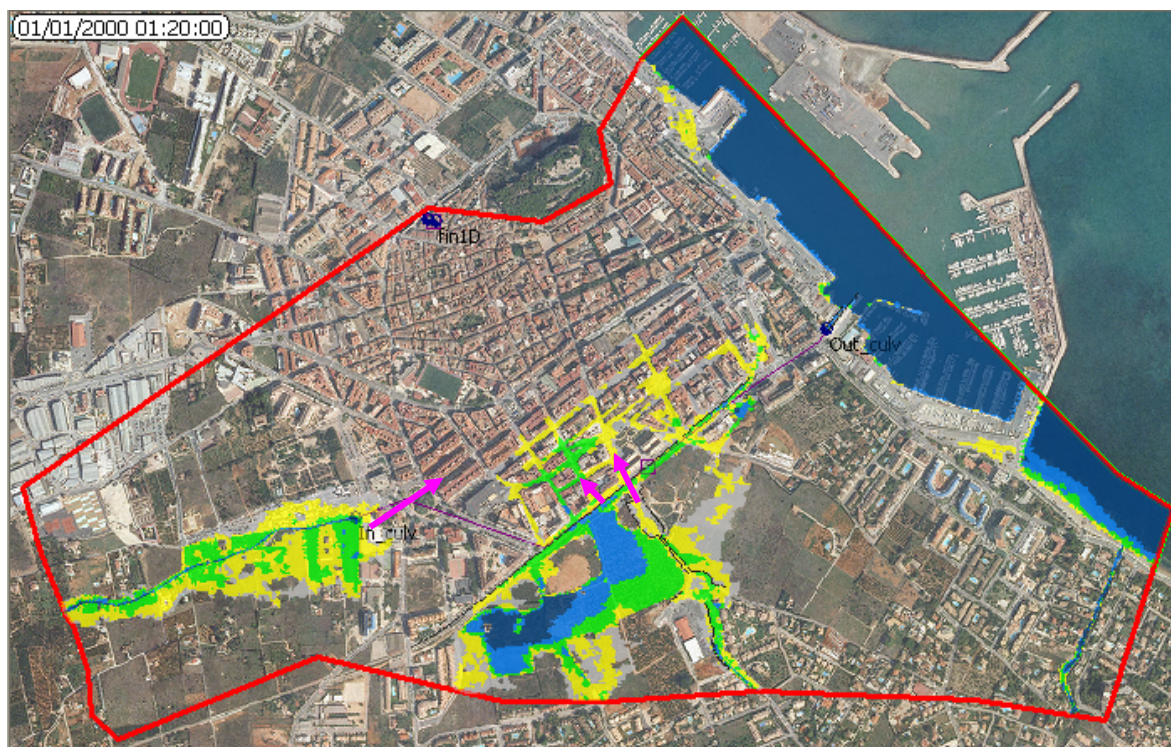


Figura 123: Zonas y direcciones de flujo (en flechas magenta) que provocan la inundación de Dénia para periodo de retorno de T10.

El culvert de la desembocadura del barranco de Coll Pou solo permite desaguar hasta un máximo de $16 \text{ m}^3/\text{s}$ por lo que el resto de los caudales desbordan e inundan las calles de la ciudad hasta desembocar en el puerto.

6.4.5.2.- T25

Al igual que para el período de retorno de 10 años se inundan las calles de Denia a causa de los caudales provenientes de los barrancos de las salinas y de Coll Pou. Los calados máximos llegan a superar los 120 cm en el Passeig del Saladar. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

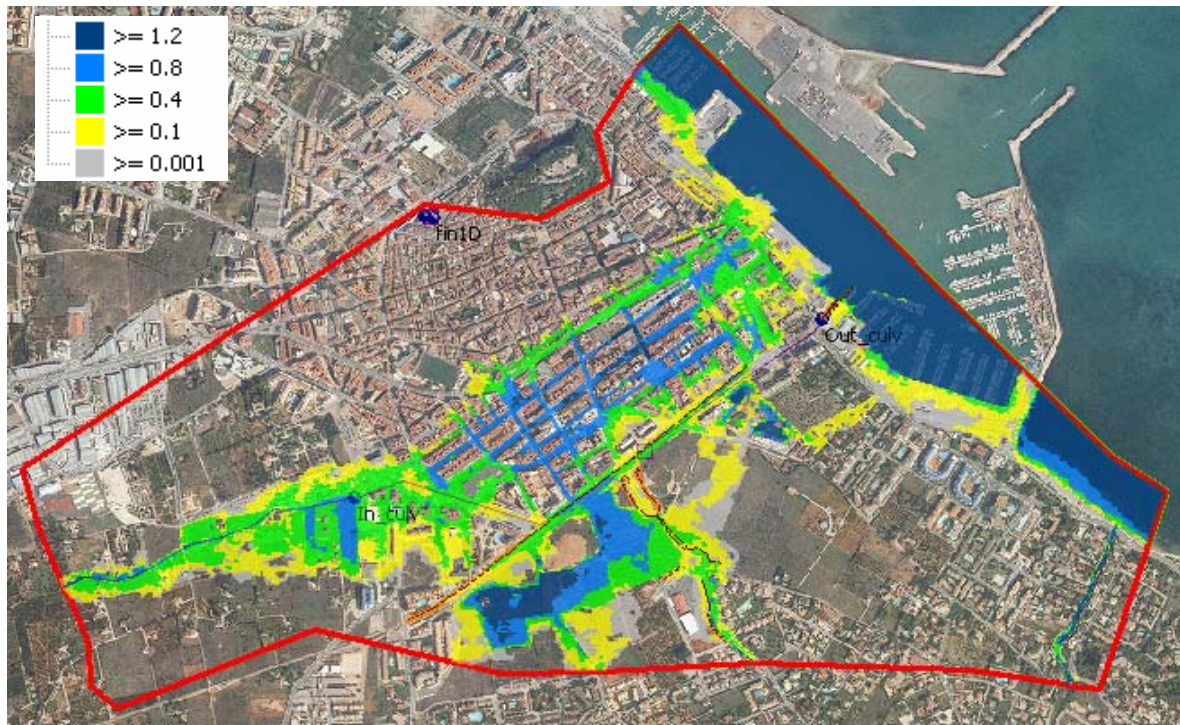


Figura 124: Simulación modelo barranco Coll de Pou para periodo de retorno de T25.

6.4.5.3.- T50

Para T50 las calles inundadas son las mismas que para T25, los calados en la calle Fernández Particio y Passeig del Saladar alcanzan los 150 cm. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

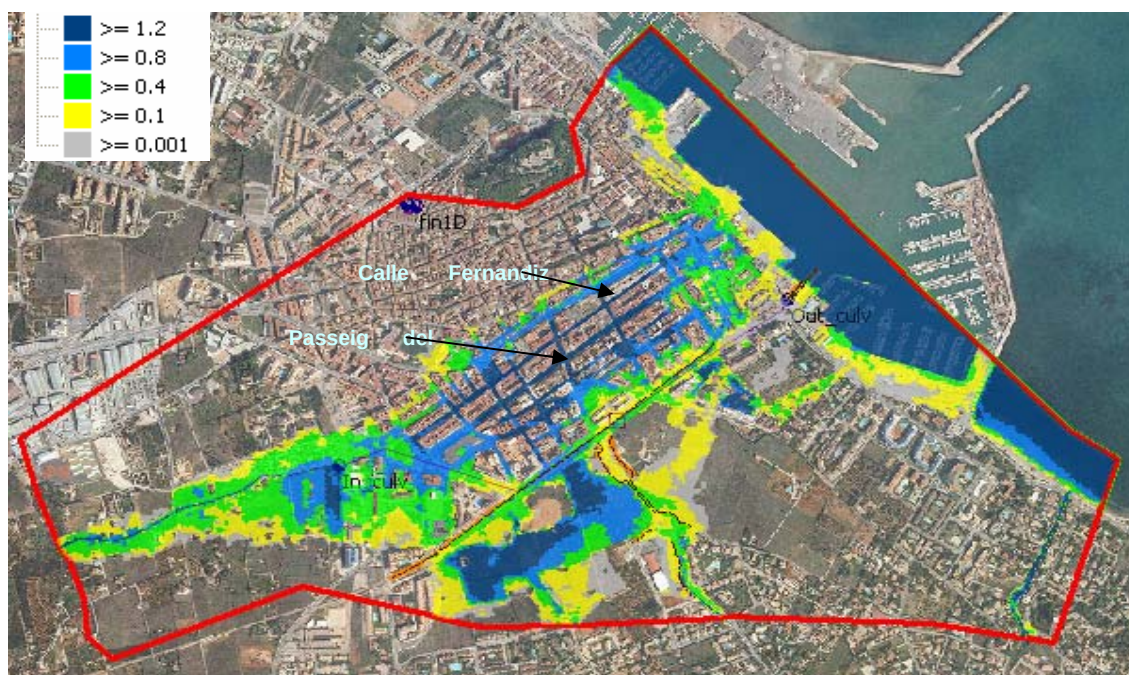


Figura 125: Simulación modelo barranco Coll de Pou para periodo de retorno de T50.

6.4.5.4.- T100

Para 100 años de período de retorno se han simulado dos eventos 2-3-035 (figura 65) y 3-2-008 (figura 66) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados que las inundaciones son mayores para el evento 3-2-008 (figura 66) debido a los caudales de los barrancos de entrada al saladar, y por otro lado las inundaciones causadas por el barranco de Coll de Pou son mayores las del evento 2-3-035 (figura 65).

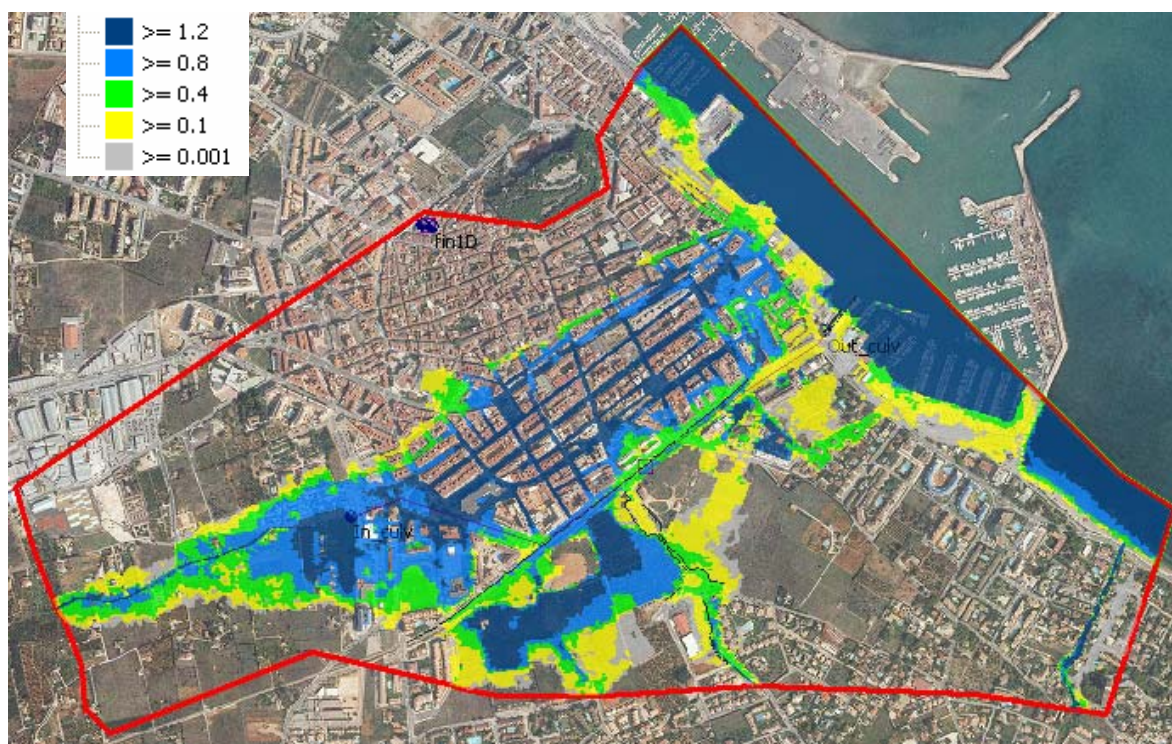


Figura 126: Simulación modelo barranco Coll de Pou para periodo de retorno de T100. Evento 2-3-035. Evento 3-2-008

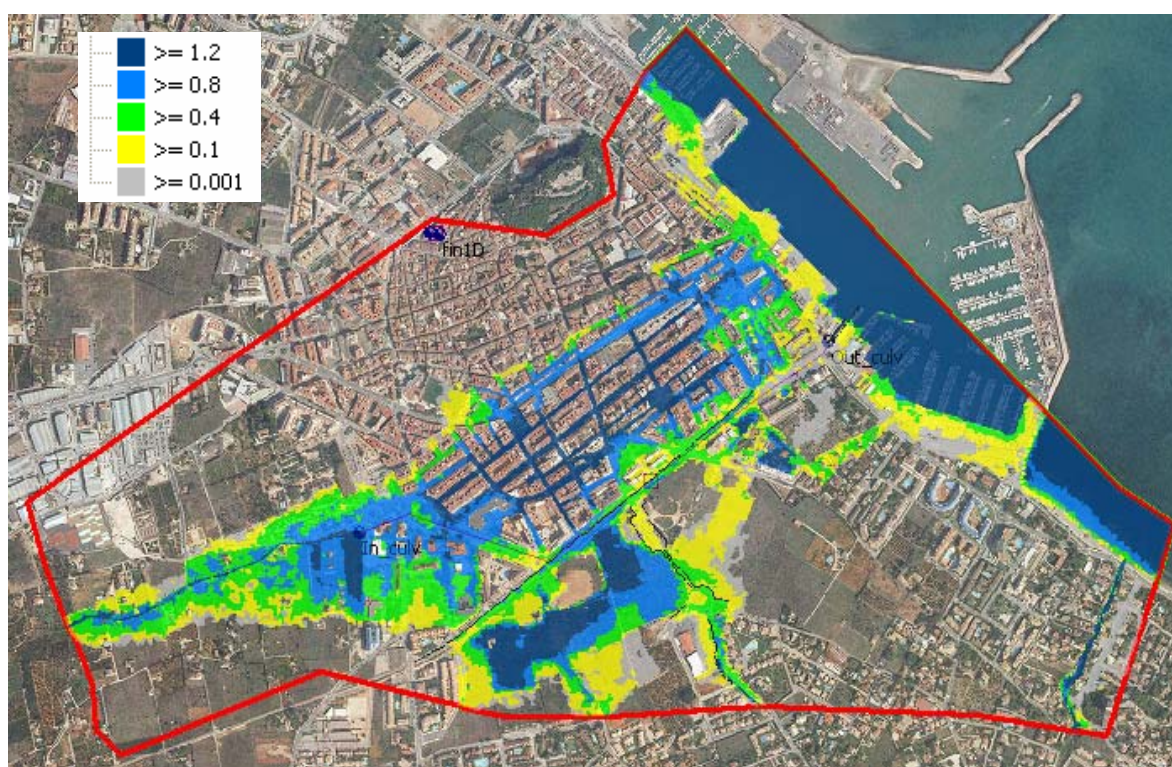


Figura 127: Simulación modelo barranco Coll de Pou para periodo de retorno de T100. Evento 3-2-008.

La igual que para los períodos de retorno inferiores a este las inundaciones se mantienen dentro de las mismas calles Denia con calados que superan los 150 cm.

6.4.5.5.- T500

Para 500 años los calados en las calles llegan a alcanzar los 2 metros de altura con inundaciones generalizadas dentro de la ciudad al igual que para T100. Los caudales que puede desaguar el culvert del barranco de Coll de Pou alcanzan un máximo de 22 m³/s. En la siguiente figura se muestran los calados máximos en toda la extensión del modelo.

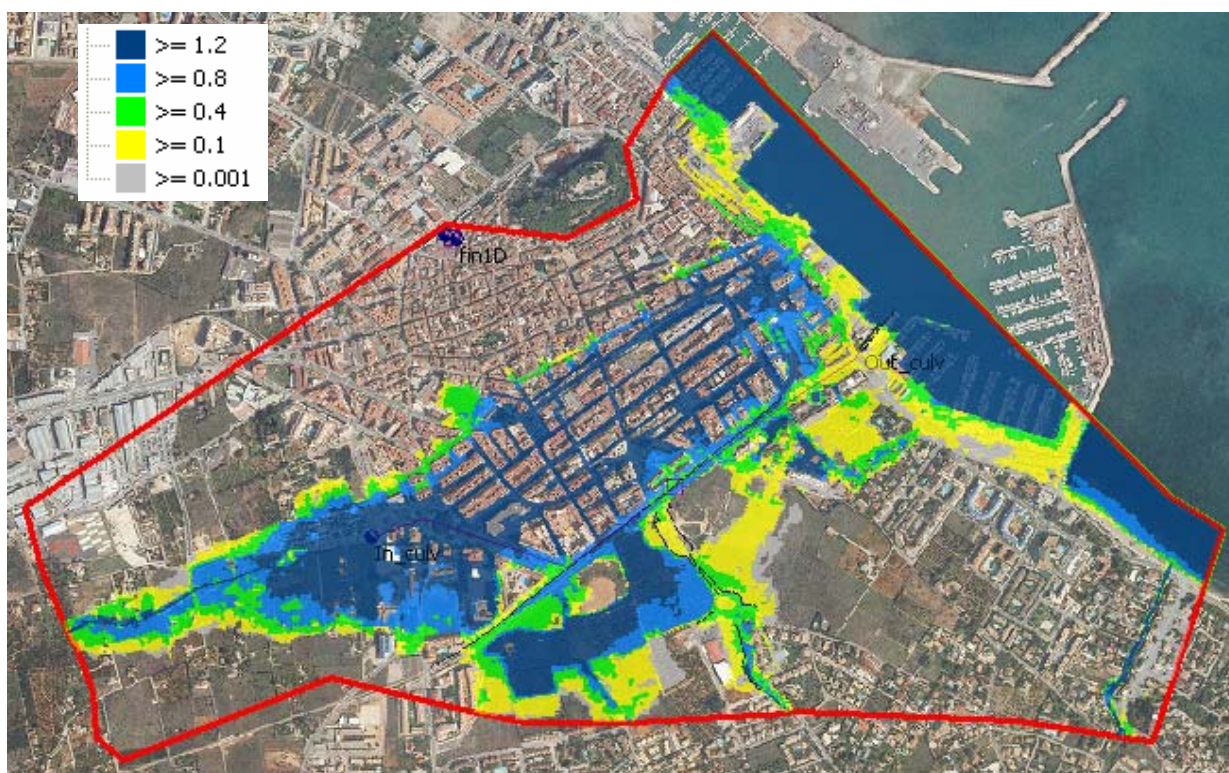


Figura 128: Simulación modelo barranco Coll de Pou para periodo de retorno de T100. Evento 3-2-008.

6.5.- JÁVEA

El modelo hidráulico Javea tiene como objetivo simular los flujos generados por río Gorgos y sus afluentes como también los afluentes a las salinas o Saladar. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

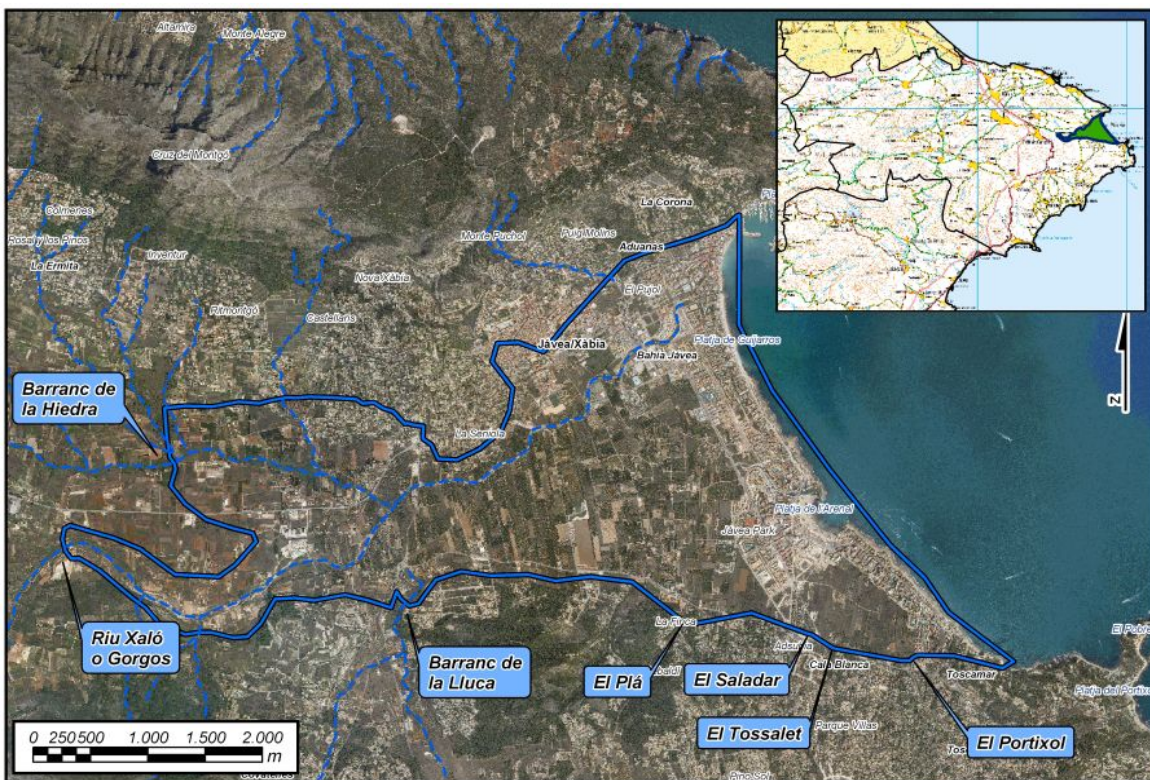


Figura 129: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.5.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (200 m² y 10 m² respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 20 m² y un mínimo de 2 m² para la malla del río Gorgos, y de 4m² y 1m² para las zonas de los caminos ubicados en la zona de la plana de inundación y desembocadura de la Salina. En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

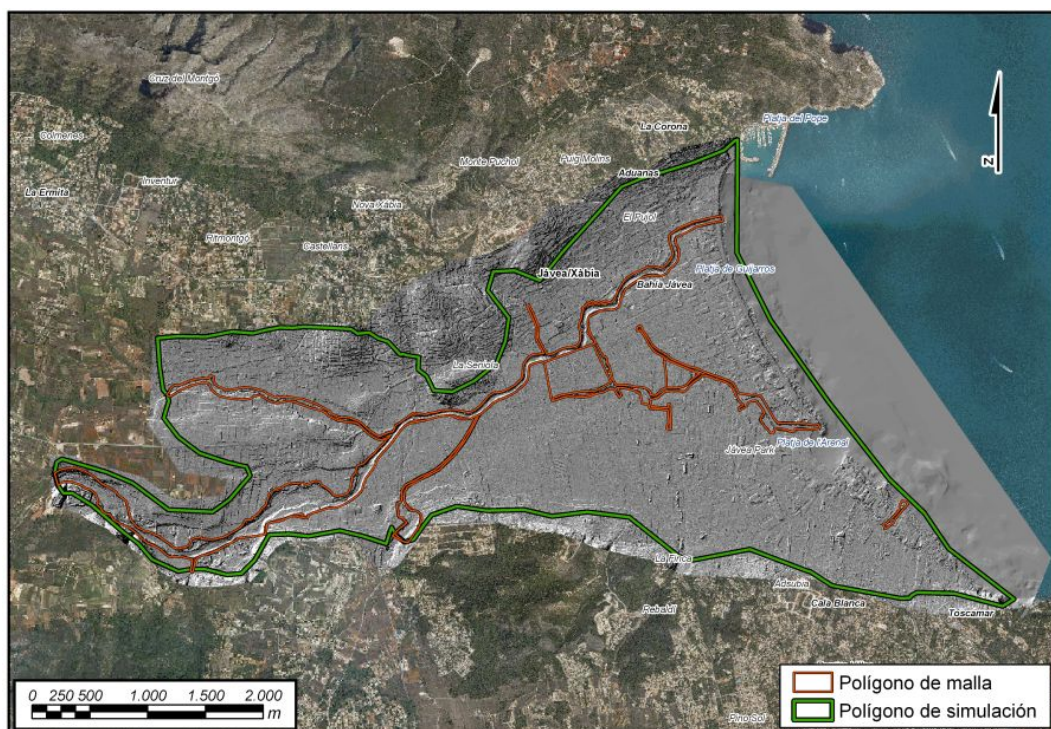


Figura 130: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 218196 triángulos y 113217 vértices. El área total del modelo es de 11.3 km².

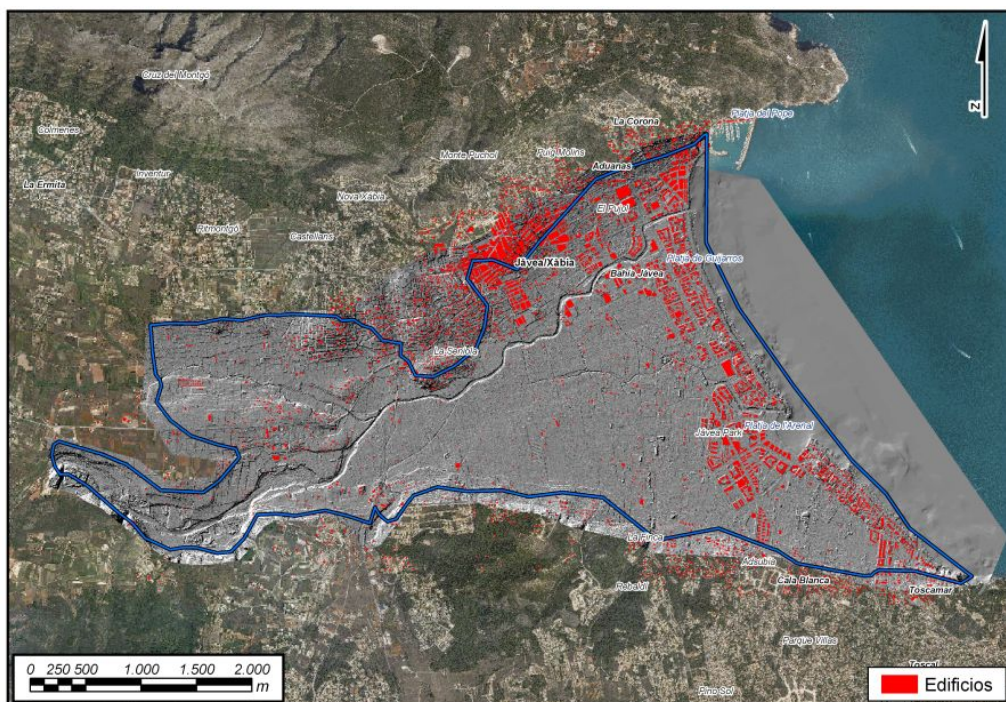


Figura 131: Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

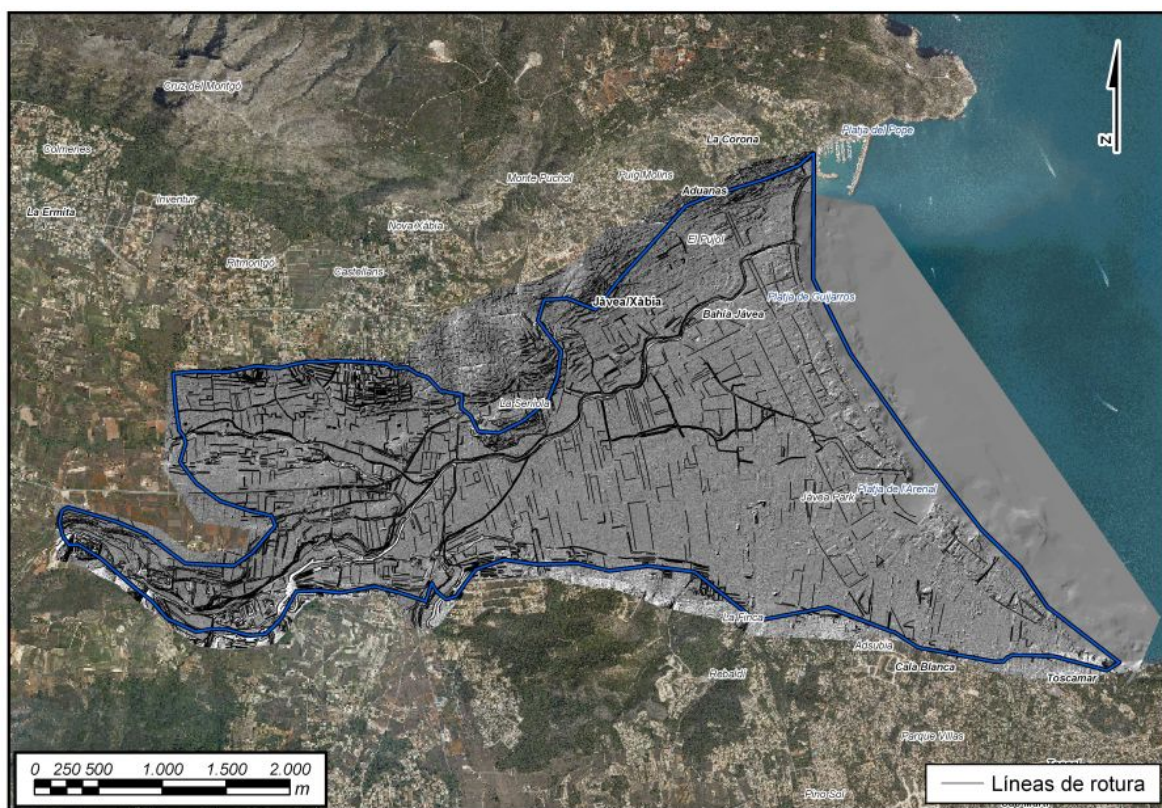


Figura 132: Líneas de rotura.

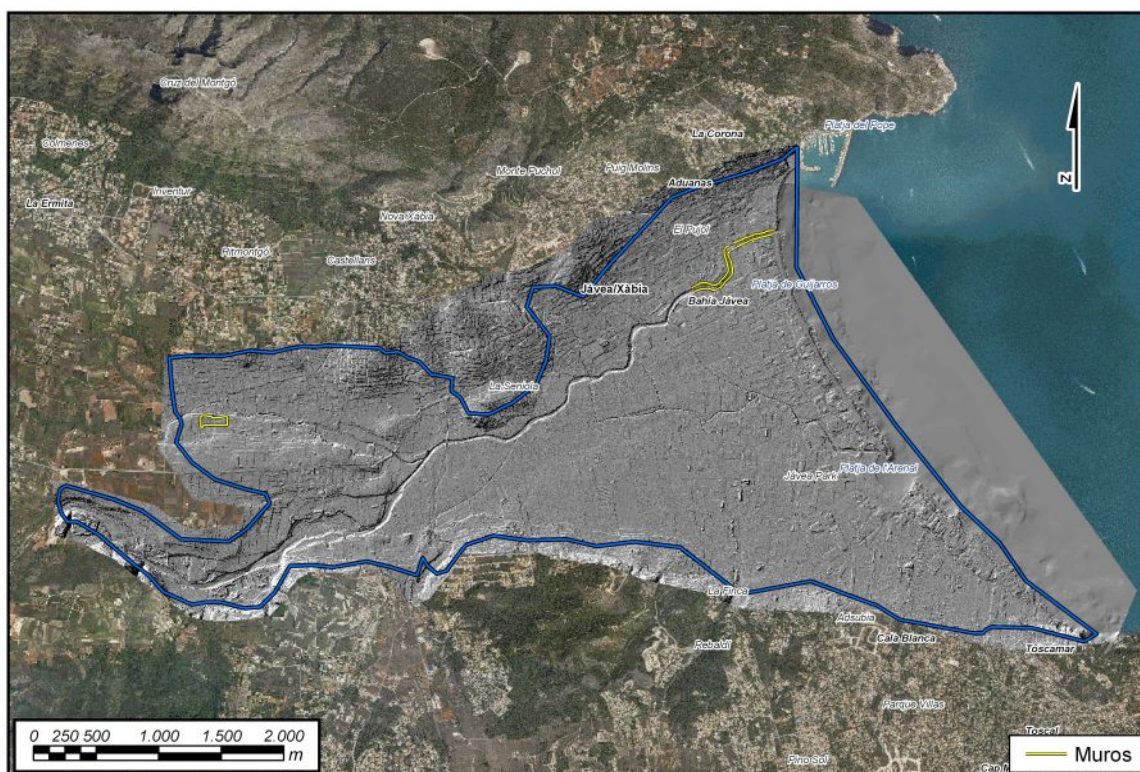


Figura 133: Muros.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

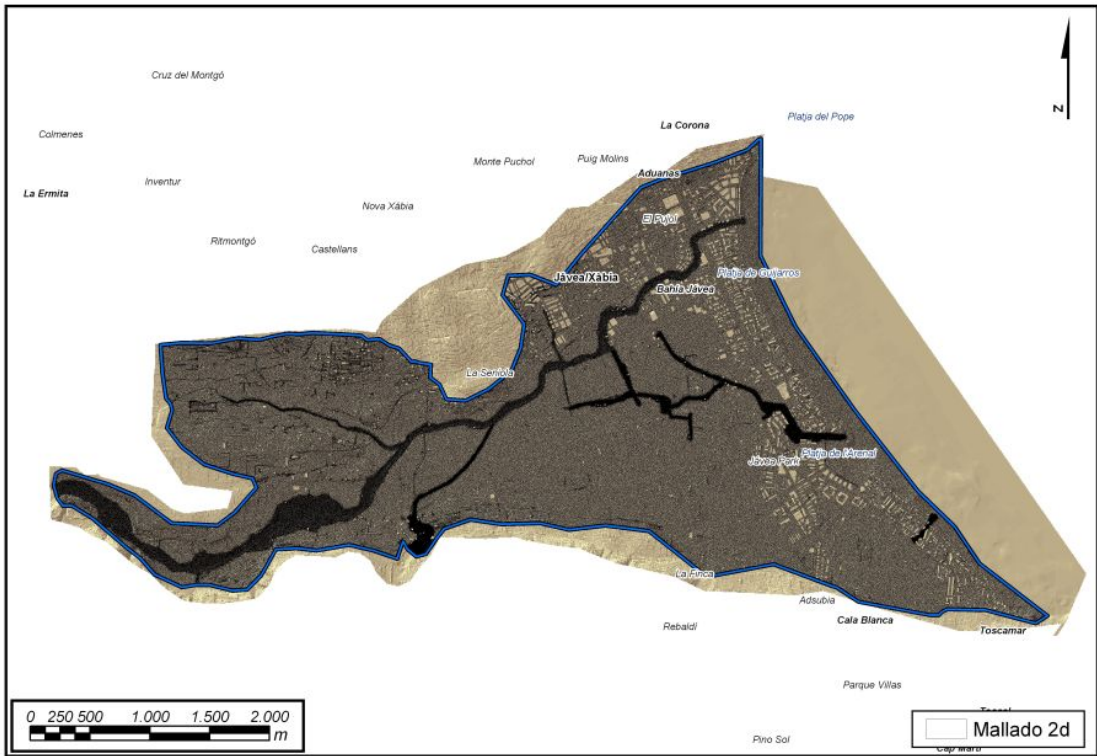


Figura 134: Malla triangular de simulación.

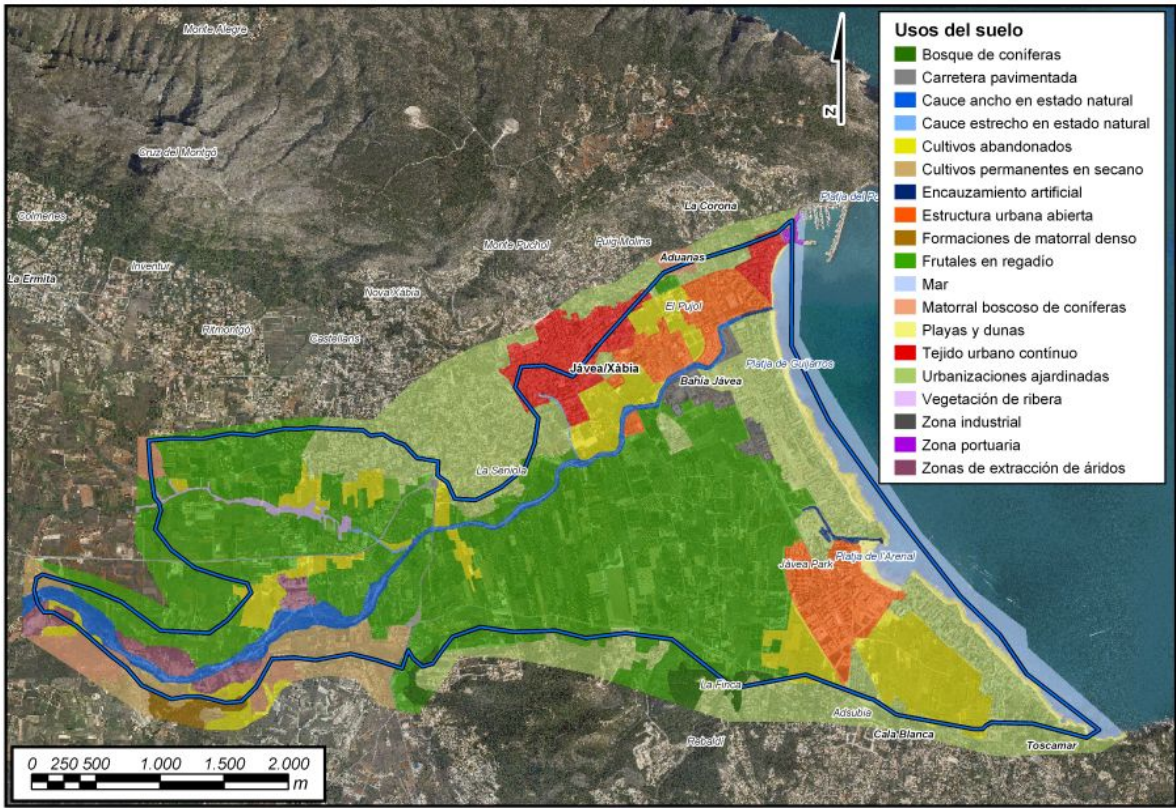


Figura 135: Polígono de rugosidad

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

6.5.2.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de lridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 30: Relación usos del suelo manning.

6.5.3.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del río Gorgos, el barranc de la Hiedra, el barranc de la Lluca y los barrancos que desembocan en la salina. Se eligen

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

del estudio hidrológico 8 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25 (2 episodios), 50, 100 y 500 años (3 episodios). En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.

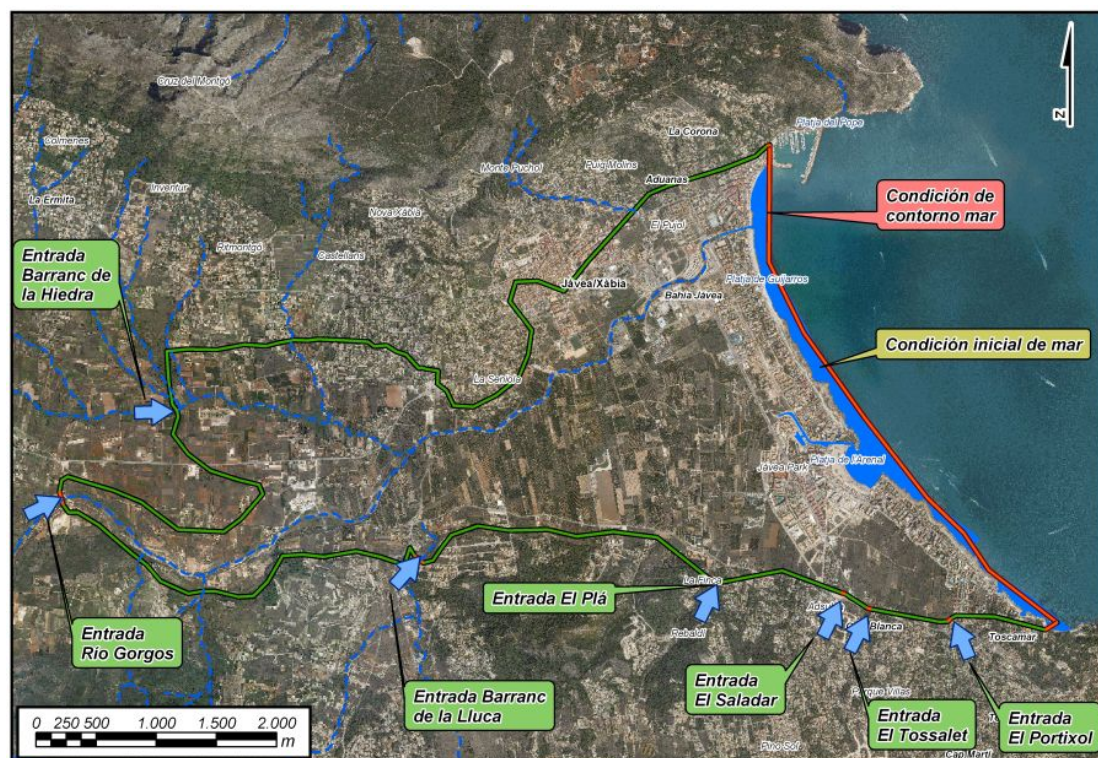


Figura 136: Condiciones de contorno e iniciales

Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea para los 5 períodos de retorno analizados.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

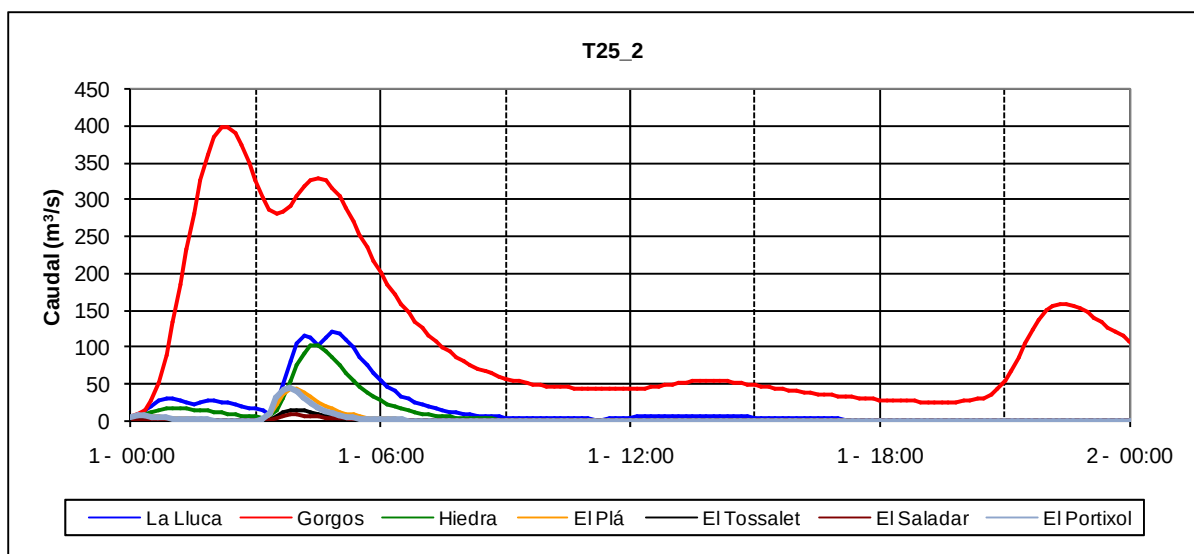
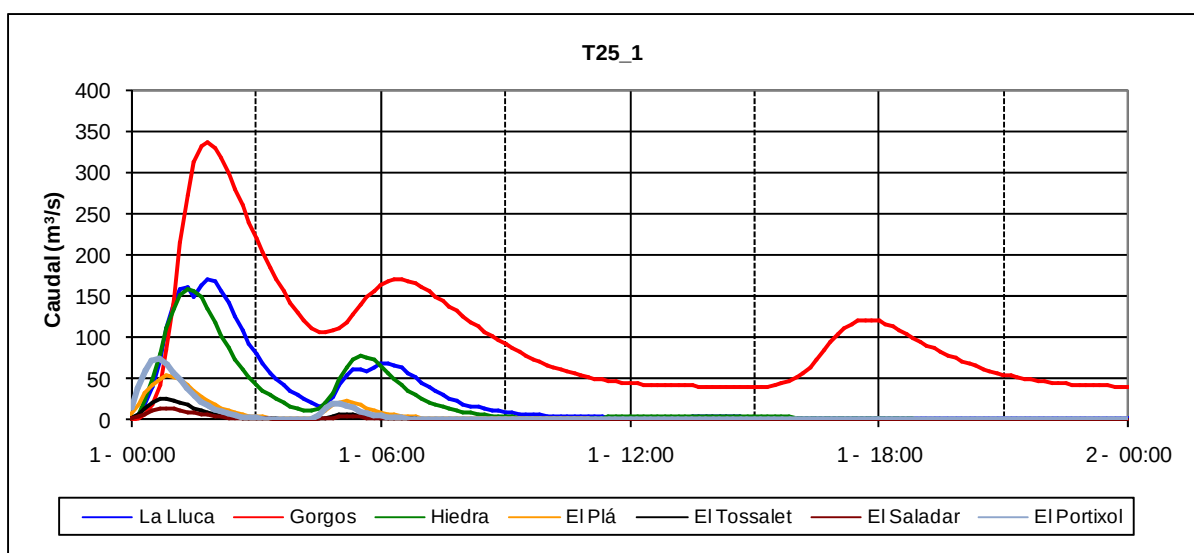
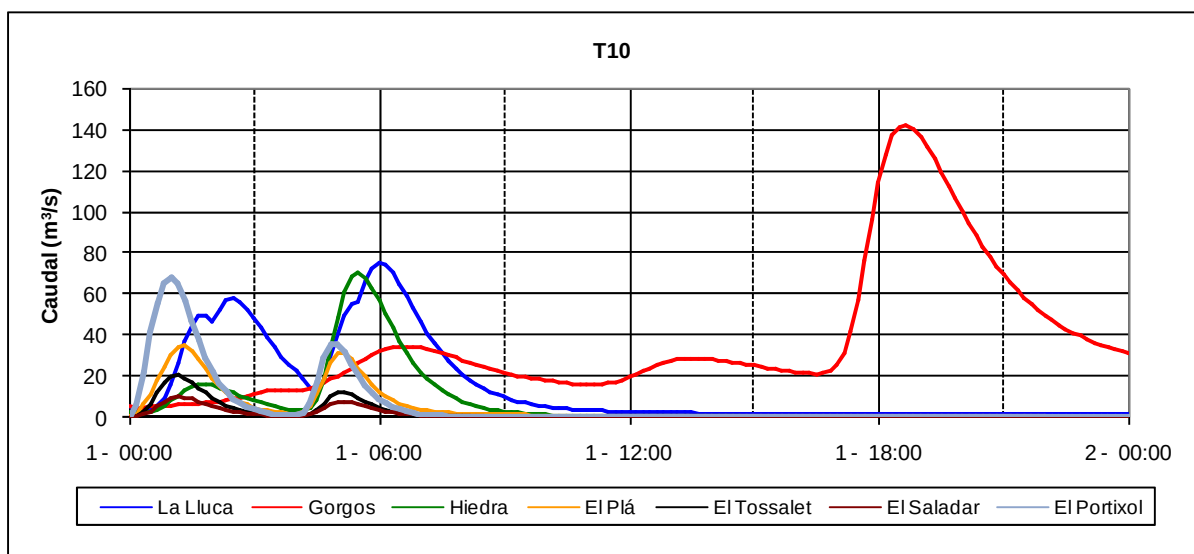
Tabla 31: Condición inicial de marea

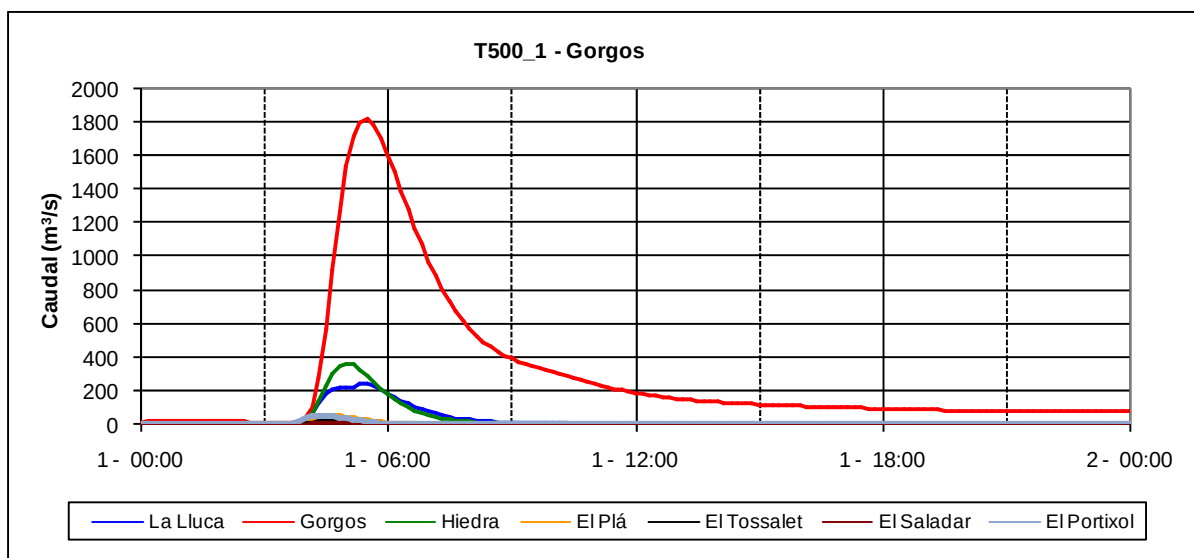
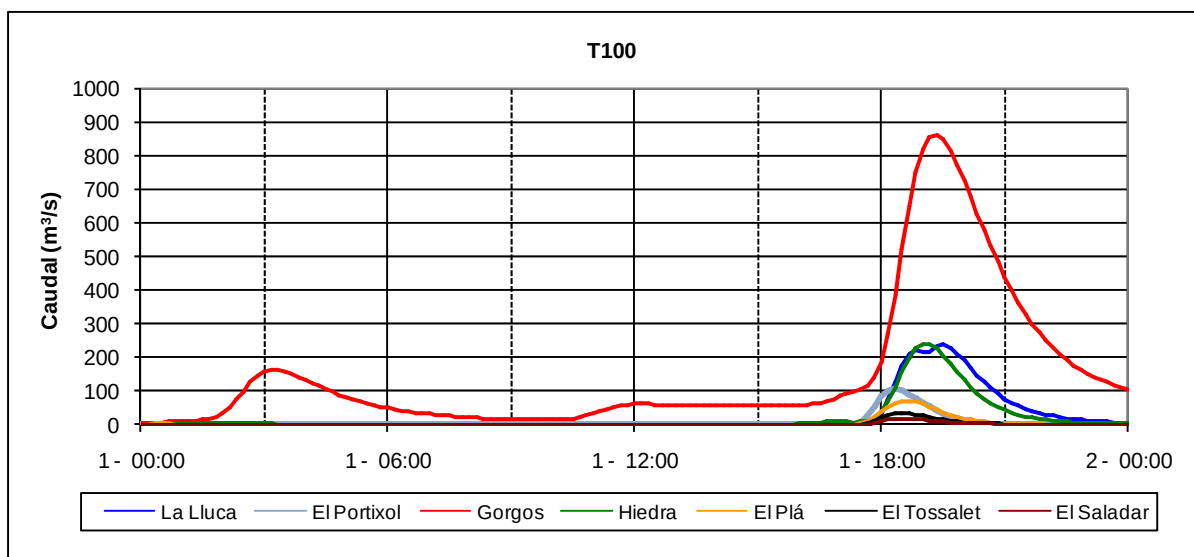
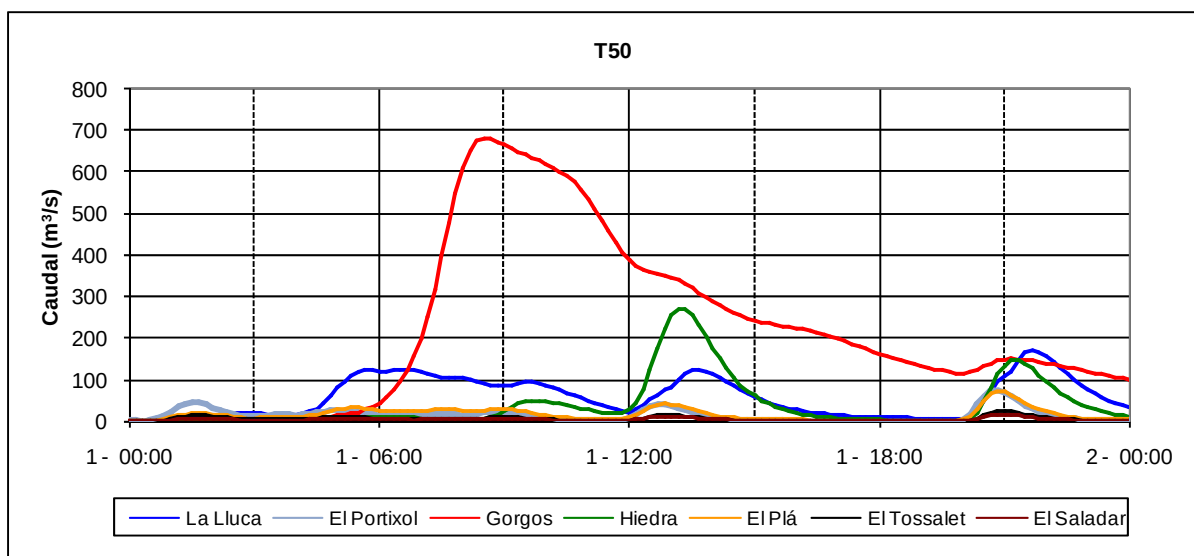
Debido al gran tamaño de la zona a modelar no se han encontrado eventos con períodos de retorno de 500 años y 25 años en todas las entradas al modelo. Por este motivo se han realizado más de una simulación en estos dos casos.

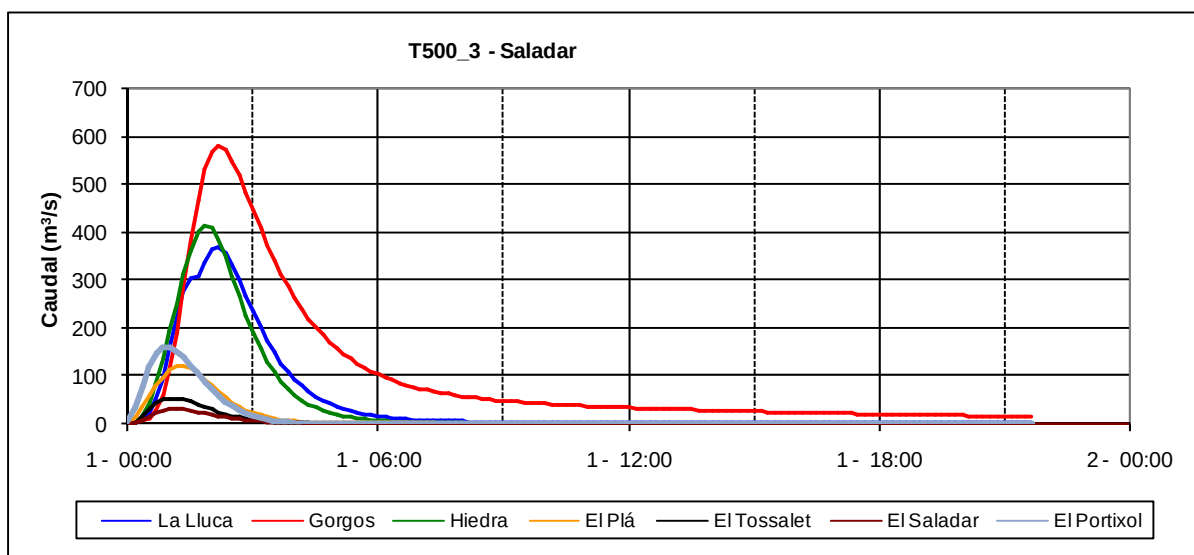
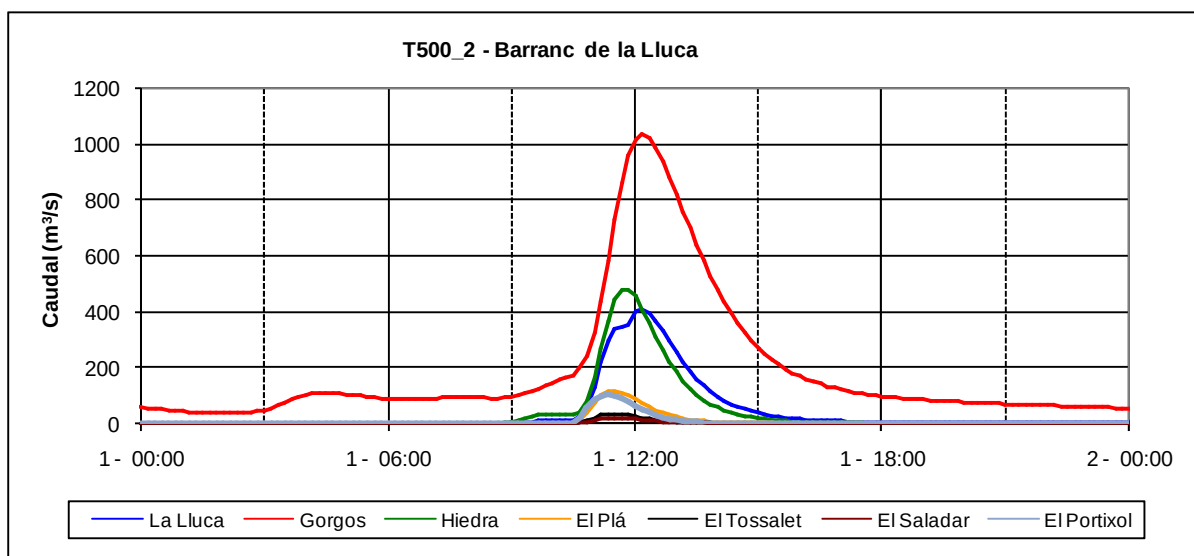
Para T25 se ha simulado:

- **T25_1** : evento 3-2-075 que equivale a un período de retorno de 25 años en el río Gorgos y los barrancos que desaguan en el Saladar, en los demás entradas el período de retorno es mayor.
- **T25_2** : evento 3-1-604 que equivale a un período de retorno de 25 años en el río Gorgos y el barranco de la Lluca , en los barrancos que desaguan en la Salina el período de retorno equivalente es menor.
- Para T500 se ha simulado:
- **T500_1**: evento 3-2-192 que equivale a un período de retorno de 500 años en el río Gorgos.
- **T500_2**: evento 1-2-163 que equivale a un período de retorno de 500 años en el Barranc de la Lluca .
- **T500_3**: evento 1-2-007 que equivale a un período de retorno de 500 años en las Entradas al Saladar.

En las siguientes figuras se muestran lo hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las ocho simulaciones realizadas.







En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

	3-1-165	3-2-175	3-1-604	1-3-009	1-2-163	3-2-192	3-2-163	1-2-007
	Caudal máximo (m3/s)							
	T10	T25_1	T25_2	T50	T100	T500_1	T500_2	T500_3
El Saladar	9.9	13.6	8.1	15.6	18.6	11.9	21.2	31.3
La Lluca	75.0	170.9	119.4	169.1	239.9	243.0	410.5	368.9
Gorgos	142.4	337.0	398.2	681.6	863.1	1817.9	1033.3	579.3
Hiedra	70.1	158.7	101.0	270.3	241.9	367.6	481.0	415.1
El Plá	35.1	53.4	42.8	70.8	71.3	60.0	119.6	122.4
El Tossalet	20.4	26.0	14.4	24.2	35.0	20.9	35.8	54.4
El Portixol	68.2	74.4	44.0	74.2	105.2	56.3	105.2	161.4

Tabla 32: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.5.4.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Los llanos del río Gorgos comienzan a inundarse para períodos de retornos bajos debido a las aguas provenientes del barranco de la Lluca y de los barrancos que drenan al mismo. En la desembocadura de los mismos se une a la zona del saladar donde se acumulan las aguas sin posibilidad de desaguar al mar debido a la sobre elevación del terreno a lo largo de toda la costa. El área de inundación es muy similar entre períodos de retorno de 25 a 500 años con aumento de calados superando los dos metros en el último mencionado. EL río Gorgos tiene una capacidad de desagüe de 250 m³/s por lo que los caudales superiores a estos desbordan por margen derecha dirigiéndose al saladar y a la playa del Arenal.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.5.4.1.- T10

Para periodos de retorno de 10 años no se producen desbordamientos significantes en el río Gorgos. La mayor parte de las inundaciones son producidas por los caudales provenientes del Barranc de la Lluca cuyo cauce desaparece en la plana de inundación produciéndose inundaciones generalizadas paralelas al río Gorgos sin poder ser encauzadas por el mismo. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.

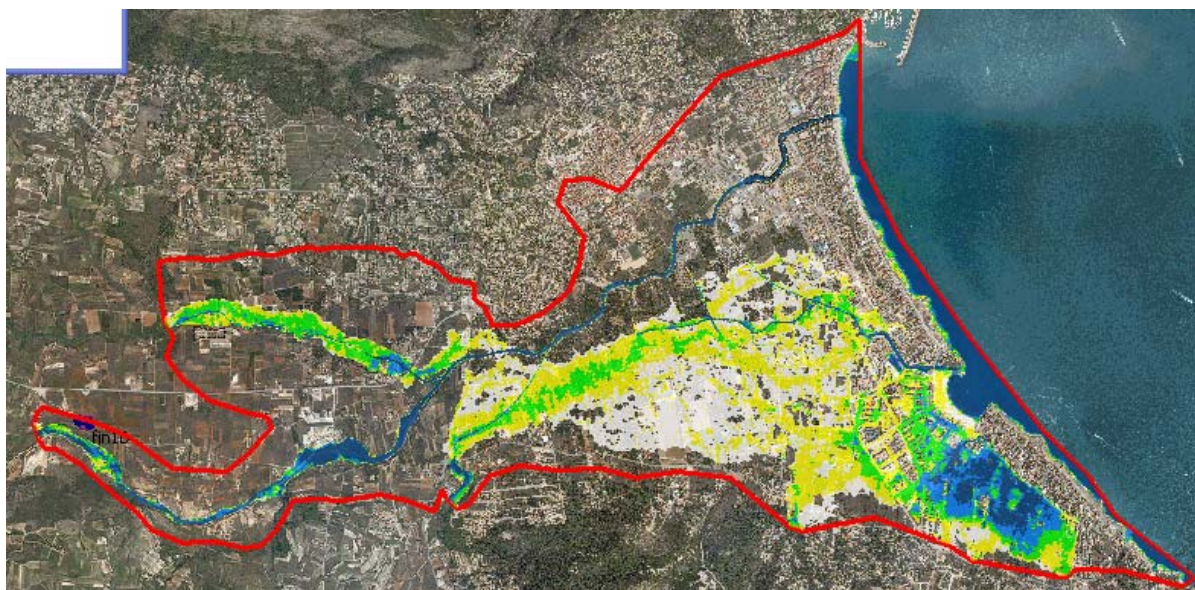


Figura 137: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T10.

La siguiente gráfica muestra los caudales de entrada y de salida del río Gorgos donde se puede observar el desfase de los caudales máximos y la poca laminación de los mismos.

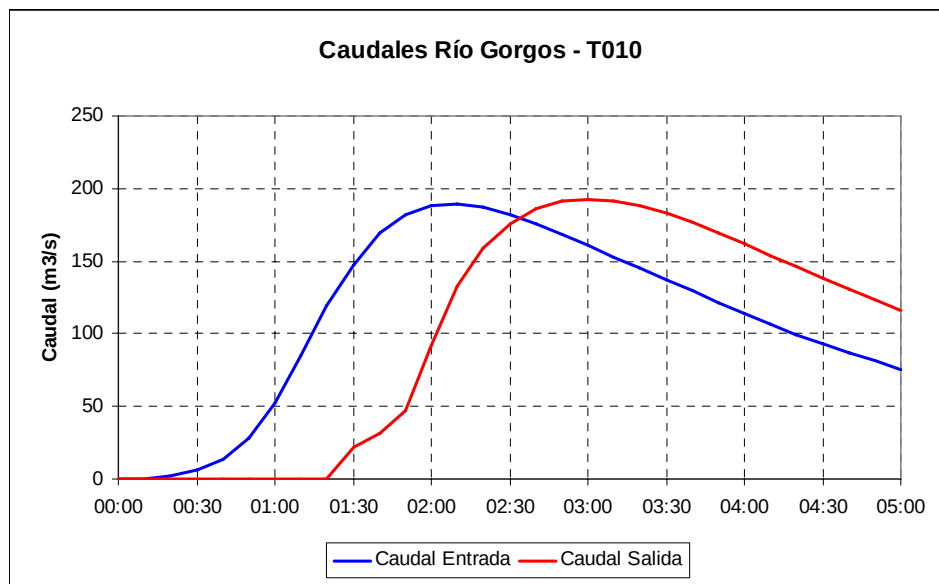


Figura 138: Desfase entre caudales de entrada y salida del río Gorgos.

En la siguiente figura se muestra la zona donde desaparece el cauce del Barrac de la Lluca

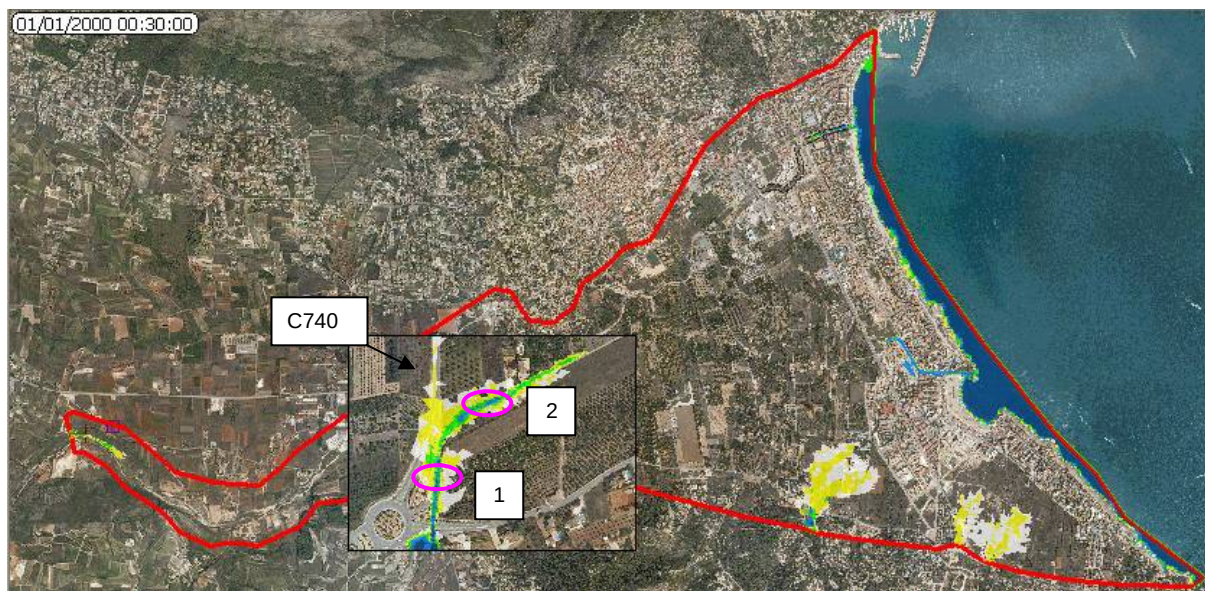


Figura 139: Tramo encauzado del barranco de la Lluca. En el punto 2 desaparece y se transforma en camino-barranco.

En la foto 52 donde se puede ver a la derecha el encauzamiento (zona 1) y a la izquierda el camino rural que luego dobla hacia el este transformándose en el cauce.

La carretera de Benitachel (CV740) se ve afectada por los caudales que no se encauzan por el camino rural.



Foto 14: Tramo encauzado del barranco de la Lluca

En la foto 53 (zona 2) se muestra el tramo donde no existe encauzamiento y se puede observar el camino con cota inferior a los campos de las dos márgenes. Se puede observar que el resguardo de margen derecha es inferior produciéndose los desbordamientos hacia la zona este del modelo.



Foto 15: Camino por donde discurre sin cauce el barranco de la Lluca

Se produce acumulación de agua en la zona del saladar debido a desconexión con el mar produciéndose calados superiores a los 80 cm. Seguidamente se muestran las direcciones del flujo de los caudales provenientes del Barranc de la Lluca y de los barrancos del Saladar donde parte de los caudales de la Lluca se dirigen hacia el saladar y 70 m³/s desaguan por el cauce.

La única conexión el saladar con el mar es a través de las calles de las urbanizaciones al noreste del mismo.

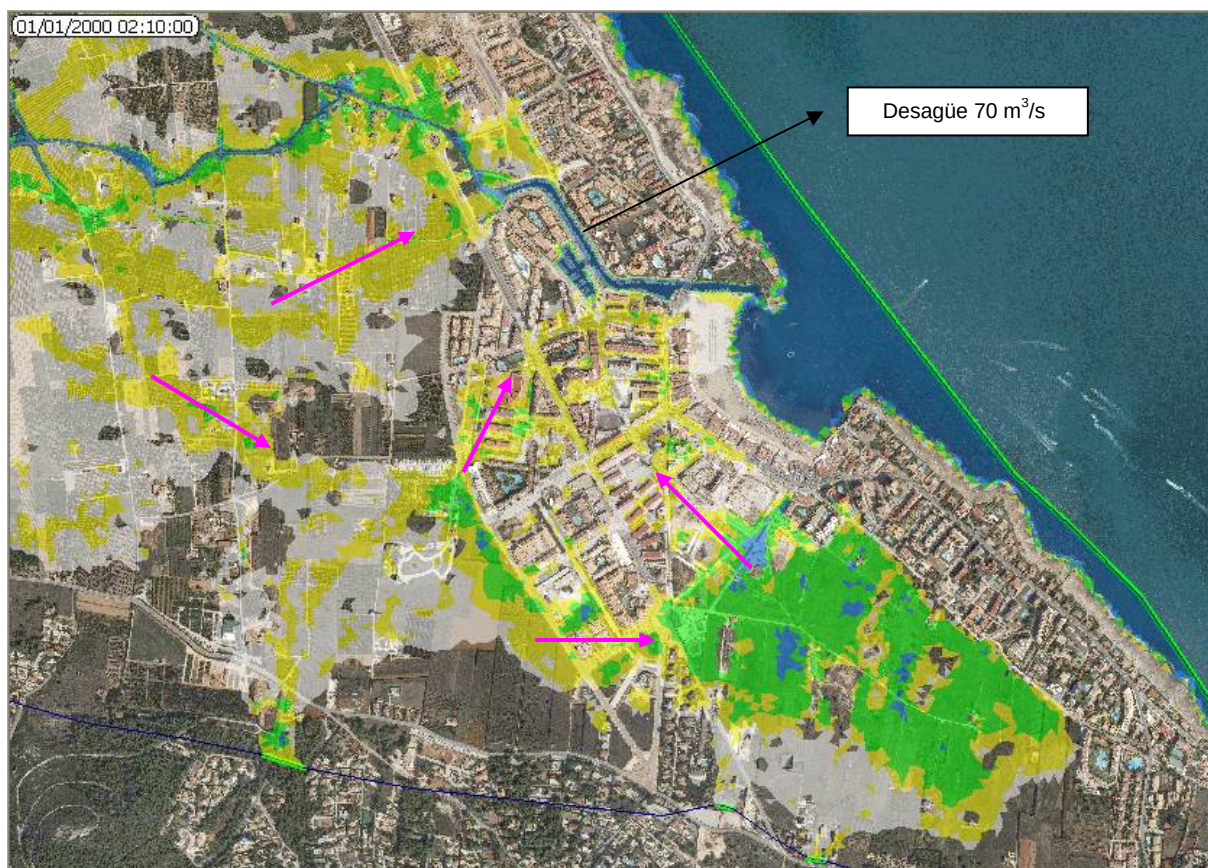


Figura 140: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T10. Zona del Saladar y Playa del Arenal.

6.5.4.2.- T25

Se han realizado dos simulaciones de diferentes eventos debido a la falta de eventos con igual período de retorno en todas las entradas al modelo. Le evento 3-2-075 corresponde a un período de retorno de 25 años en las entradas al saladar y en el río Gorgos y el evento 3-1-604 corresponde a un período de retorno de 25 años en el Gorgos y en la Lluca. En las siguientes figuras se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo para las dos simulaciones.

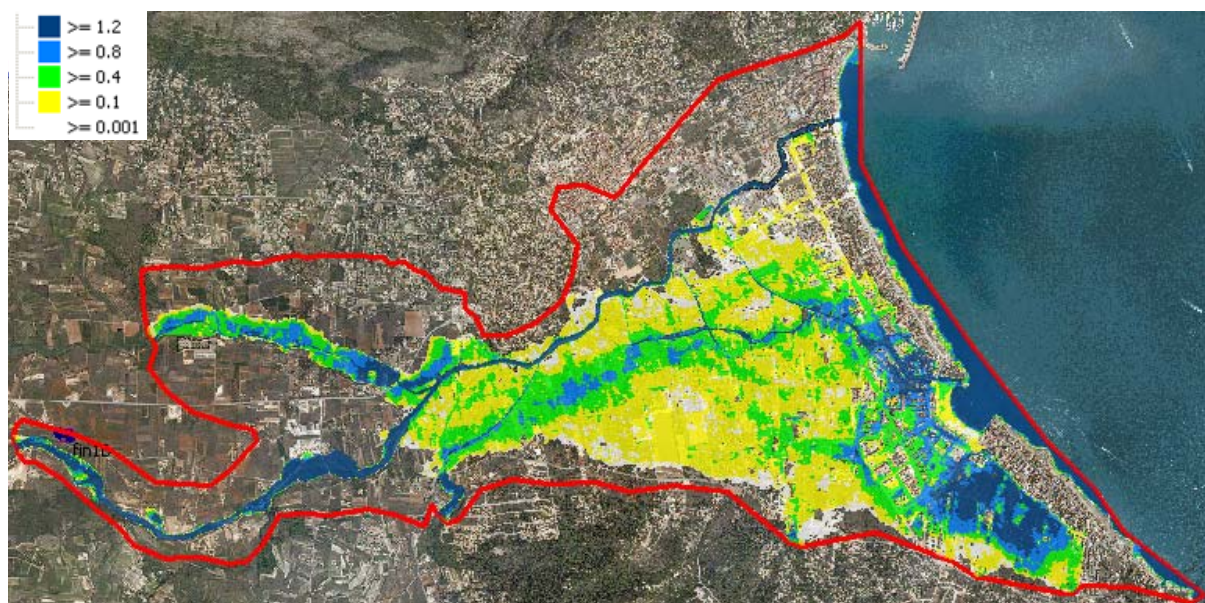


Figura 141: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T25. Evento 3-2-075



Figura 142: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T25. Evento 3-1-604

Para el evento 3-2-075 los caudales de entrada por el barranc de la Lluca superan los 25 años de período de retorno por lo que el análisis de la zona de los llanos debe ser analizada con la simulación del evento 3-1-604. En este último evento los caudales de entrada al saladar son menores a los correspondientes a un T25, pero como los calados dentro del saladar son altamente influenciados por los caudales desbordados en los llanos se puede utilizar esta misma simulación para el análisis de toda la zona.

Por estos motivos se analizará el evento 3-1-604 para caracterizar el período de retorno de 25 años en todo el ámbito del modelo.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

En la siguiente figura se muestra el inicio de desbordamiento del río Gorgos como indica también en estudio geomorfológico en la figura próxima.



Figura 143: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T25. Inicio desbordamientos río Gorgos.

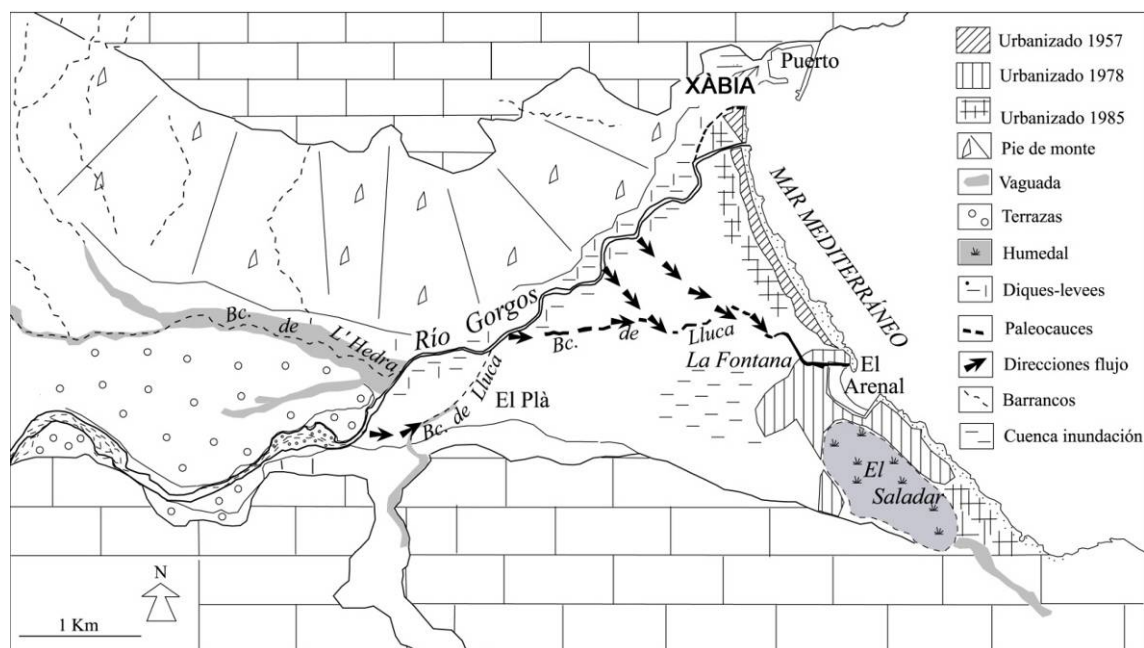


Figura 144: Esquema geomorfológico de la zona inundable del río Gorgos en la bahía de Xàbia. Modificado de Camarasa et al. (1991).

Se producen desbordamientos generalizados por los llanos sin posibilidad de desaguar al mar debido a la sobre elevación del terreno a lo largo de la costa. La desembocadura del río Gorgos permite desaguar hasta 240 m³/s.

6.5.4.3.- T50

Para T50 se producen inundaciones con similares extensiones a los períodos de retornos inferiores aumentando los calados en las zonas bajas superando los 120 cm. El río Gorgos alcanza a desaguar hasta un caudal máximo de 240 m³/s. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

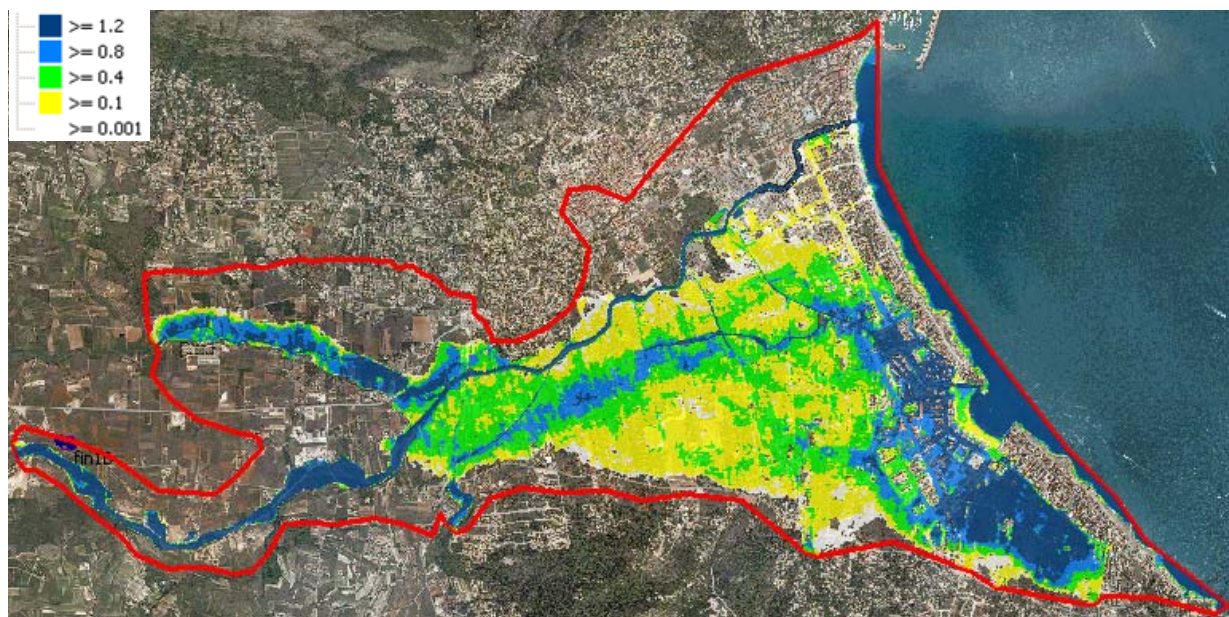


Figura 145: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T50.

Afecciones en margen izquierda del Gorgos en la desembocadura del barranc de l'Hedra donde se producen desbordamientos sobre la carretera de la Gata (CV 734). Por margen derecha del Gorgos se producen inundaciones generalizadas debido a los caudales provenientes del Barranc de la Lluca que al igual que para períodos de retorno inferiores desagua libremente en la plana sin encontrar ningún cauce definido. Hacia aguas abajo de la desembocadura se ve afectada la carretera de Benitachell (CV 740).

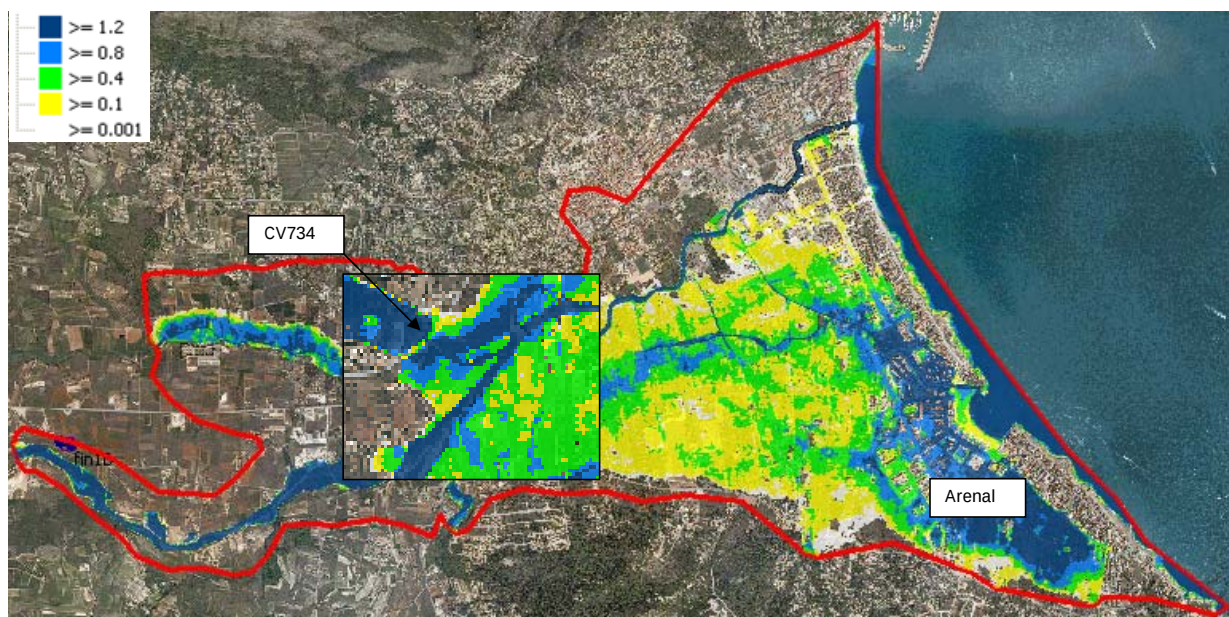
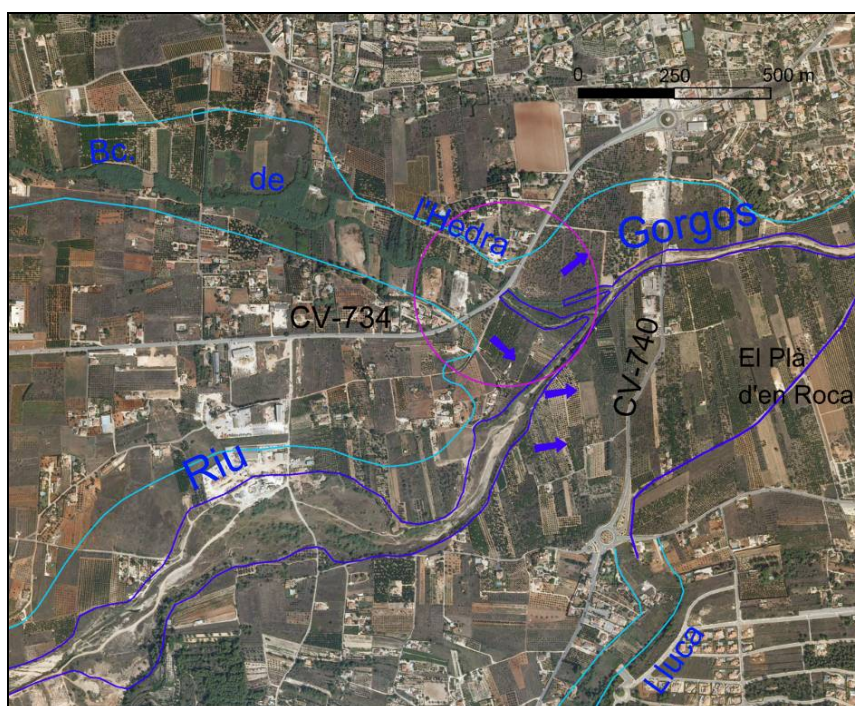
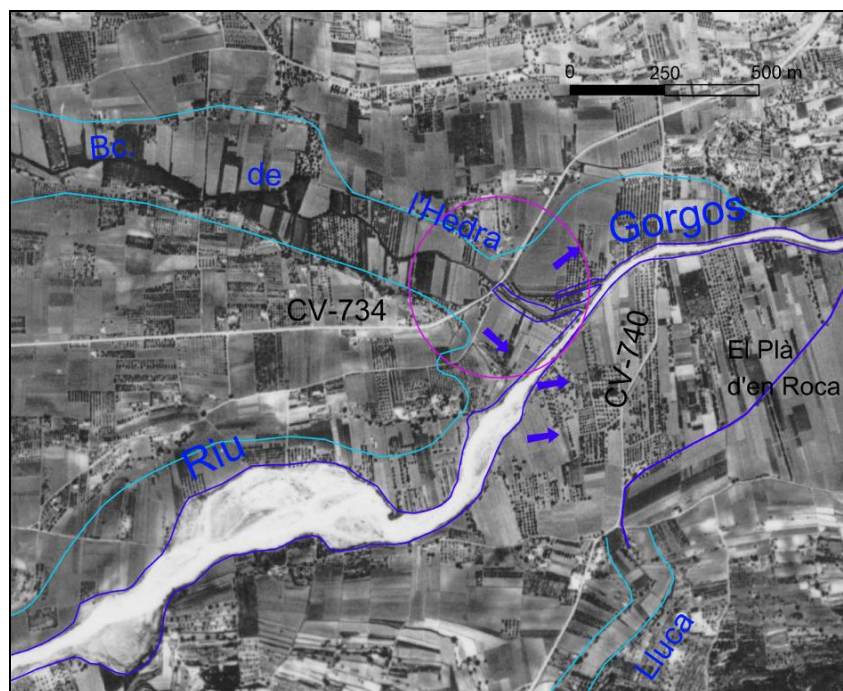


Figura 146: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T50. Detalle inundaciones CV-734 en bco. l'Hedra

Se producen desbordamientos del río Gorgos por margen izquierda que o afectan a viviendas e infraestructuras. Por margen derecha los desbordamientos se unen con las aguas provenientes del barranc de la Lluca dirigiéndose hacia el la playa del Arenal inundando toda la zona costera.

En las siguientes imágenes (obtenidas del informe geomorfológico) se observa la zona de la desembocadura del barrac de la Hedra indicando la zona inundable por margen derecha del río Gorgos.



Figuras 147 y 148: Situación de la zona inundable sobre las fotografías aéreas de 1956 y 2006. La línea azul claro delimita aproximadamente el espacio inundable en la margen izquierda del Gorgos.

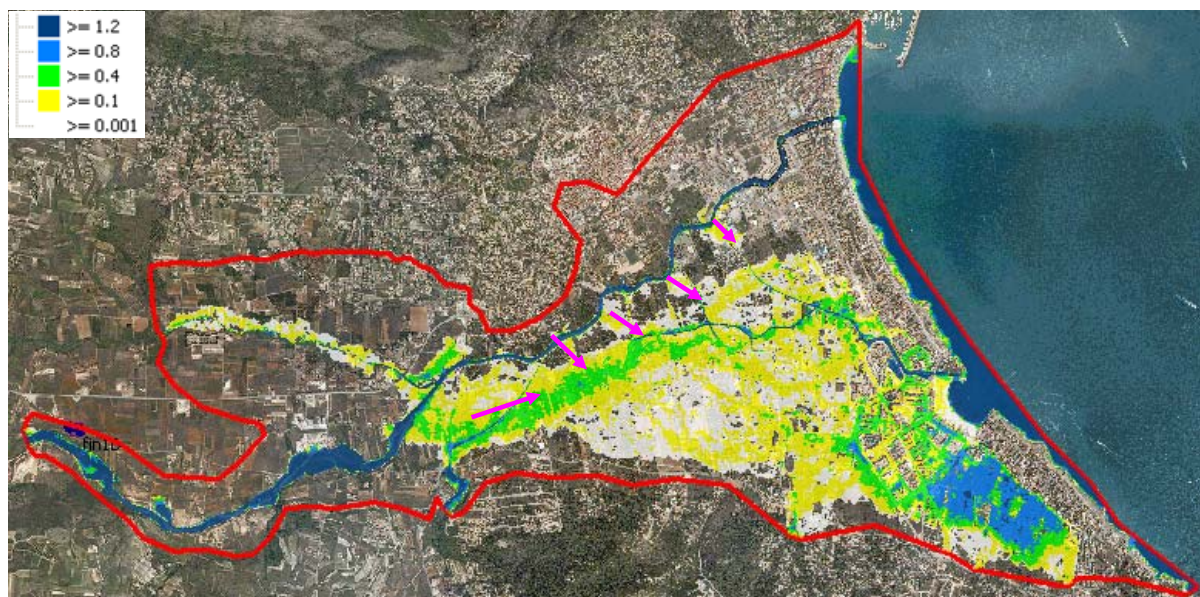


Figura 149: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T50. Desbordamientos Gorgos margen derecha

En la siguiente figura se observa la envolvente de calados máximos con el modelo digital del terreno donde se observa la desconexión entre el mar mediterráneo con el saladar debido barrera litoral fósil del Muntanyar y que se extiende entre la playa del Arenal hasta las proximidades de la Cala Blanca a lo largo de 2 Km.

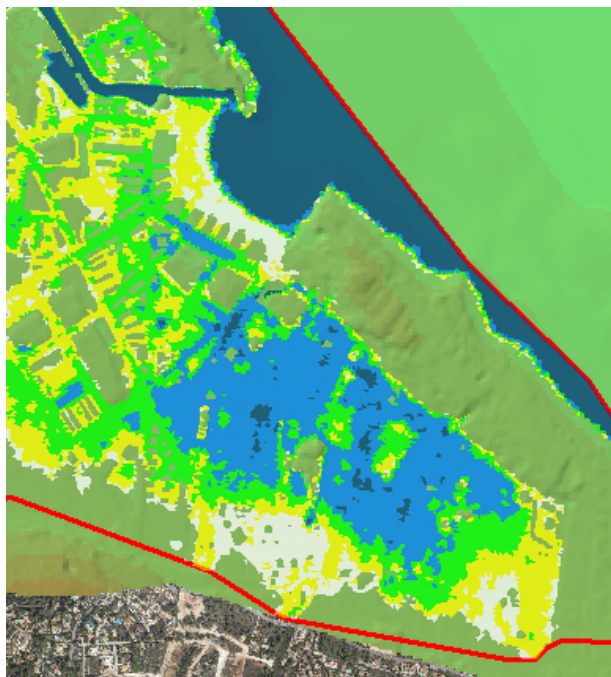


Figura 150: Zona de El Saladar inundada y sin salida física al mar.

6.5.4.4.- T100

Al igual que para T50 las zonas inundables para t100 son muy similares, con aumento del calado en las zonas bajas del modelo. En la siguiente figura se observa la envolvente de calados máximos para este período de retorno.

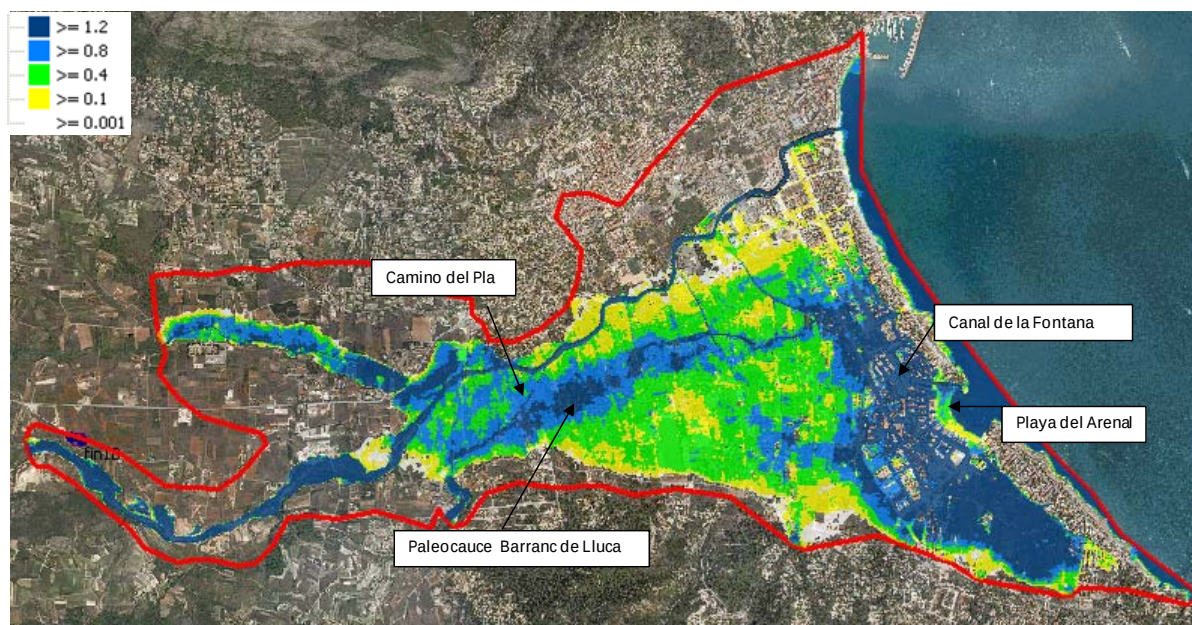


Figura 151: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T100.

Los desbordamientos del río Gorgos por margen derecha y las aguas del barranc de la Lluca discurren por una serie de vías de escorrentía concentrada, principalmente el paleocauce del Barranc de Lluca. Dicho barranco que desaparece a su entrada al llano, discurre por el camino del Pla hasta el Gorgos y vuelve a encajarse casi 1 Km más abajo del mismo por debajo de la cota de 15 m. Desde aquí puede seguirse a través del camino-barranco hasta llegar al canal de la Fontana en la playa del Arenal alcanzando calados que superan los 2 metros de profundidad. En las siguientes figuras (obtenidas del informe Geomorfológico) se comparan las ortofotos de 1956 con la del 2006 donde se pueden observar las direcciones de flujo de los desbordamientos del Gorgos y del barranc de la Lluca.

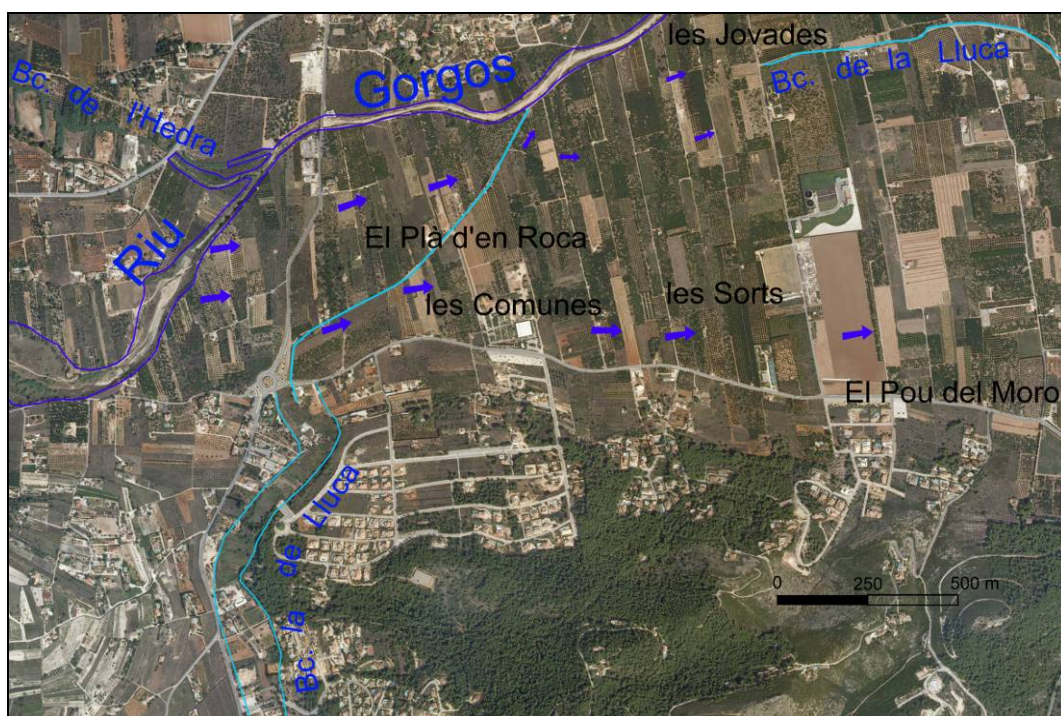
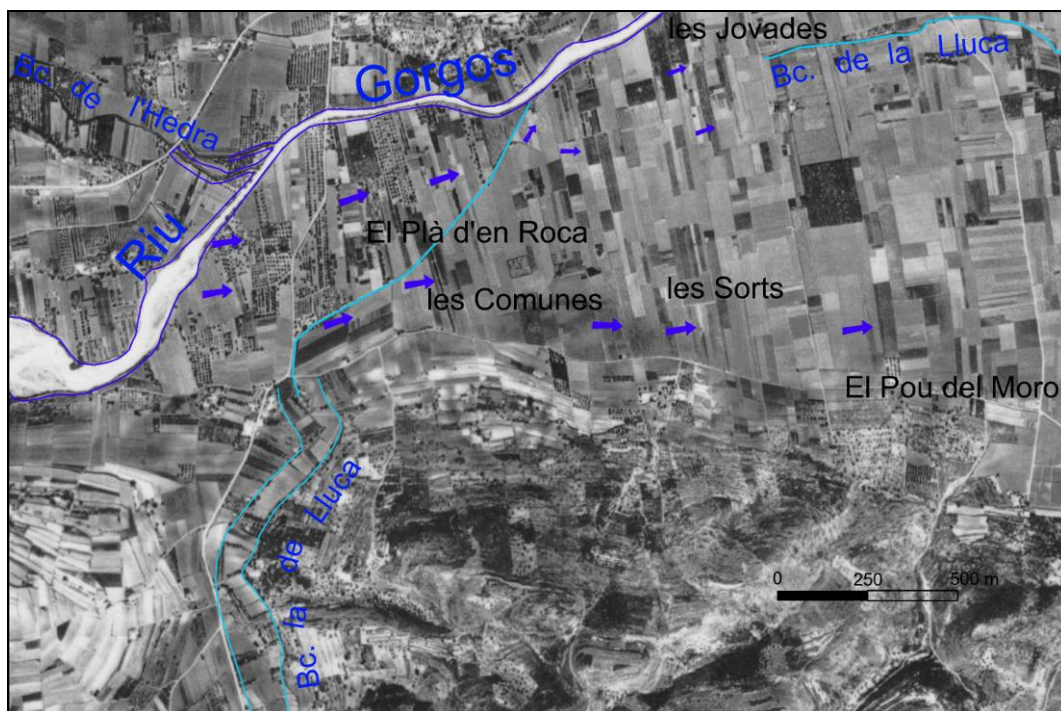


Figura 152 y Figura 153: Fotografías aéreas de 1956 y 2006 de la partida del Pla d'en Roca, con la situación del Barranc de Lluça, el río Gorgos

6.5.4.5.- T500

Para 500 años se han realizado 3 simulaciones de eventos con períodos de retorno diferentes en cada una de las entradas. El evento 3-2-192 representa períodos

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

de retorno de 500 años en el río Gorgos y Barranc l'Hedra, el 3-2-162 es un T500 para el Barranc de la Lluça, y el episodio 1-2-007 en la zona del Saladar. En las siguientes figuras se muestran los calados máximos en toda la extensión del modelo para los tres eventos simulados.

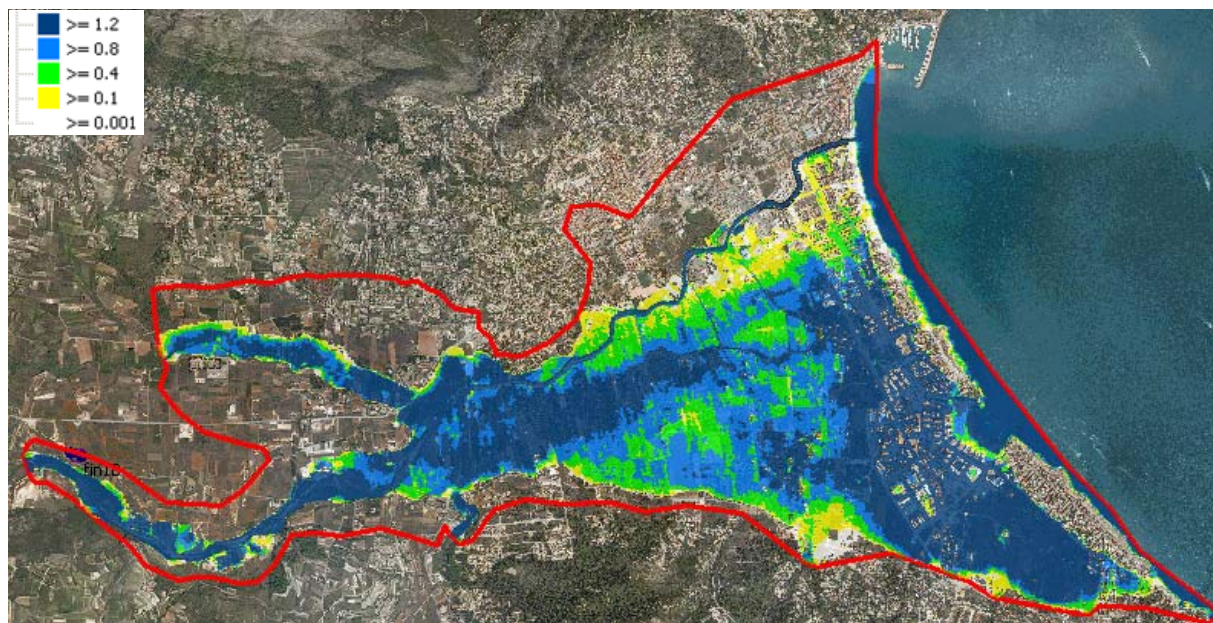


Figura 154: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T500 en río Gorgos. Evento 3-2-192.

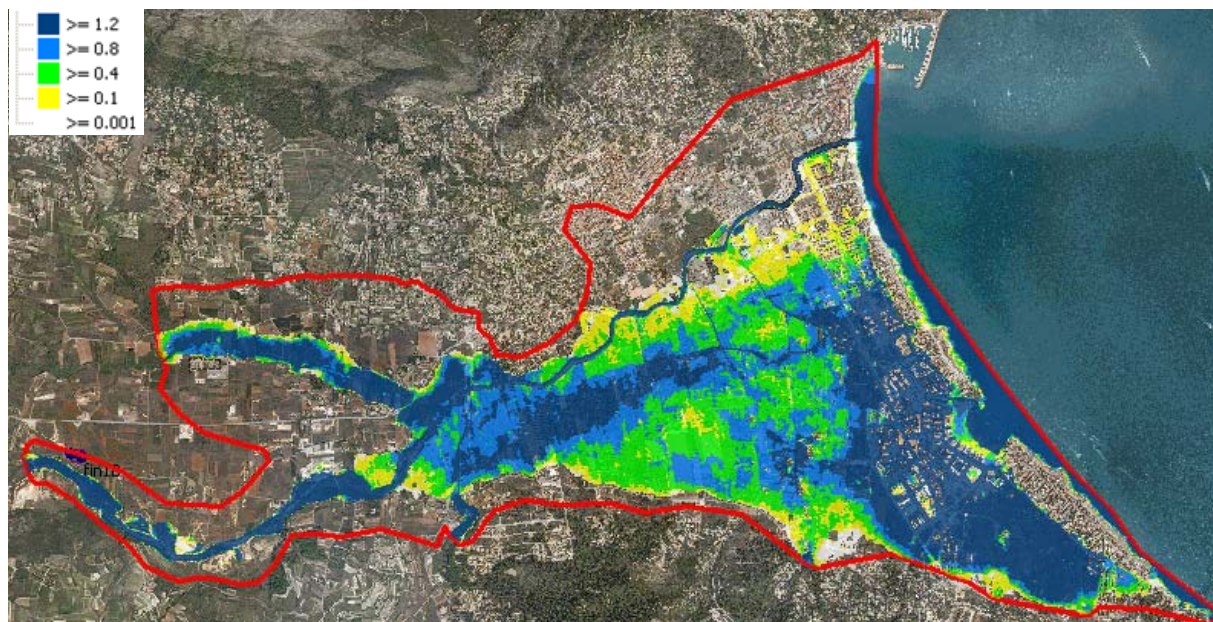


Figura 155: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T500 para barranc de l'Hedra. Evento 3-2-162.

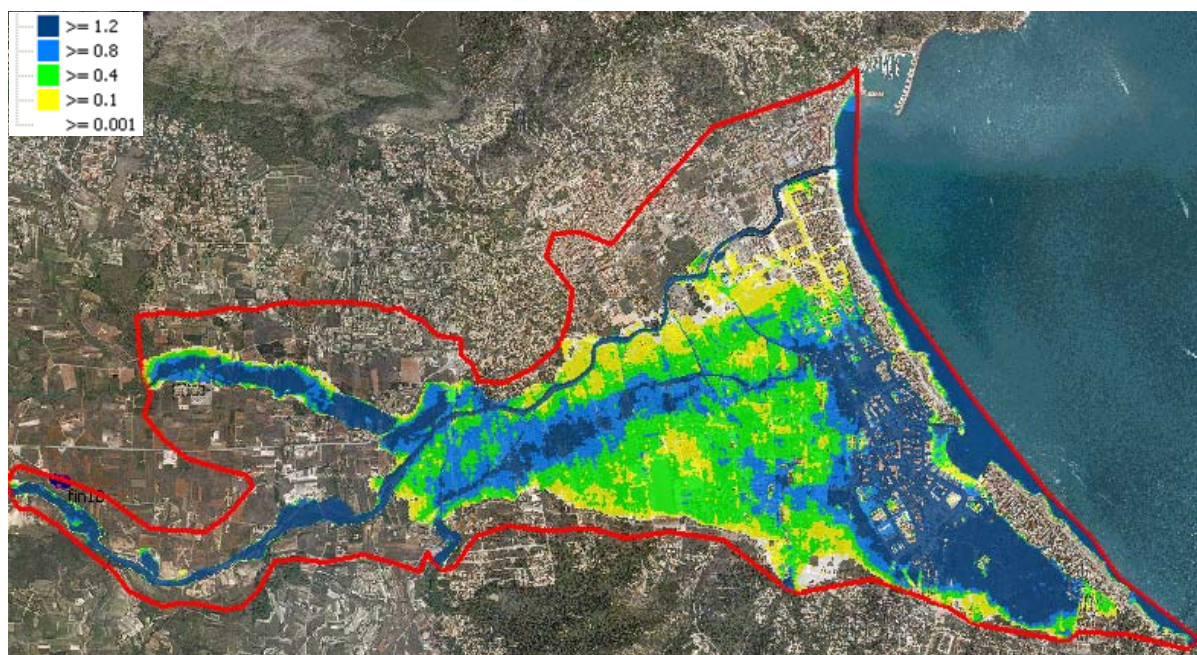


Figura 156: Simulación modelo Jávea / Xàbia para periodo de retorno T500 para barranc de la Lluça. Evento 1-2-007

Con las tres simulaciones se calculan los calados máximos entre ellas en cada una de las celdas del modelo obteniendo el mapa de calados máximos para periodos de retorno de 500 años en toda la zona.

Se puede observar en la combinación de los tres eventos que las inundaciones los llanos de inundación y en el saladar se producen principalmente por los desbordamientos del Gorgos. Se alcanzan calados máximos de 3 metros en la zona de la Playa del Arenal. EL río Gorgos tiene una capacidad de desagüe en la desembocadura de 260 m³/s.

6.6.- ORBA

El modelo hidráulico Orba tiene como objetivo simular para diferentes períodos de retorno el comportamiento del barranco de la Orbeta al paso por Orba. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

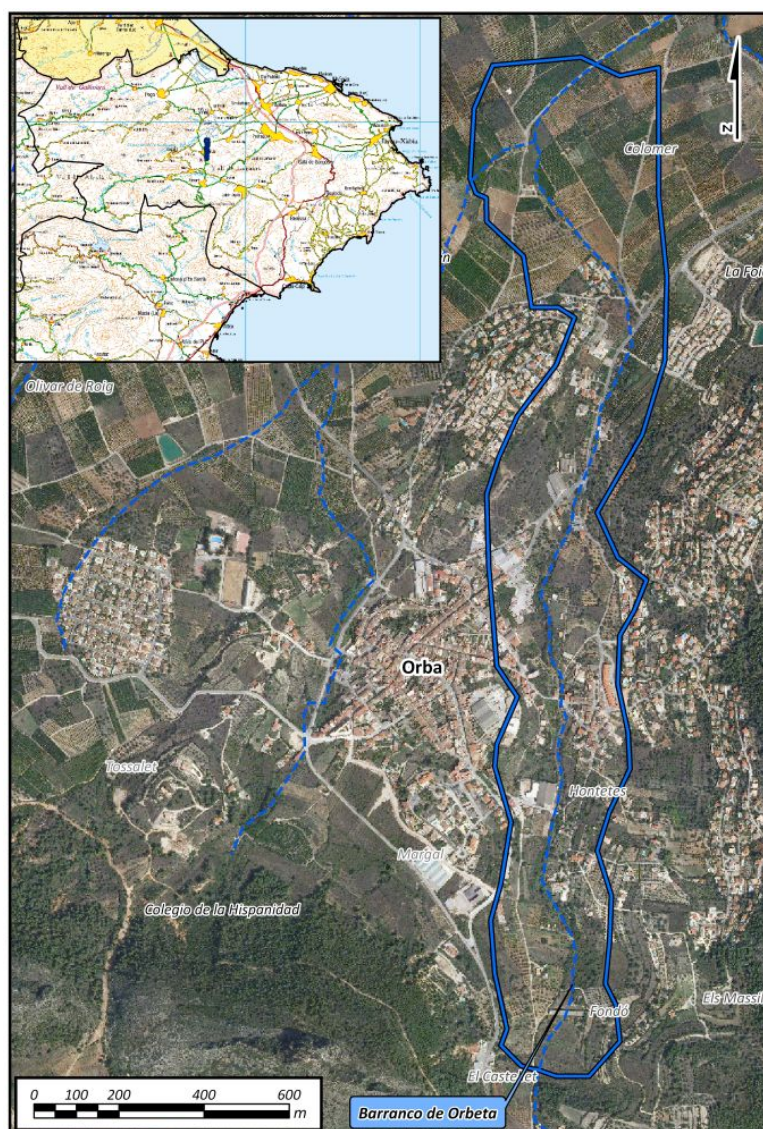


Figura 157: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.6.1.- Topología del modelo

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (100 m^2 y 10 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 2 m^2 y un mínimo de 1 m^2 . En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

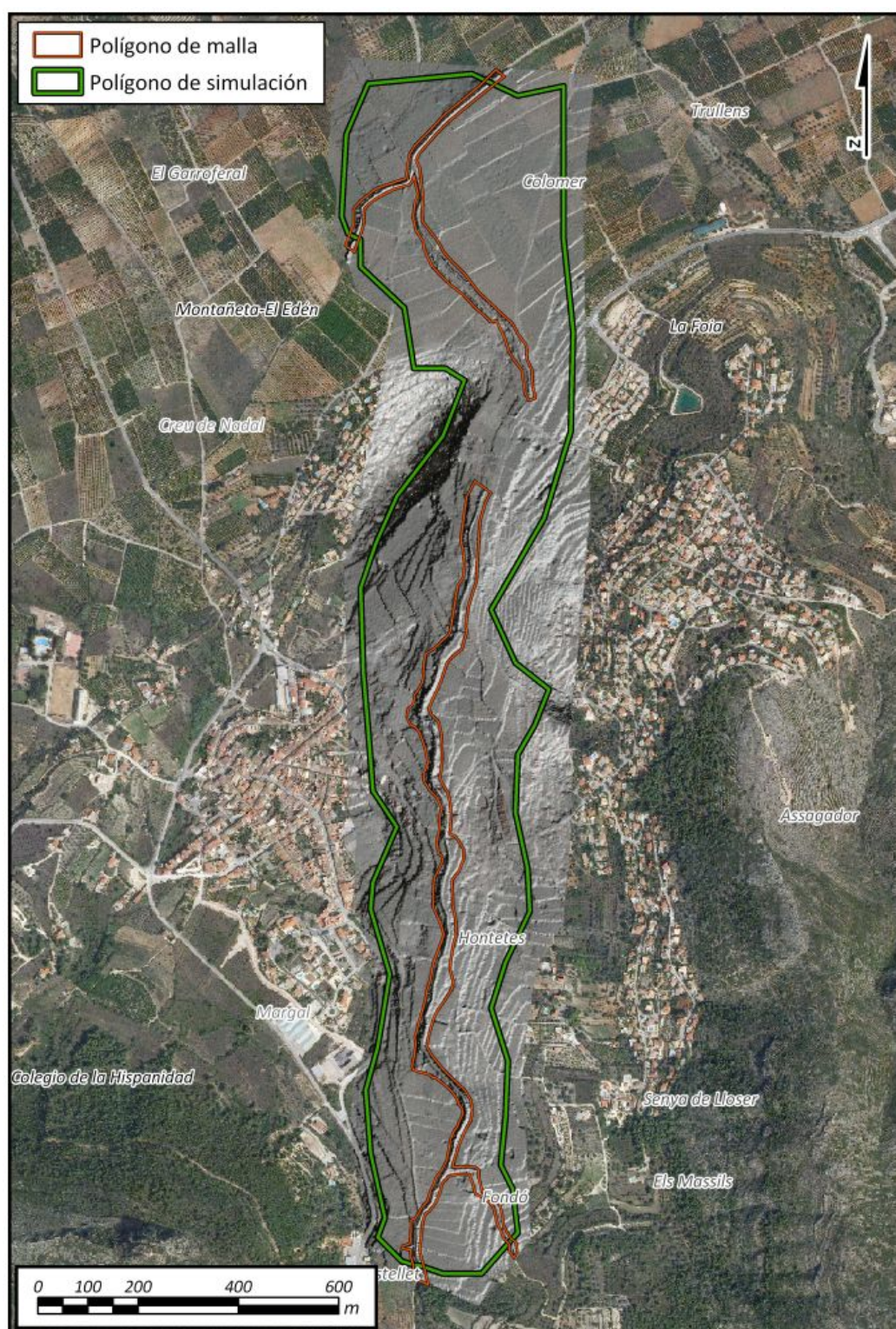


Figura 158: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 90626 triángulos y 46858 vértices. El área total del ámbito del modelo es de 0.7 km².

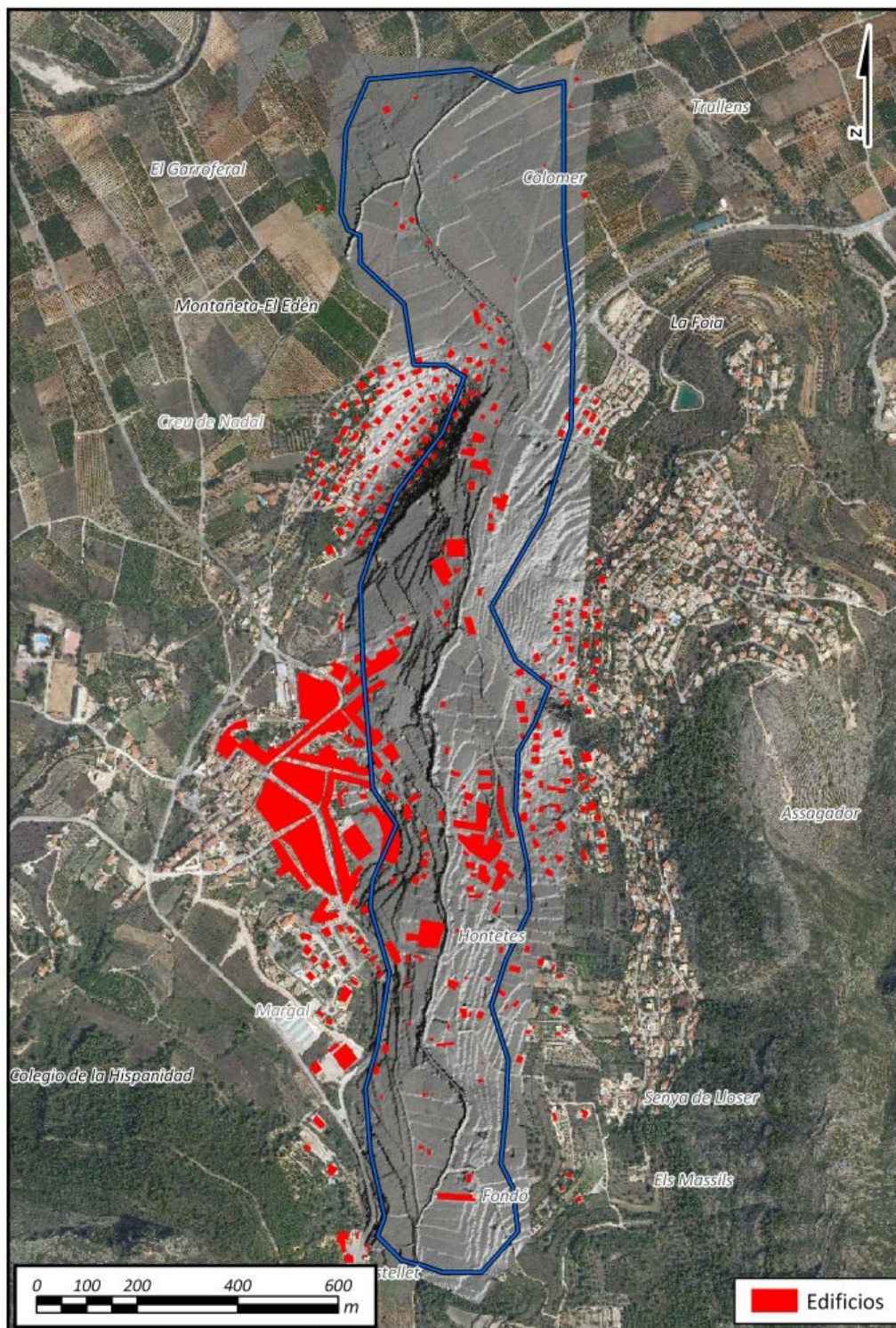


Figura 159: Polígono de edificios “Voids” y modelo digital del terreno.

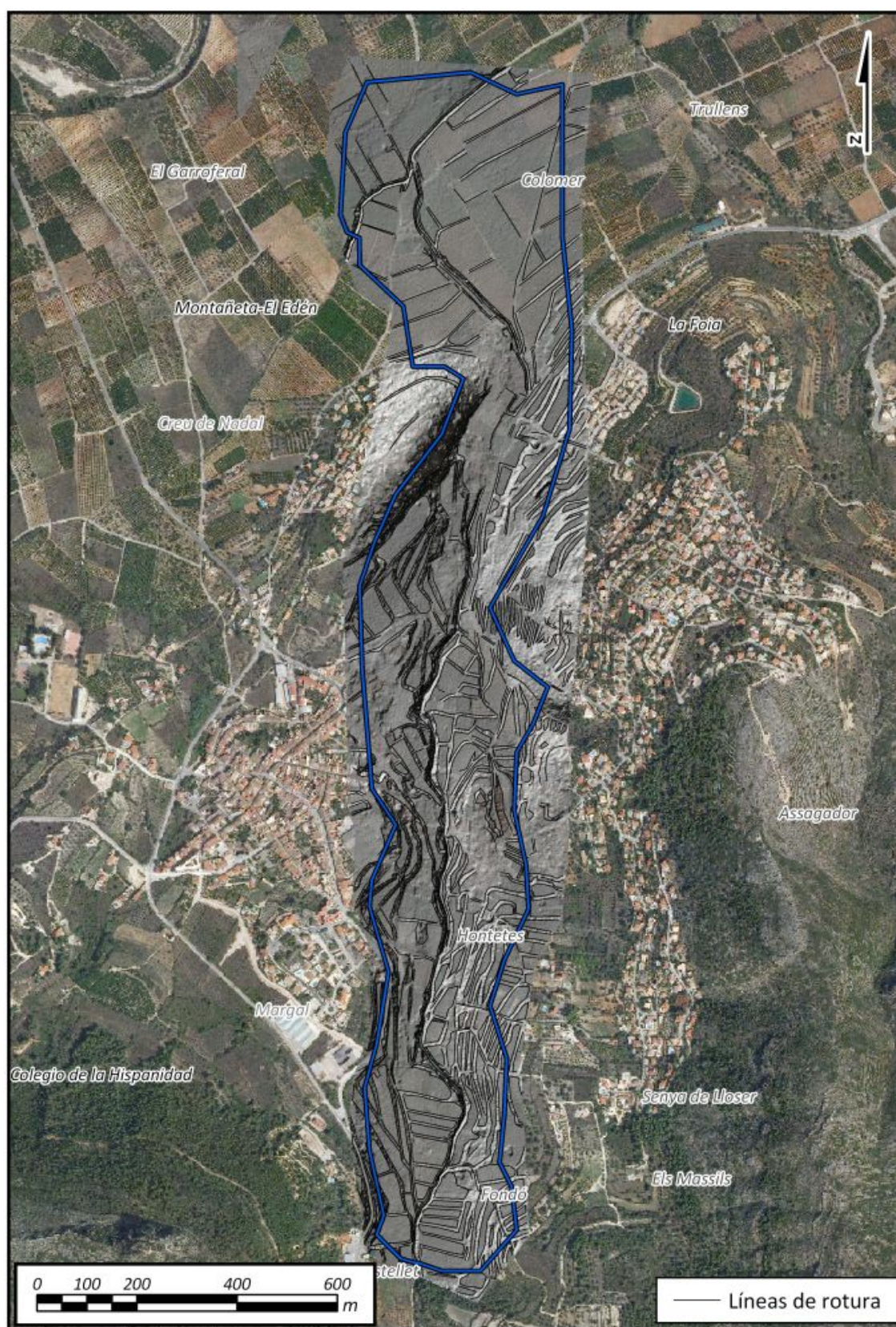


Figura 160: Líneas de rotura.

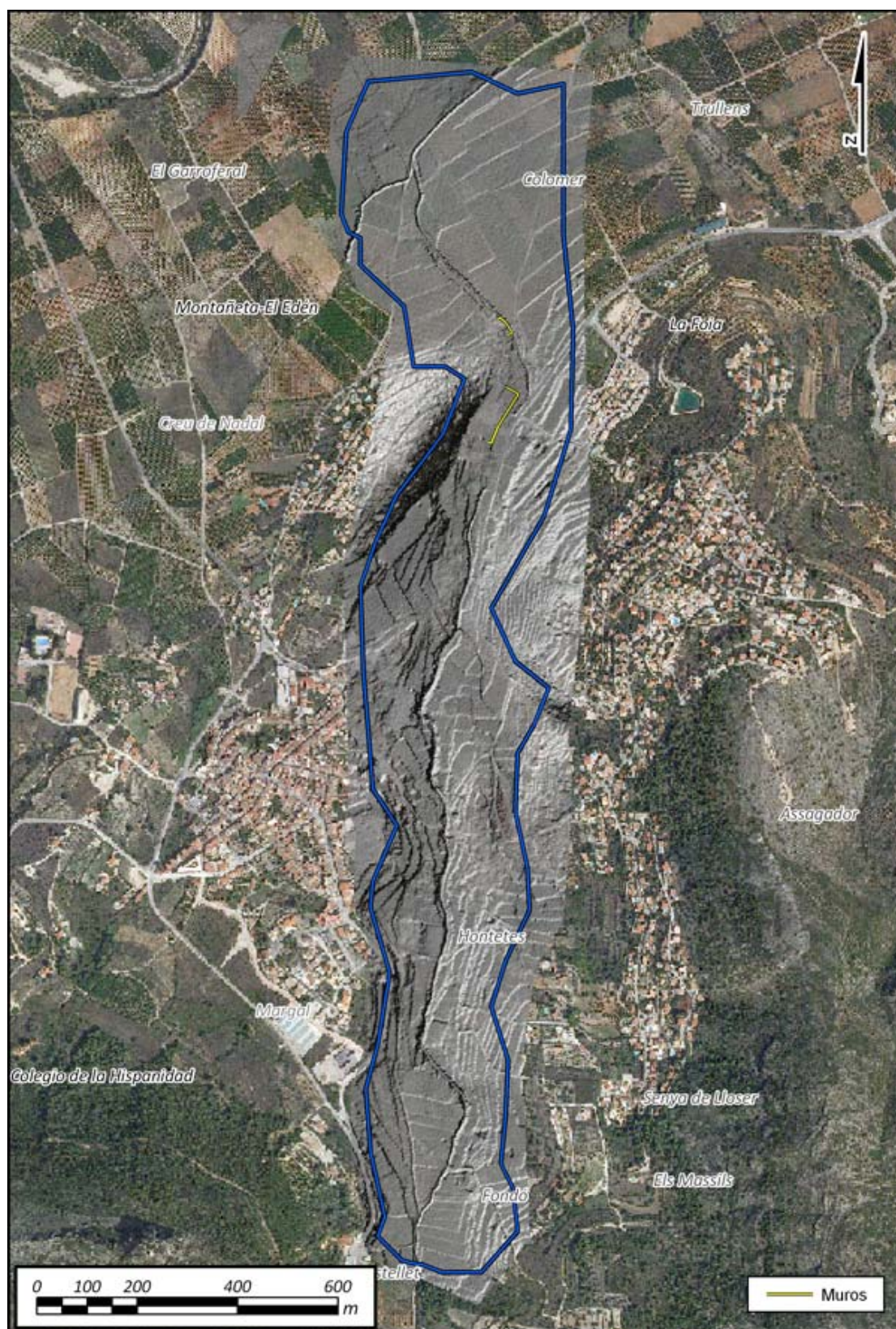


Figura 161: Líneas de muros.

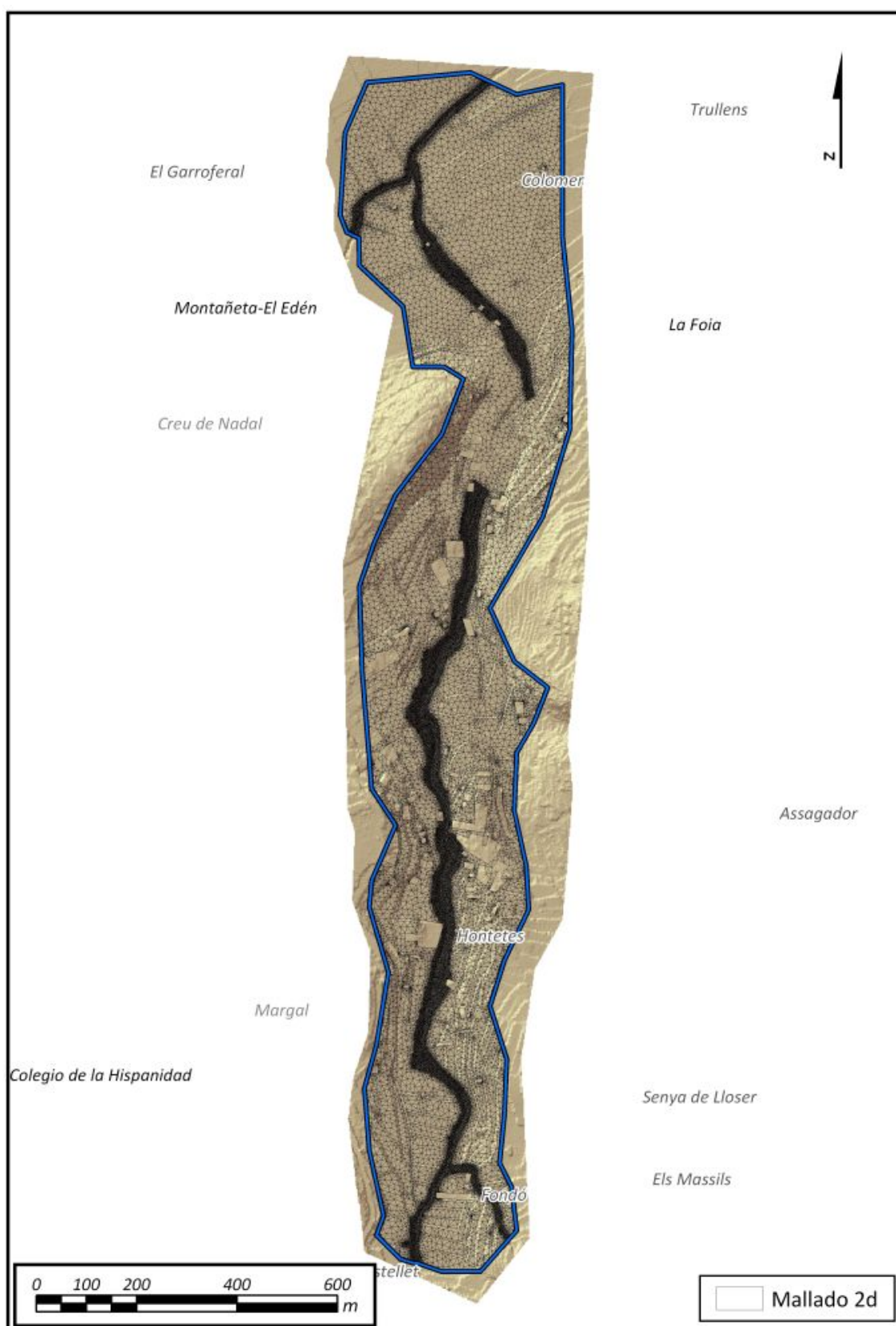


Figura 162: Malla triangular de simulación.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

6.6.2.- Estructuras

Se ha modelado el paso inferior del barranco de la Orbeta (ver siguiente imagen) mediante una estructura unidimensional cuyo funcionamiento se explica en la introducción del presente estudio.

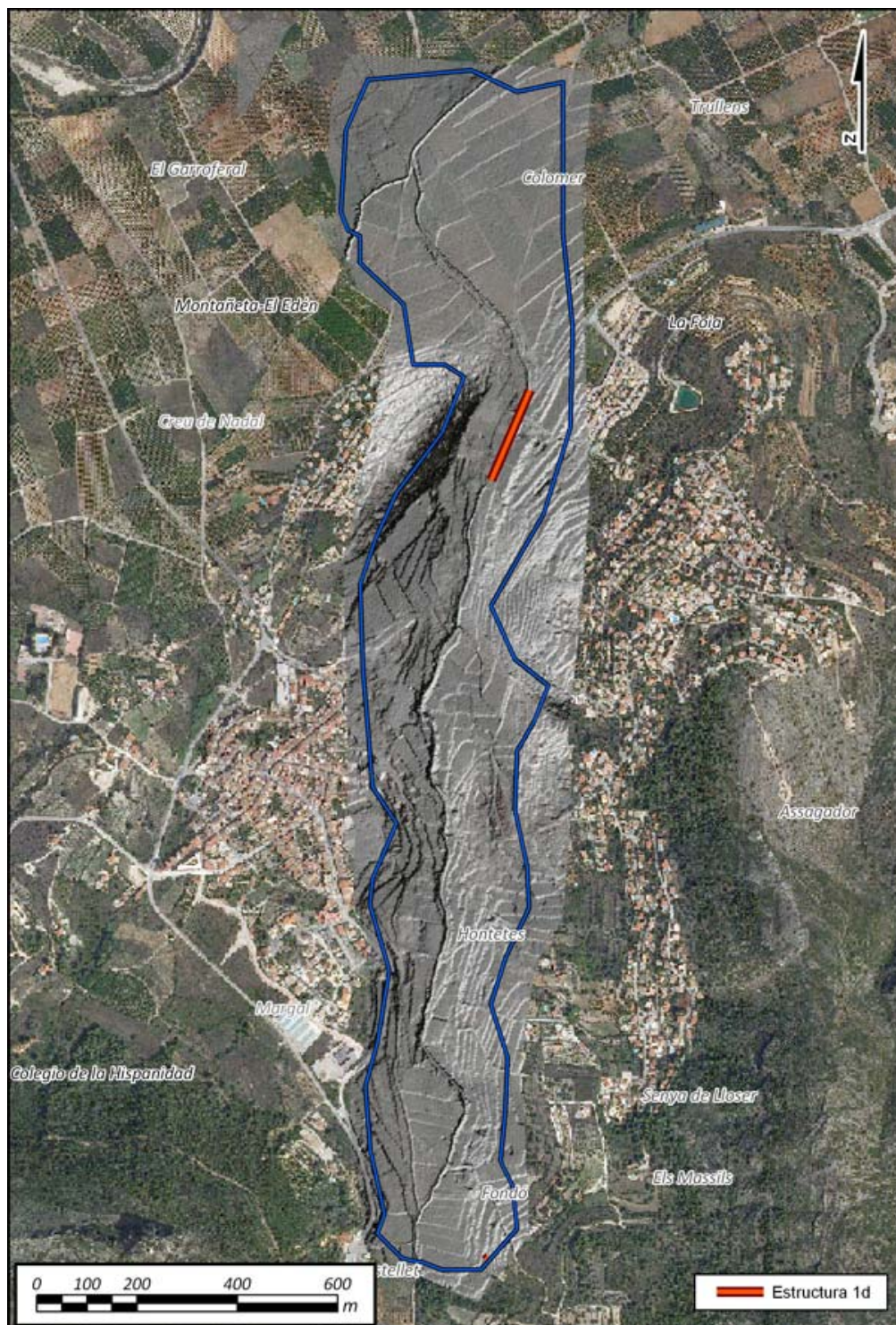


Figura 163: Ubicación del paso inferior
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan son los siguientes.

- Cota entrada = 120 msnm
- Cota salida = 117.9 msnm
- Longitud = 180 m
- Área = 3.2 m²
- C= 0.8
- Cw = 0.8

Los coeficientes de pérdida de vertido (Cw) y descarga sumergida (C) tienen en cuenta las pérdidas por entrada, salida y por fricción a lo largo del paso y son utilizados según el modo de funcionamiento de la estructura. En la siguiente figura se muestra una foto con las dimensiones del paso identificado por 1 vano de 2 x 1.6 m.



Foto 16: Salida del paso inferior

6.6.3.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

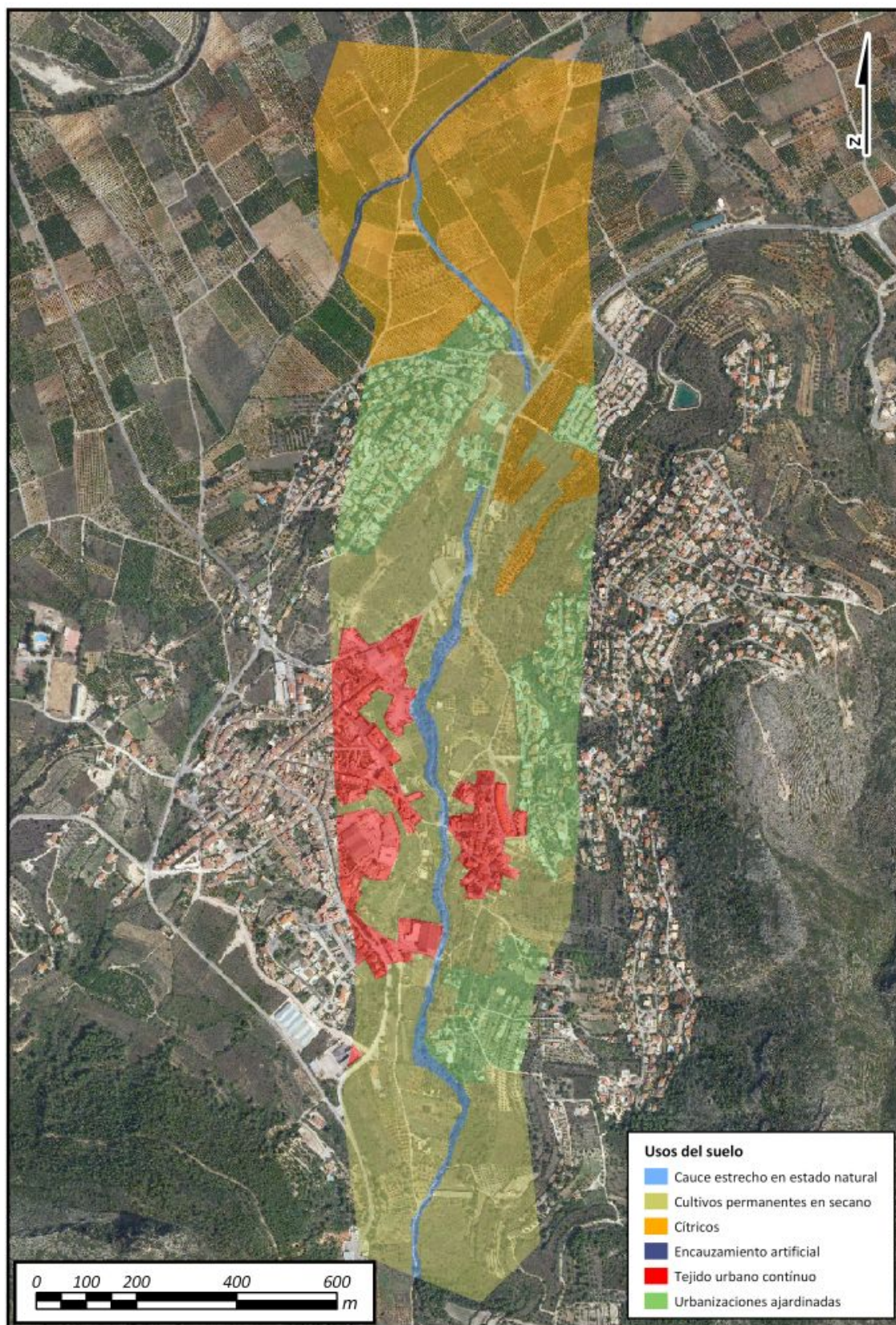


Figura 164: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de lridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 33: Relación usos del suelo con el nº de Manning.

Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del barranco de la Orbeta (Orba04). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.

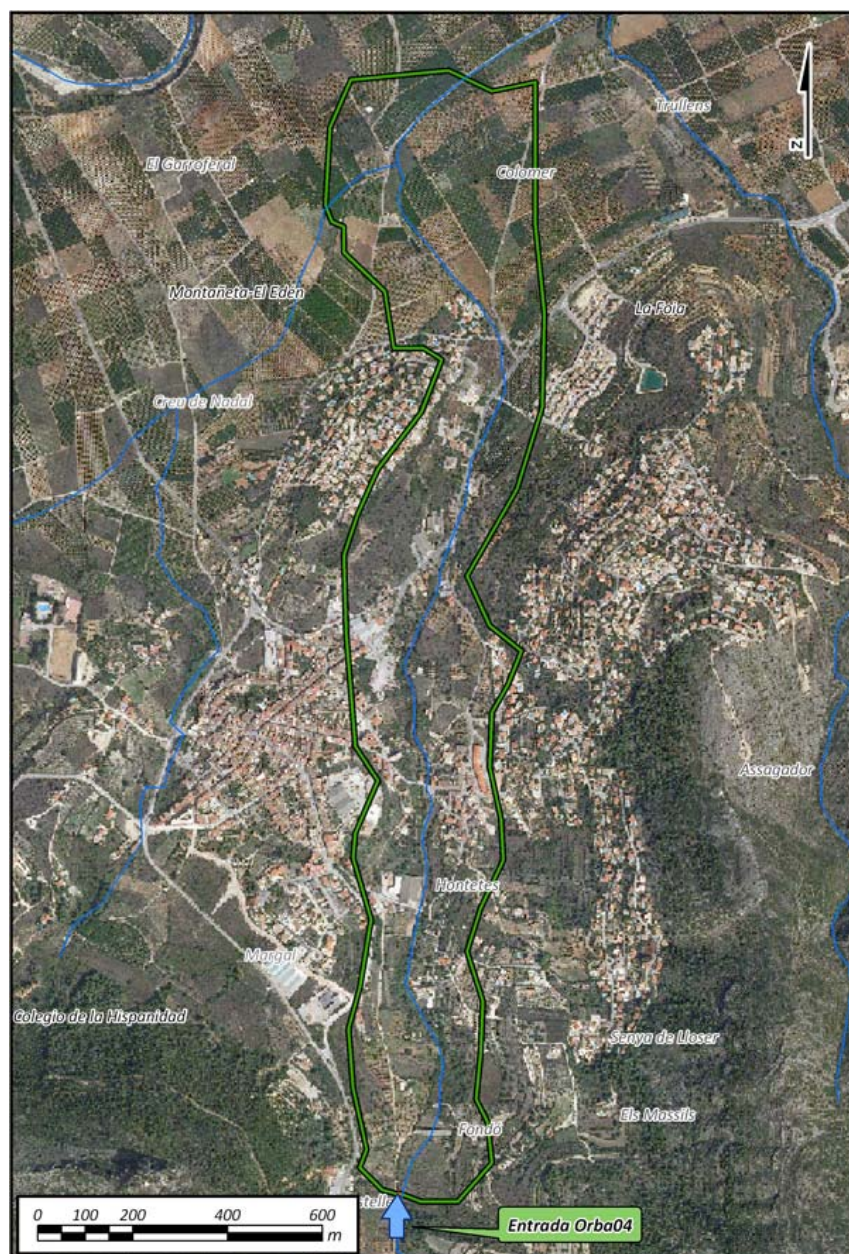
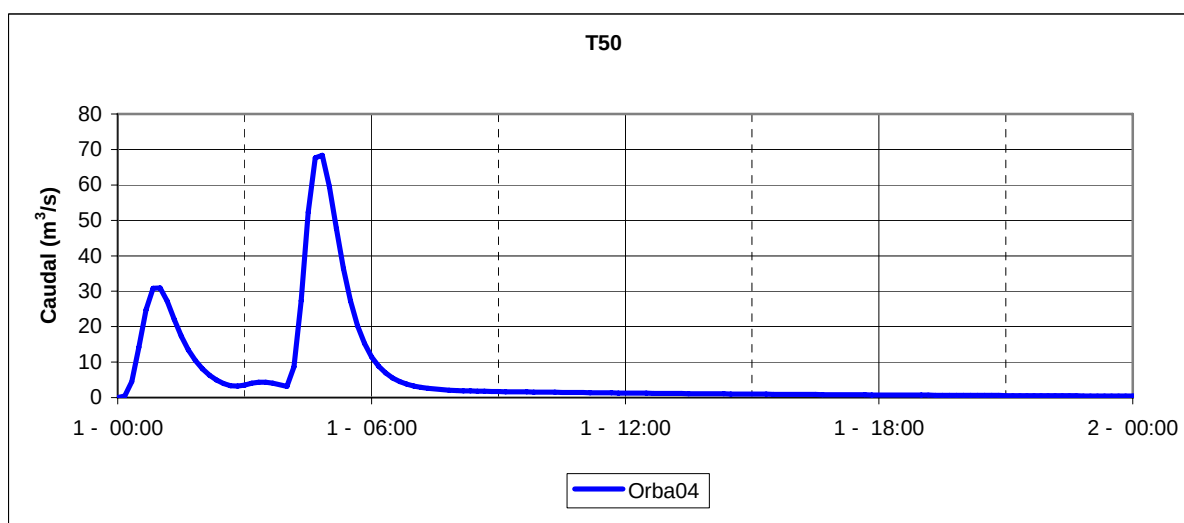
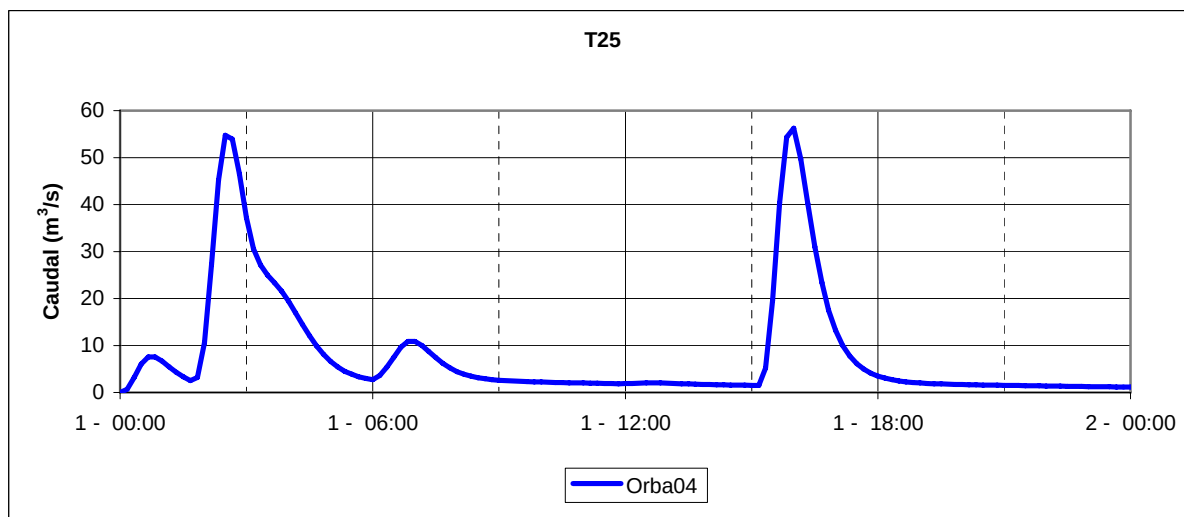
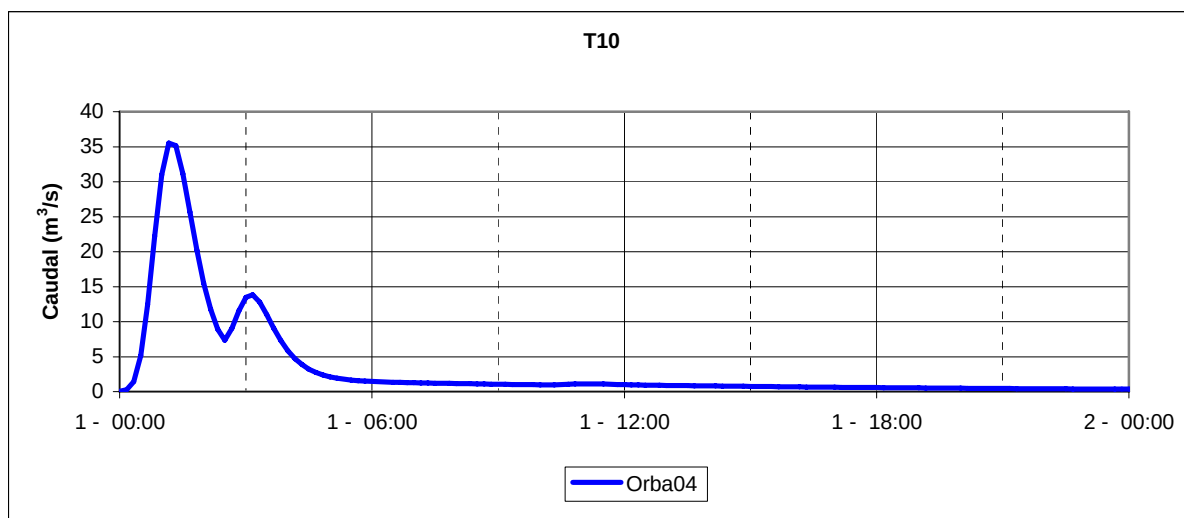
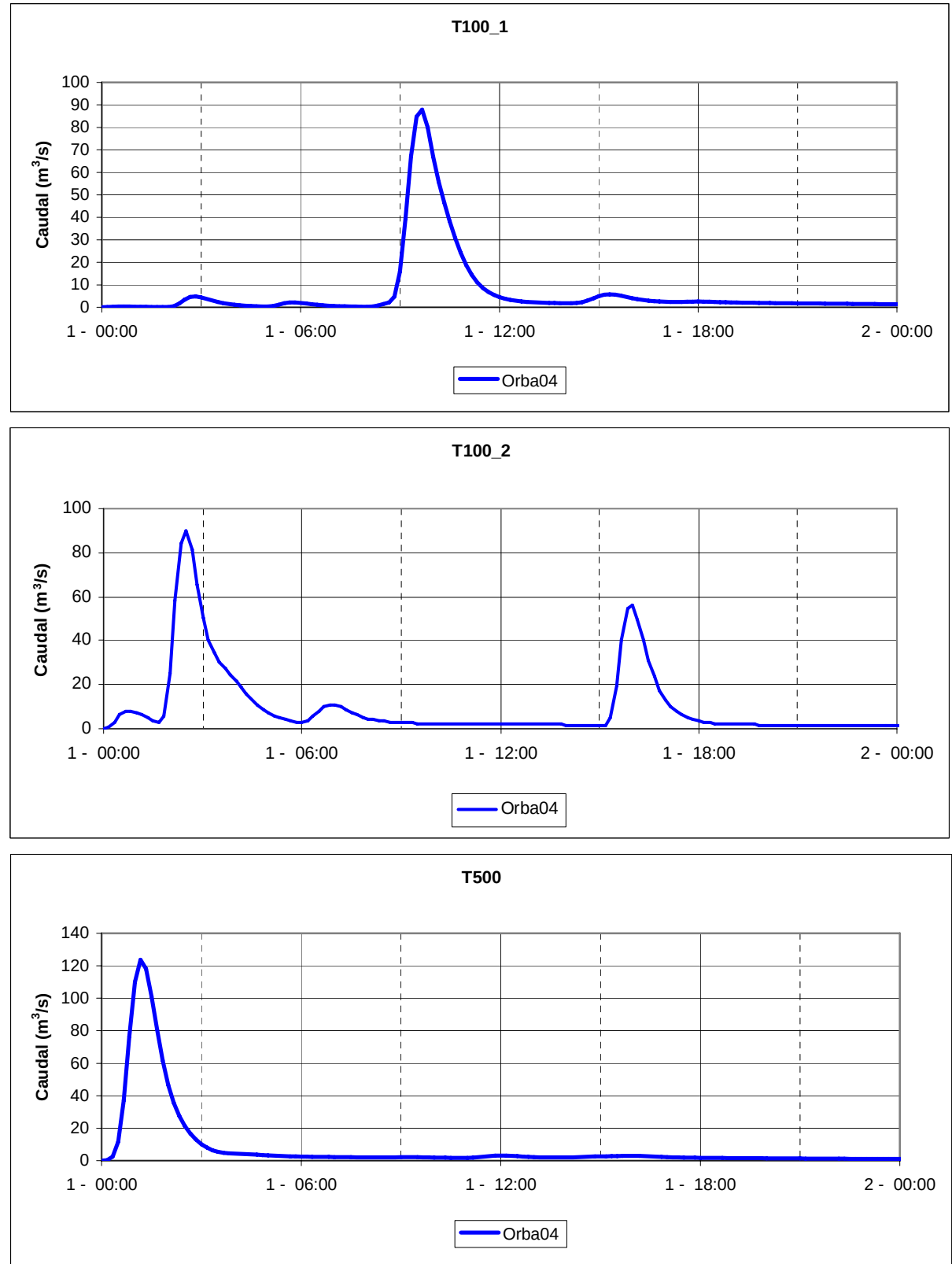


Figura 165: Condiciones de contorno e iniciales

Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio.

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.





En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Evento:	3-2-110	2-1-605	3-1-636	2-2-164	3-1-605	2-3-002
	Caudal máximo (m3/s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Orba04	35.5	56.2	68.4	87.9	90.1	123.7

Tabla 34: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo

6.6.4.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Se detectan dos zonas con problemas de desbordamientos que afectan a viviendas y a carreteras. La primera, al sur del modelo, afecta a edificaciones aisladas y la segunda zona viene provocada como consecuencia de la desaparición del barranco creando problemas en todos los períodos de retorno, produciendo cortes de la carretera paralela al mismo y afecciones a las urbanizaciones colindantes.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.6.4.1.- T10

Para períodos de retorno de 10 años el Barranco de la Orbeta tiene capacidad suficiente con problemas de capacidad solo en dos zonas, las cuales están indicadas en la figura siguiente. En la zona sur se producen desbordamientos que afectan a distintas viviendas con calados inferiores a 10 cm y en la zona norte el cauce termina en un paso inferior con una capacidad aproximada de 10 m3/s donde la mayor parte de los desbordamientos se generan antes de entrar al mismo. En la siguiente figura se pueden ver estas dos zonas y los calados máximos en toda la extensión del modelo.



Figura 166: Simulación del modelo barranco de Orbeta para un periodo de retorno T10.

En la siguiente figura se pueden observar las direcciones de flujo de la zona sur. Los calados máximos no superan los 10 cm en la zona de inundación.

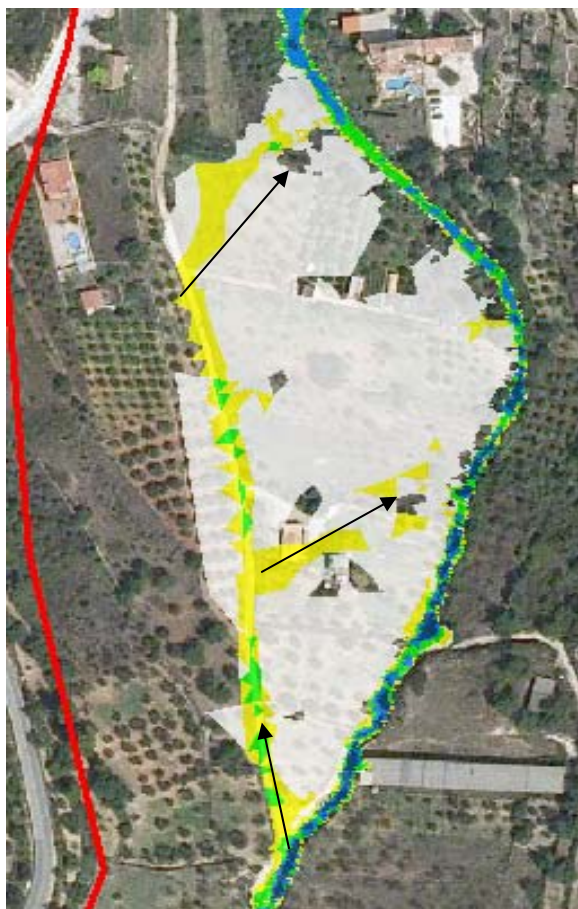


Figura 167: Simulación del modelo barranco de Orbeta para un periodo de retorno T10. Detalle líneas de desbordamiento.

6.6.4.2.- T25

En la siguiente figura se muestran los la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.



Figura 168: Simulación del modelo barranco de Orbeta para un periodo de retorno T25.

Se producen desbordamientos por un camino en la zona sur del barranco de la Orbeta, afectando algunas viviendas la extensión de la inundación en esta zona es igual a la del período de retorno de 10 años pero con calados superiores a 10 cm.

En la figura siguiente se muestra un zoom de la zona de desaparición del cauce donde los caudales circulan por la carretera CV731



Figura 169: Simulación del modelo barranco de Orbeta para un periodo de retorno T25. Detalle desbordamientos junto a carretera CV-731

En la siguiente figura se señalan los puentes que se ven afectados por los desbordamientos del Barranco de la Orbeta con una cota máxima de la lámina de agua de 144.6 msnm en el puente situado al norte y 149.7 msnm en el puente situado al sur.

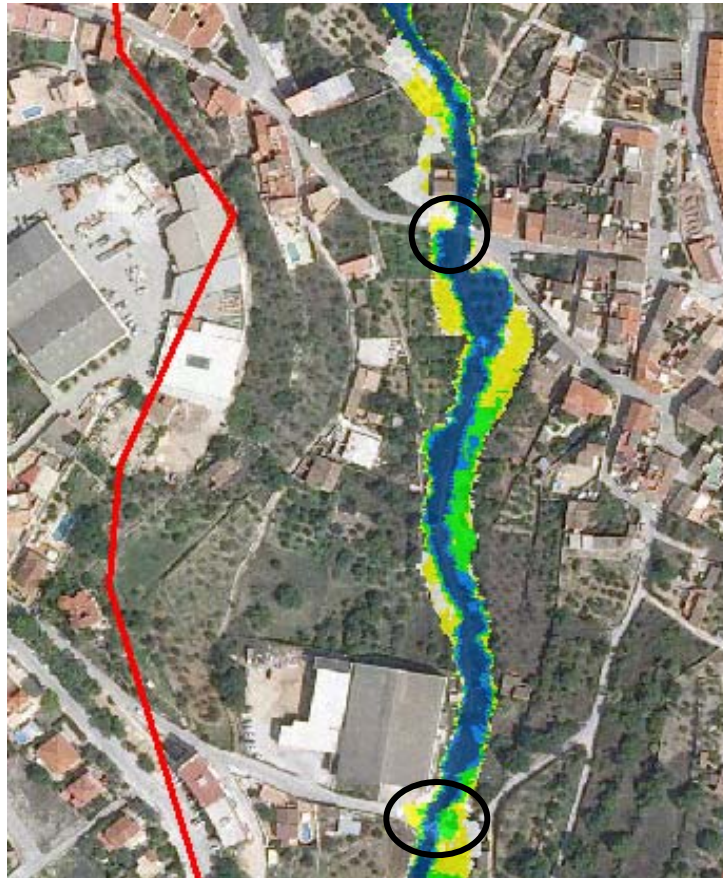


Figura 170: Simulación del modelo barranco de Orbeta para un periodo de retorno T25. Detalle puentes insuficientes en modelo Orba.

6.6.4.3.- T50

Para períodos de retorno de 50 años se producen desbordamientos con características similares a los de 25 años ocasionando problemas en la zona de desaparición del barranco y en la zona sur del modelo con calados máximos superiores a los 10 cm. En la siguiente figura se muestran la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.



Figura 171: Simulación del modelo barranco de Orbeta para un periodo de retorno T50.

En la zona sur producen también desbordamientos hacia margen derecha del barranco. Se producen afecciones significativas a viviendas, así como a la carretera CV735 en la zona de desaparición del cauce.

6.6.4.4.- T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 2-2-164 (figura derecha) y 3-1-605 (figura izquierda) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes.

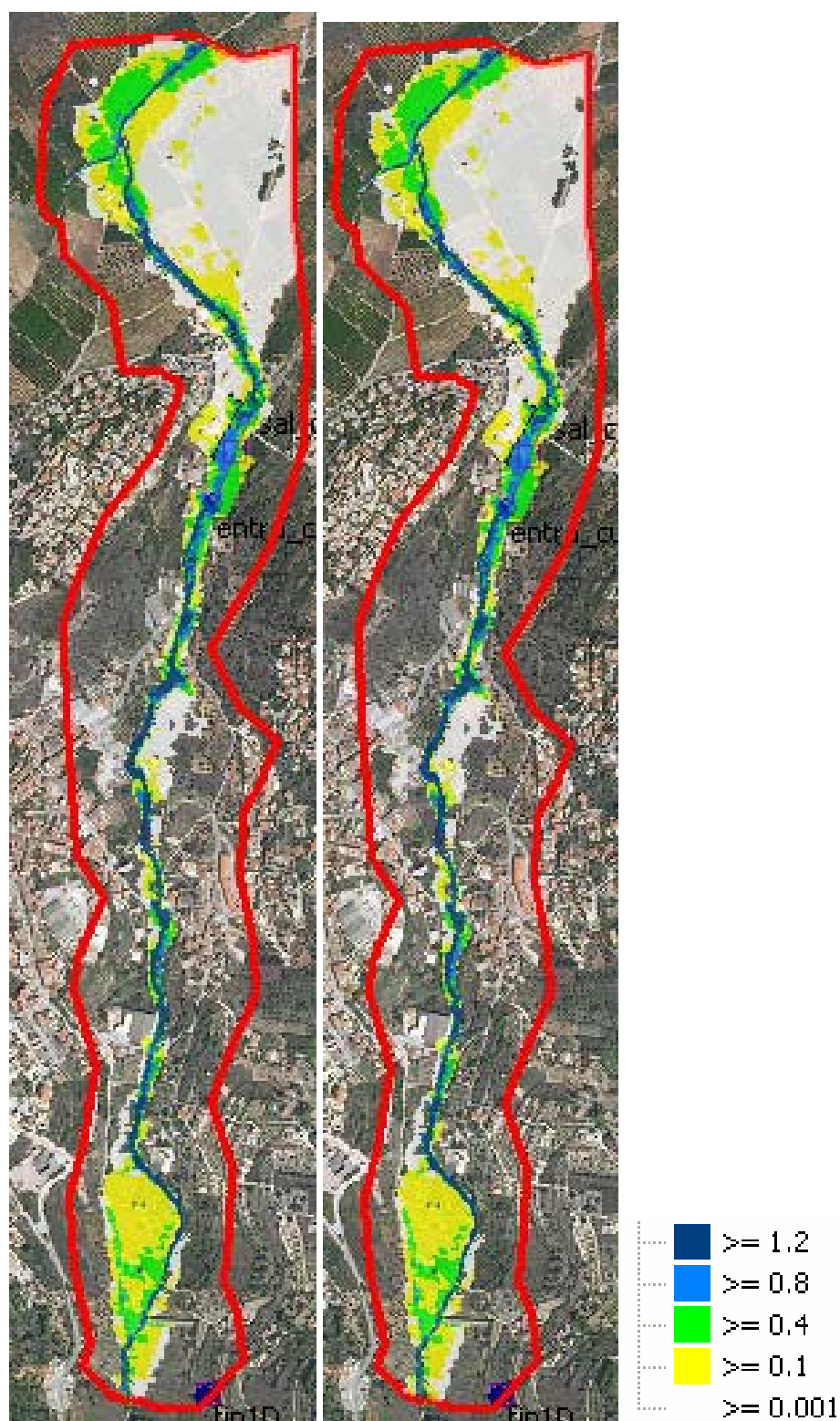


Figura 172: Simulación del modelo barranco de Orbeta para dos eventos asociados a un periodo de retorno T100.

Al igual que en las anteriores simulaciones las zonas con problemas son las mismas pero con calados mayores. En la zona de desaparición del cauce se ven afectadas viviendas que limitan con el barranco de la Orbeta por margen izquierda (ver siguiente figura)

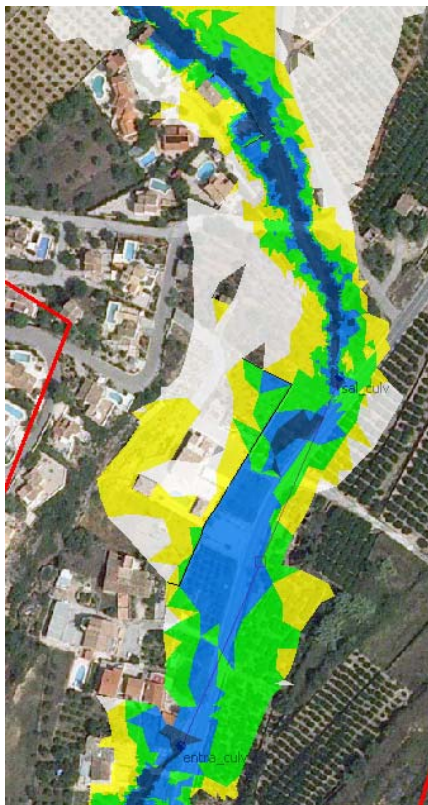


Figura 173: Simulación del modelo barranco de Orbeta para dos eventos asociados a un periodo de retorno T100. Detalle inundaciones.

6.6.4.5.- T500

Los problemas de desbordamientos para este período de retorno se concentran en las mismas zonas descritas anteriormente causando cortes de carretera y afectando algunas viviendas. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos en toda la extensión del modelo.

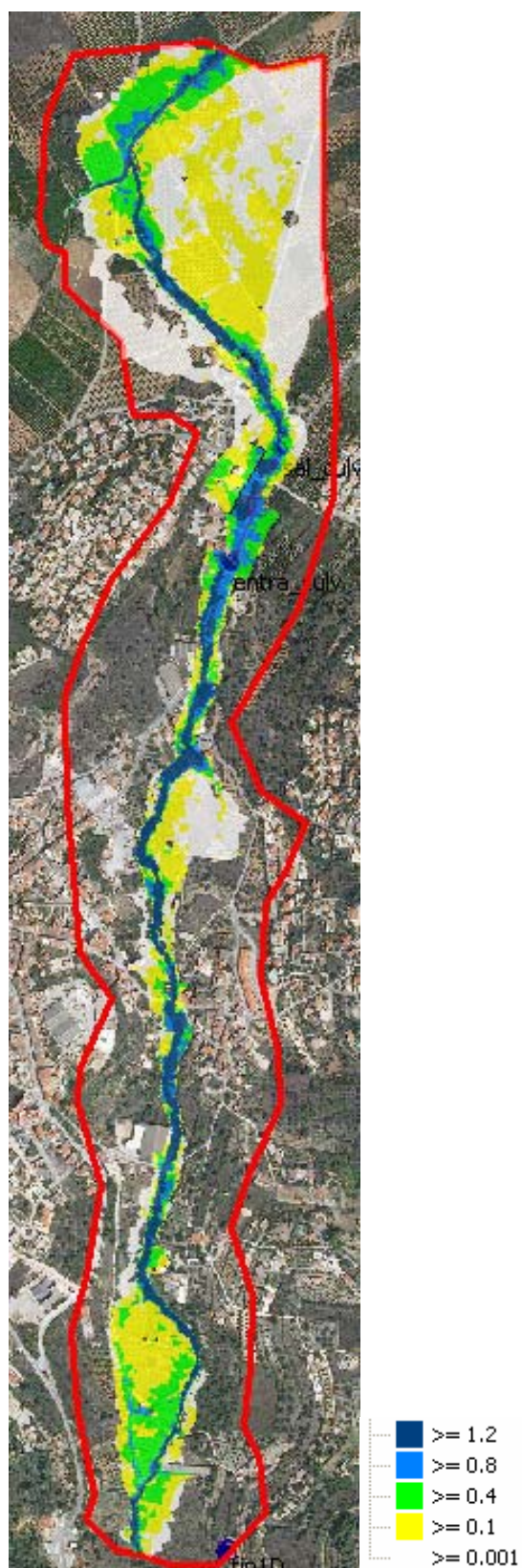


Figura 174: Simulación del modelo barranco de Orbeta para un periodo de retorno T500.

Los desbordamientos generados para este período de retorno inundan zonas de cultivos, además de las zonas descritas anteriormente. La zona de la desaparición de cauce donde se encuentra el culvert es la más problemática del ámbito estudiado afectando considerablemente a las viviendas cercanas al barranco, éstas se pueden observar en la fotografía.



Foto 17: Foto desde la desembocadura del culvert hacia aguas abajo

6.7.- JALÓN

El modelo hidráulico Xaló-Llíber tiene como objetivo simular para diferentes períodos de retorno el río Gorgos al paso por las poblaciones de Xaló y Llíber. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.



Figura 175: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.7.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (80 m^2 y 20 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 10 m^2 y un mínimo de 5 m^2 . En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

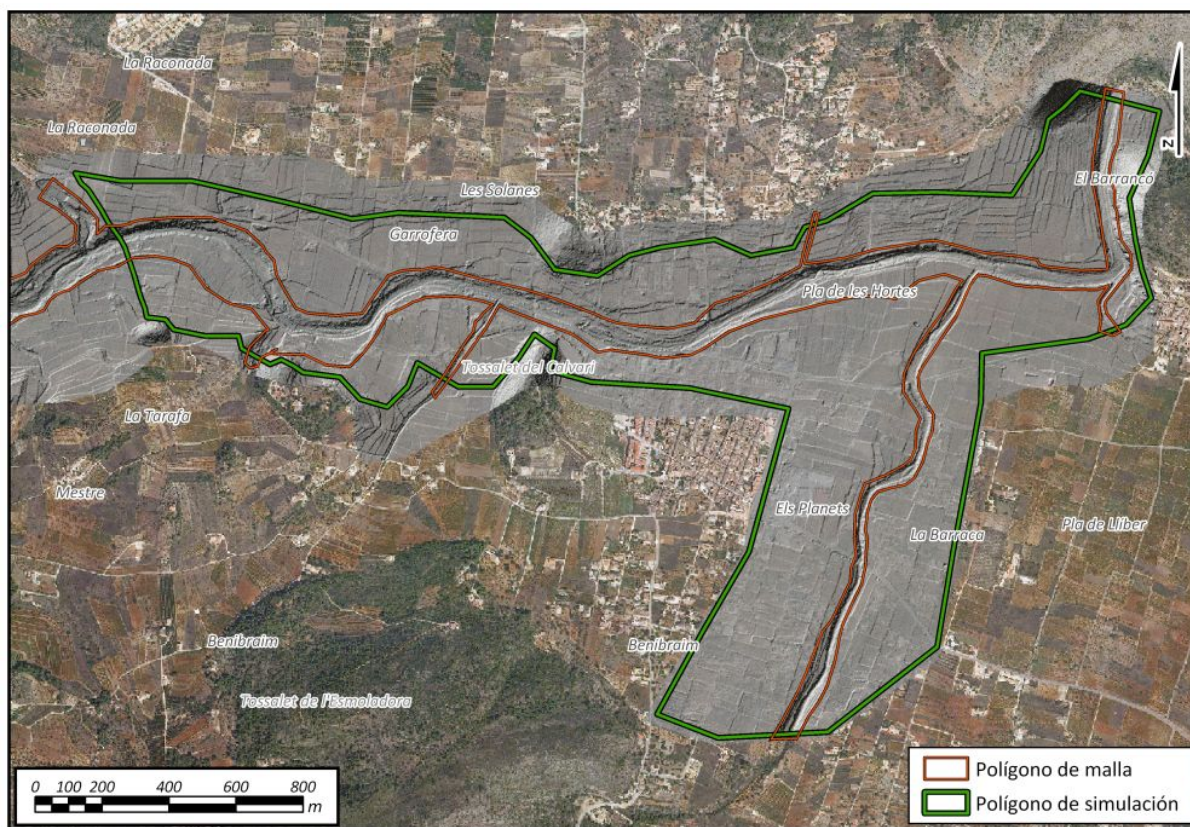


Figura 176: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, los muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 78414 triángulos y 41226 vértices. El área del modelo es de 2.1 km².

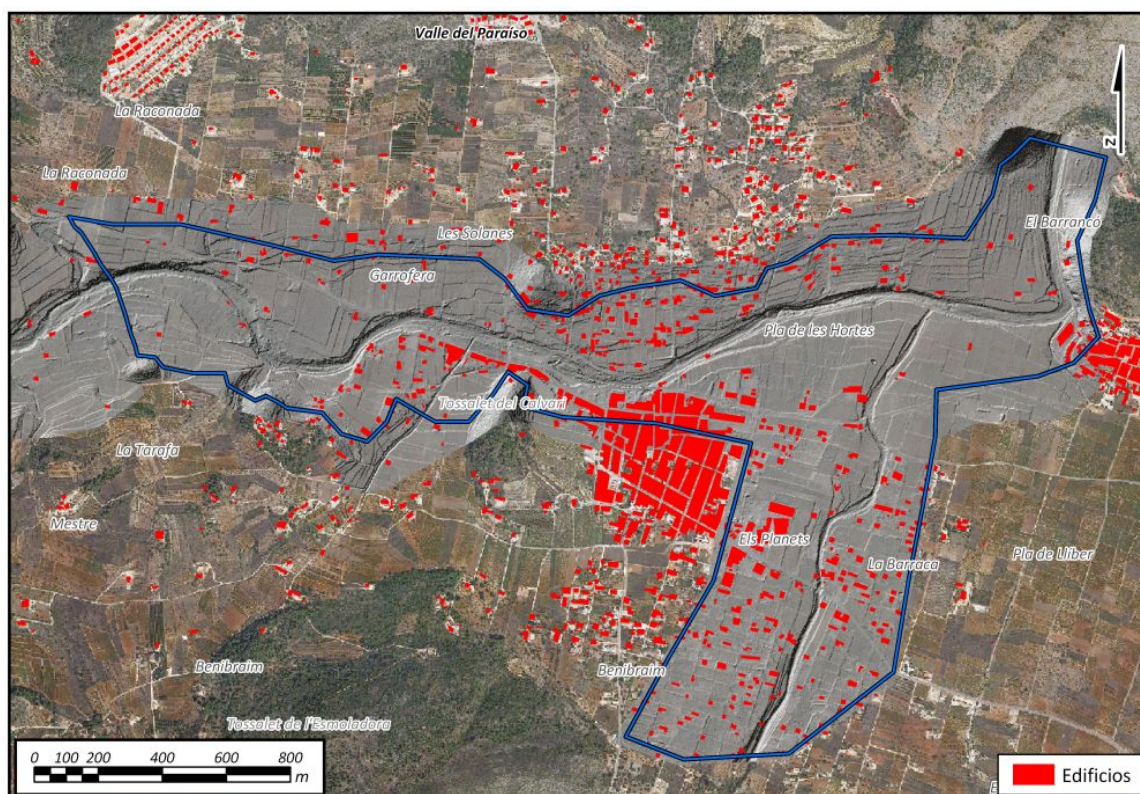


Figura 177: Polígono de edificios “Voids” y modelo digital del terreno.

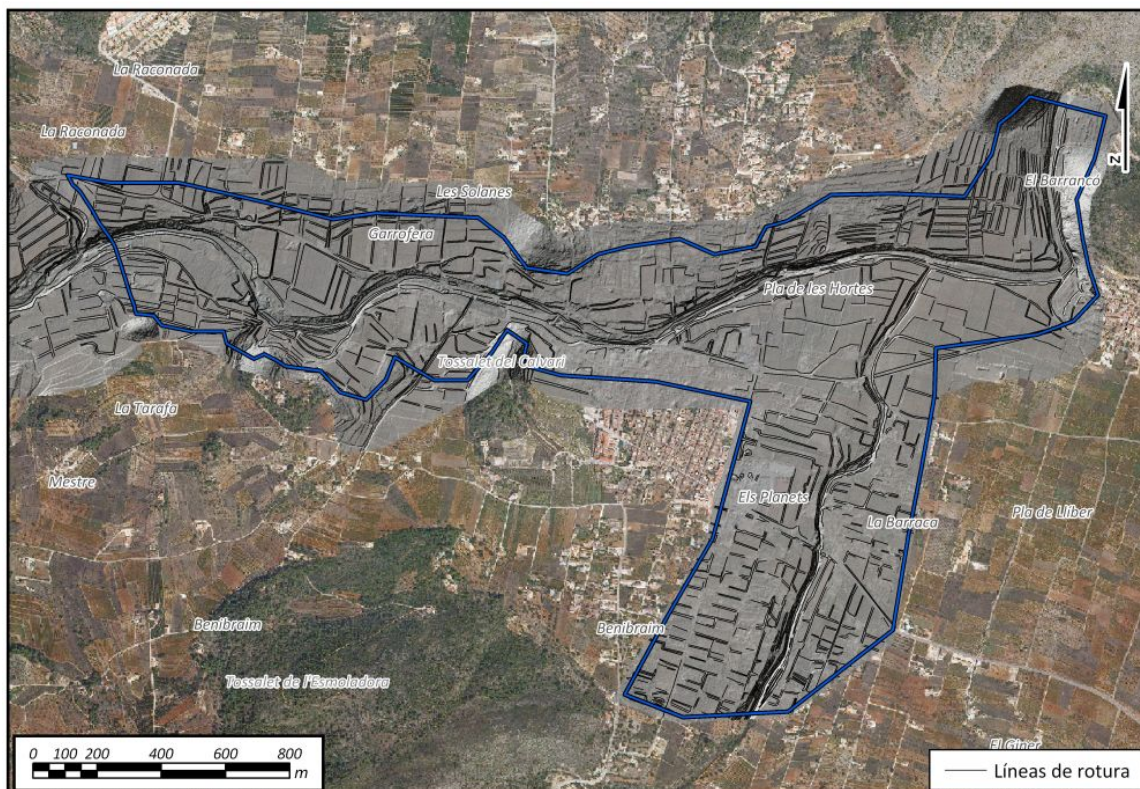


Figura 178: Líneas de rotura.
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

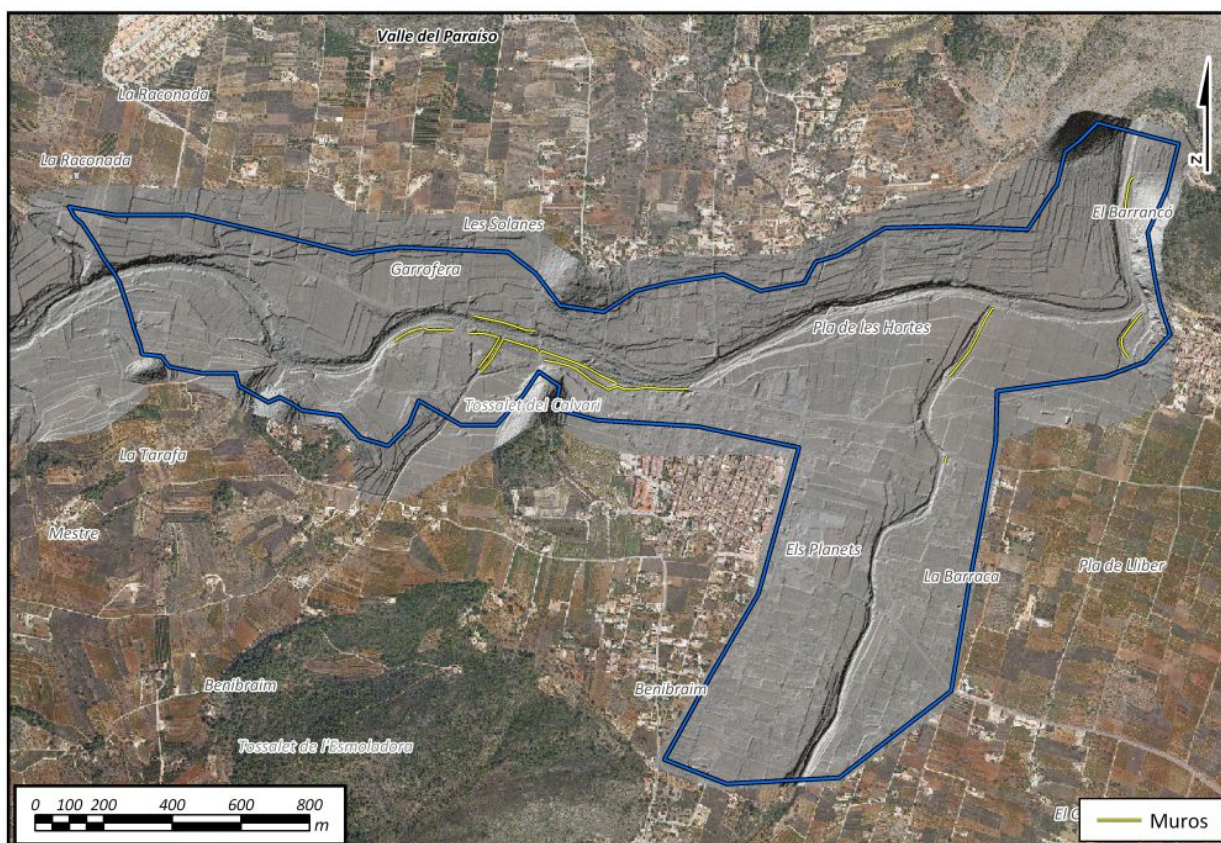


Figura 179: Muros



Foto 18: Muro del paseo frente a Xaló

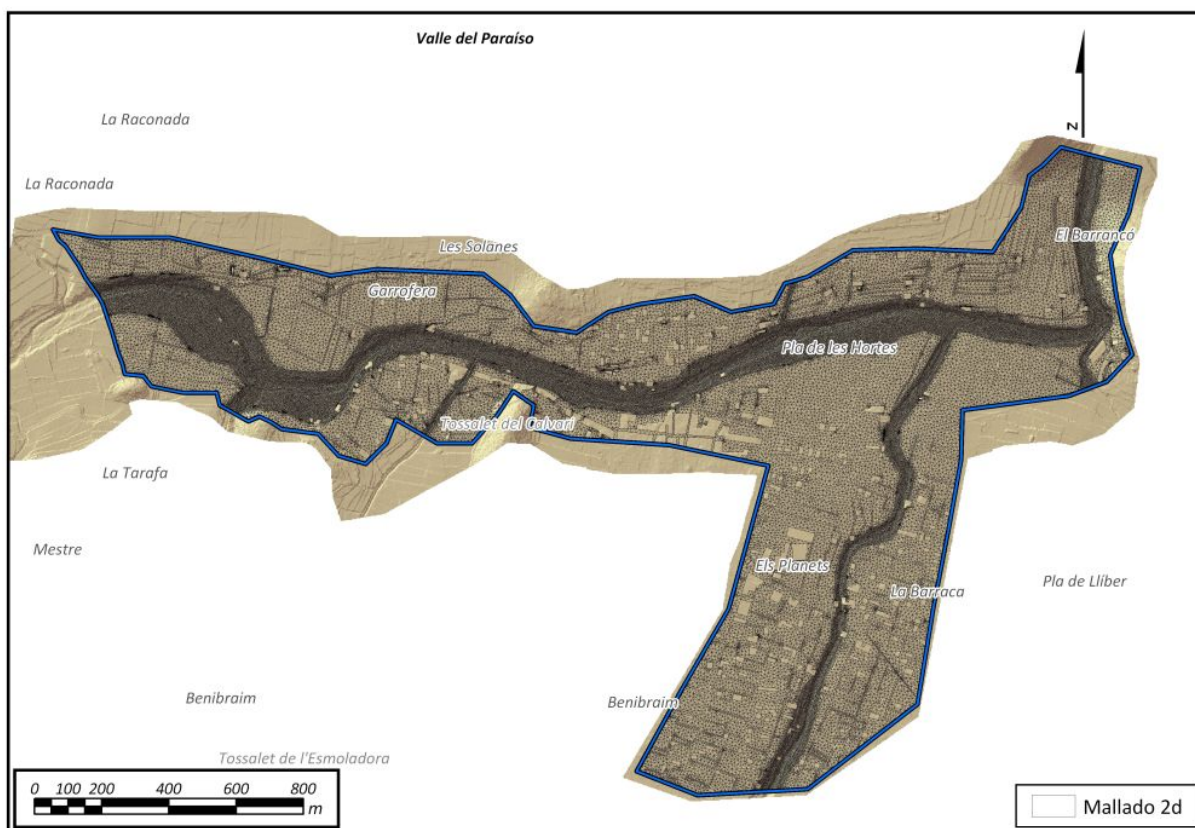


Figura 180: Malla triangular de simulación.

6.7.2.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

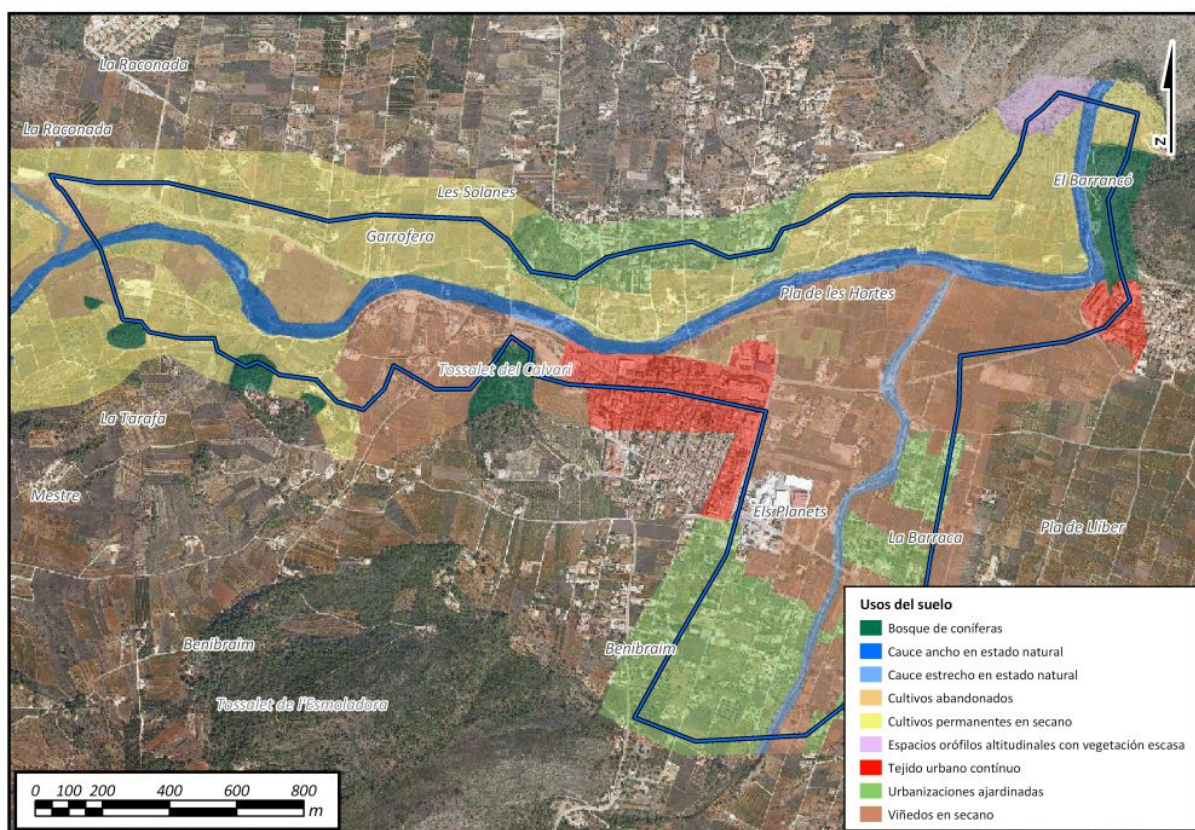


Figura 181: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de lridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 35: Relación usos del suelo manning.

6.7.3.- Condiciones iniciales y de contorno

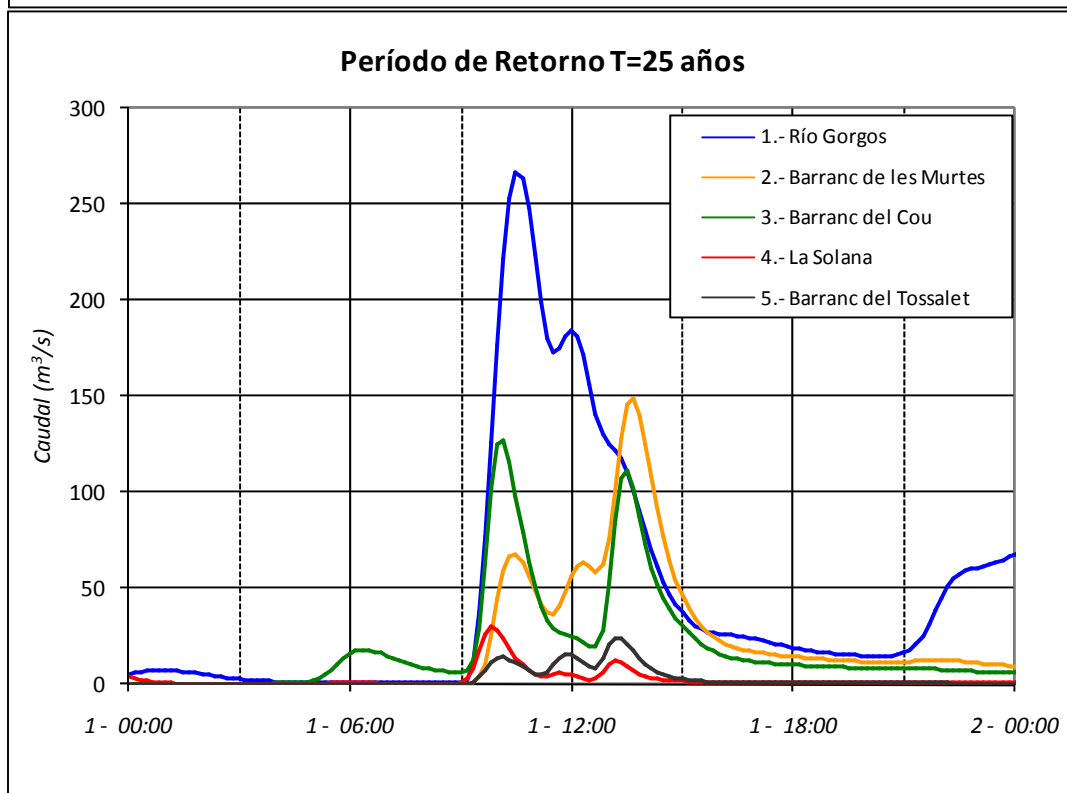
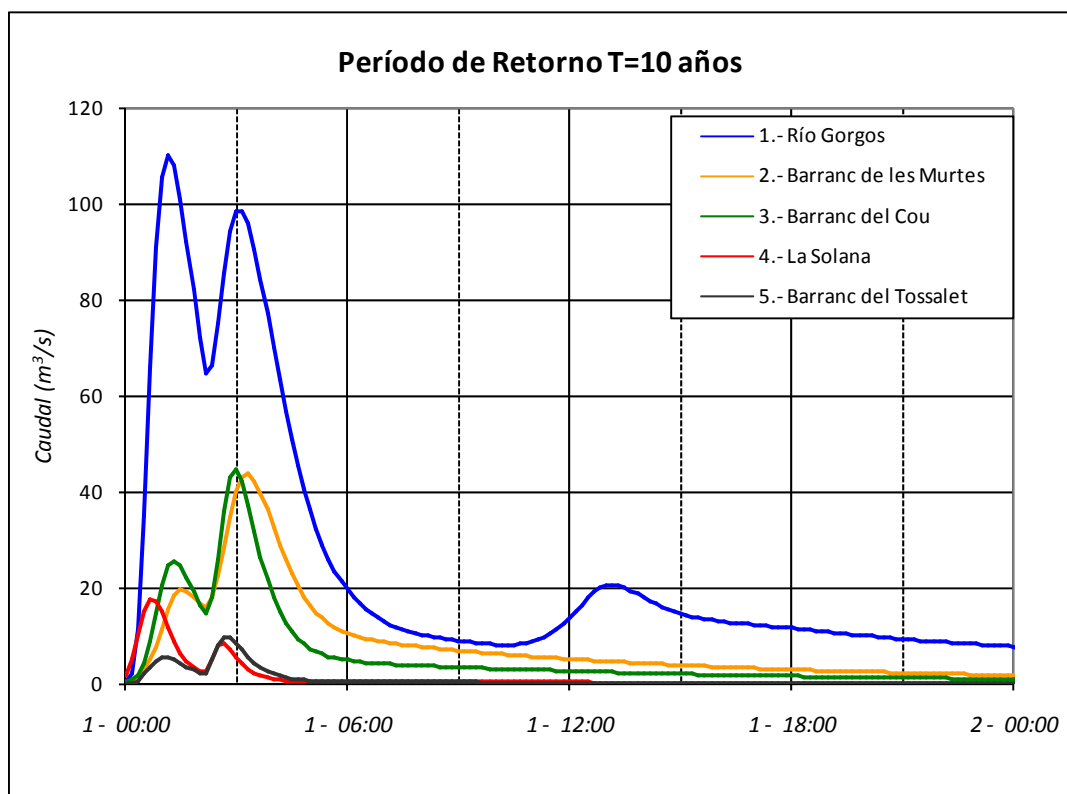
El modelo tiene como entradas los caudales del río Xaló o Gorgos (Jalon01) y afluentes laterales en Jalon02, Jalon03, Jalon04 y Jalon05. Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.

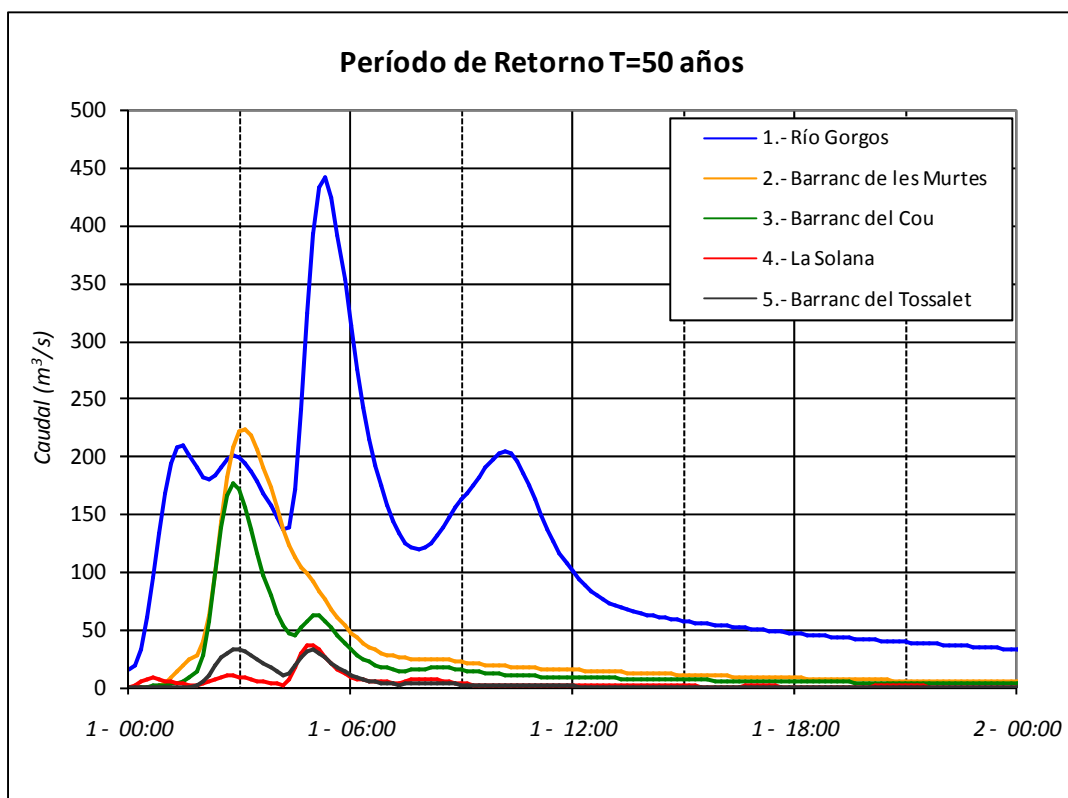


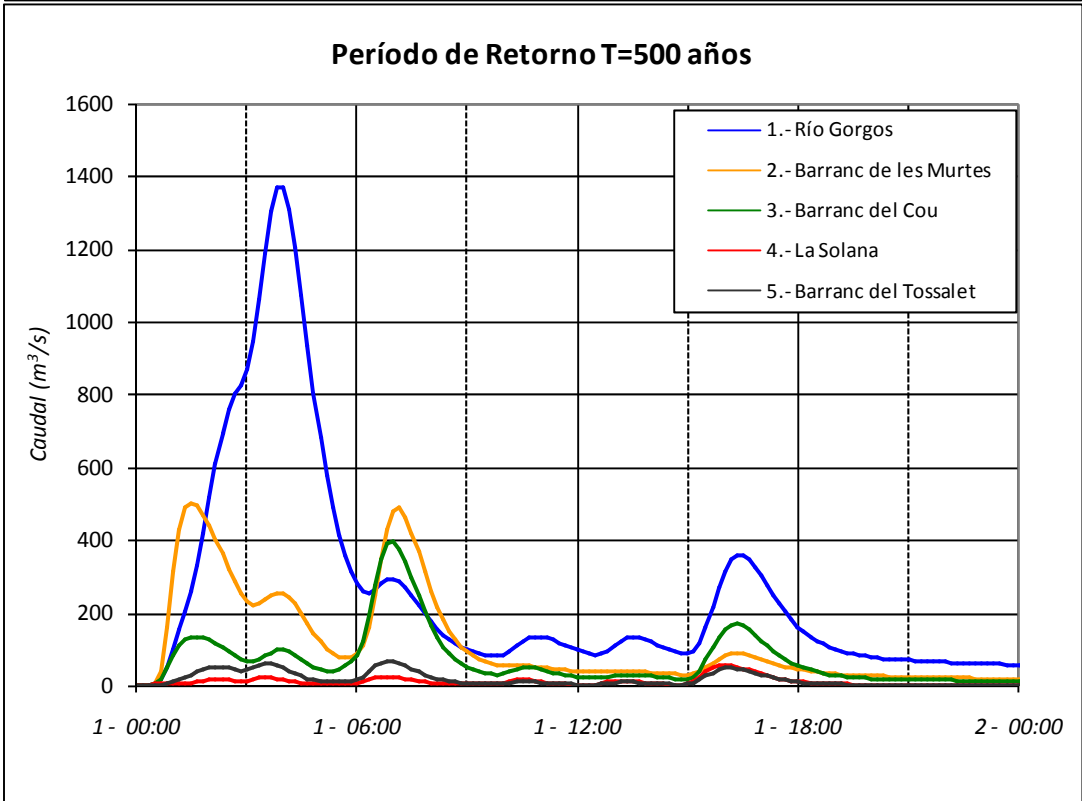
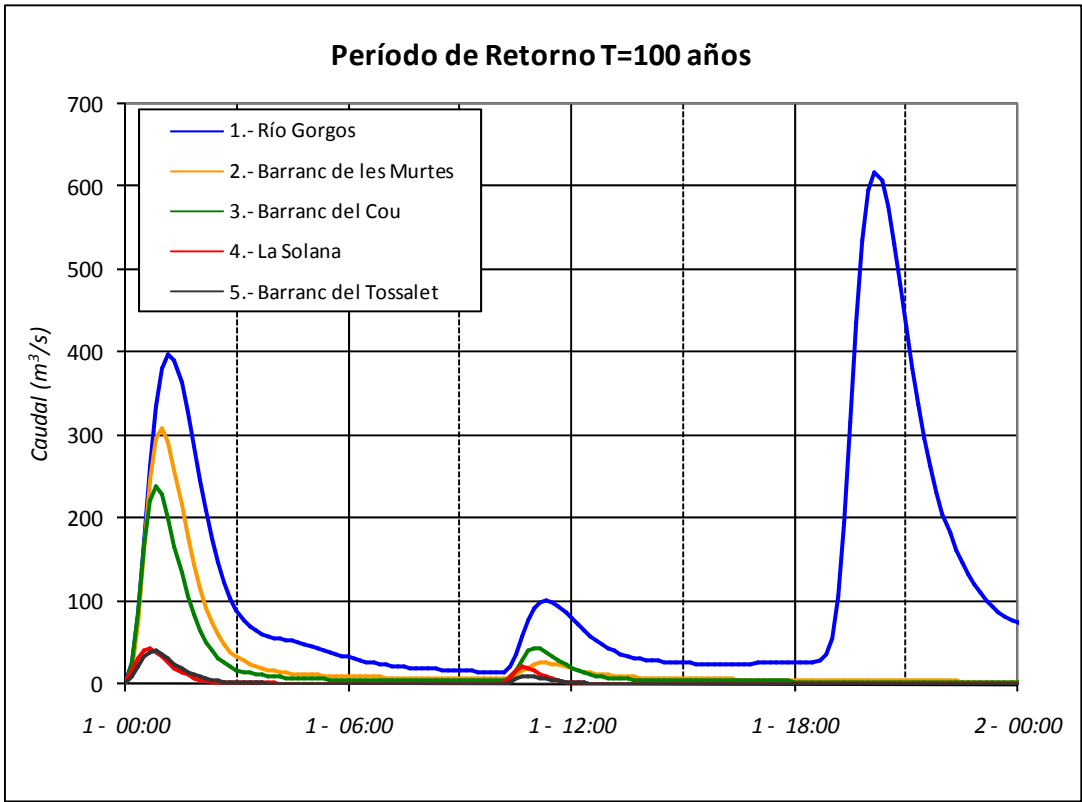
Figura 182: Condiciones de contorno

Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio.

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.







En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	3-2-110	2-3-025	1-3-009	3-2-014	3-2-096	1-3-026
	Caudal máximo (m3/s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Río Gorgos	110.2	266.8	440.9	603.4	617.2	1639.2
Bc. les Murtes	43.6	149.0	223.7	307.5	309.9	502.8
Bc. Del Cau	44.7	126.8	175.9	237.7	240.1	394.6
Bc. la Solana	17.7	30.1	37.0	42.7	43.0	55.4
Bc. del Tossalet	9.6	24.5	32.8	39.3	39.8	66.8

Tabla 36: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.7.4.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

En este modelo se detectan dos zonas donde se producen desbordamientos que afectan a viviendas a partir de períodos de retorno de diez años, en una de ellas el encauzamiento funciona deficientemente y la otra carece de infraestructura. Para períodos de retorno de 25 años y superiores se producen los desbordamientos de las entradas más orientales del modelo, uno de los cuales afecta a viviendas.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.7.4.1.- T10

Para el período de retorno de 10 años se producen desbordamientos en dos zonas, las cuales se señalan en la siguiente figura, donde también se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.

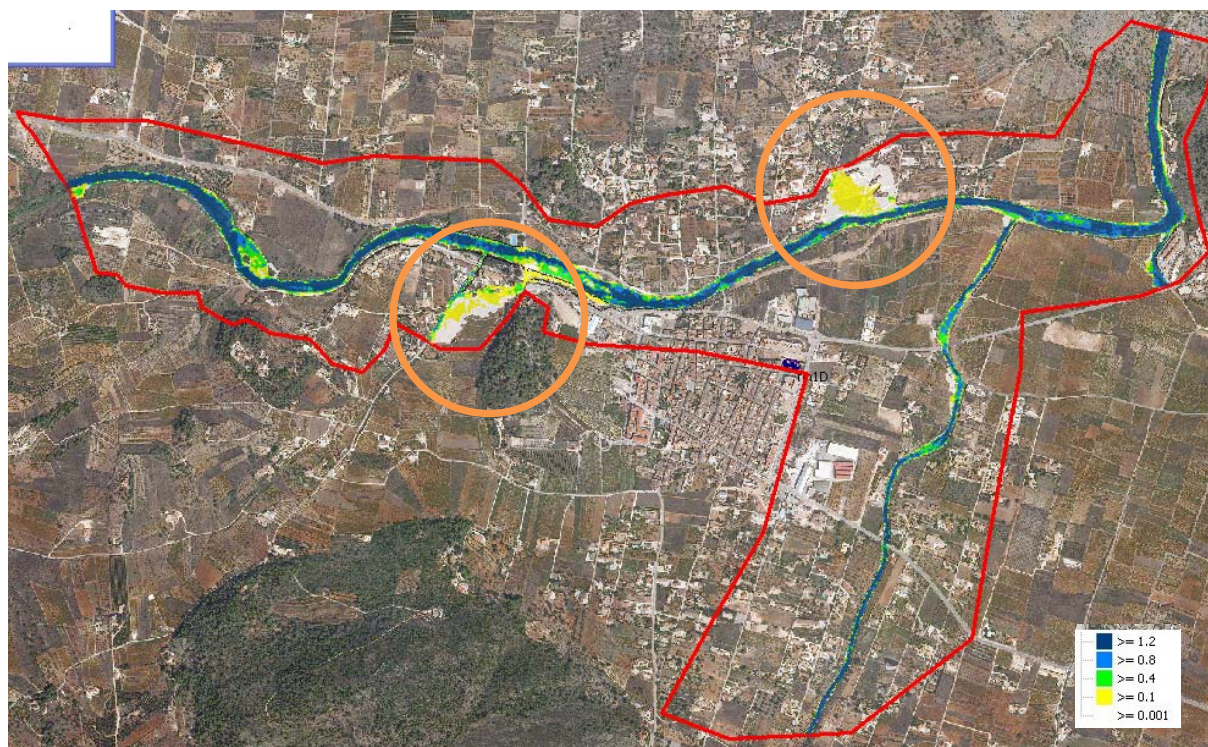


Figura 183: Simulación modelo Jalón / Xaló para periodo de retorno T10. Se destacan los desbordamientos iniciales.

En la zona que se encuentra al este de la figura, a la que le afecta la entrada Jalón 04, se producen desbordamientos que afectan a alguna vivienda.

Así mismo, en la zona situada al oeste de la figura, que corresponde con la entrada Jalón 05 y que está comprendida entre el Camino Segador y la Partida la Balseta, se producen desbordamientos que afectan a alguna vivienda.

En la siguiente fotografía se observa el barranco correspondiente a la entrada Jalón 05, la sección de encauzamiento no es suficiente, desbordando hacia la carretera y afectando como hemos dicho las viviendas cercanas a la carretera.



Foto 19: Sección barranco de Passules (entrada Jalón 05)

6.7.4.2.- T25

En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

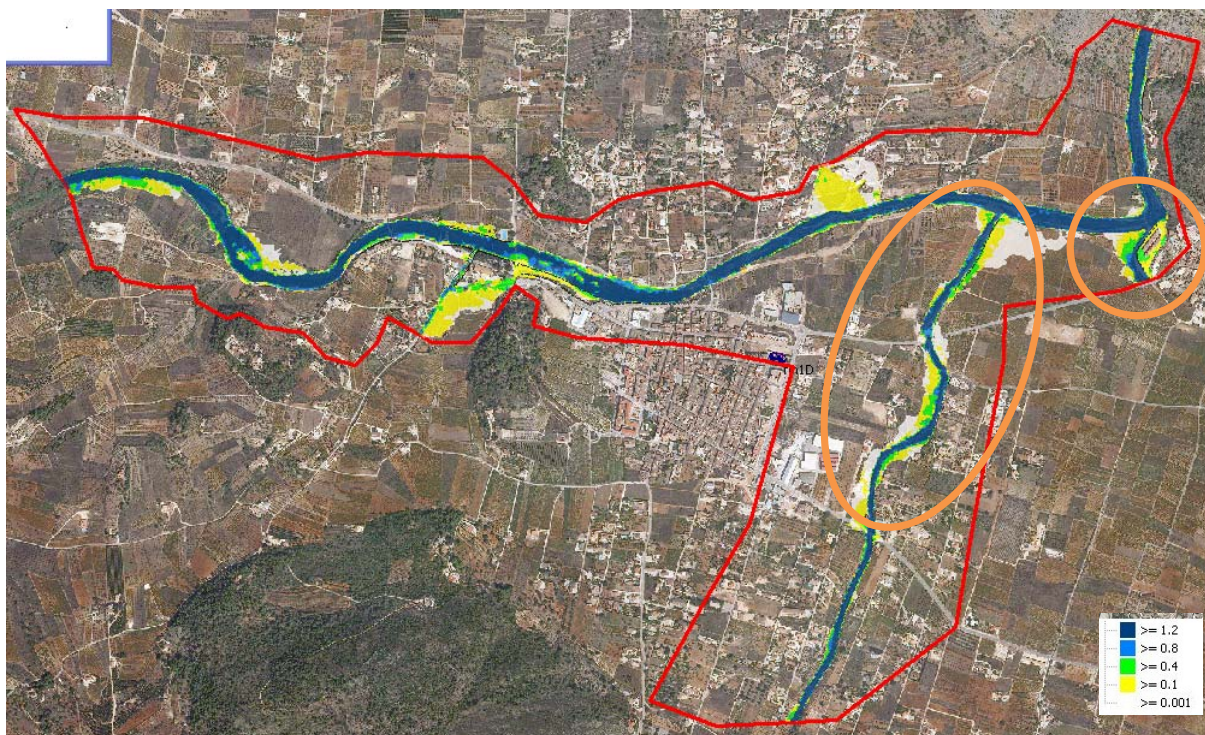


Figura 184: Simulación modelo Jalón / Xaló para periodo de retorno T25.

En esta figura se advierte que además de las zonas afectadas para el período de retorno de 10 años, hay dos zonas más que se señalan, donde se producen desbordamientos.

La que se localiza al oeste corresponde con la entrada Jalón 02 (Barranc de les Murtes), pero no afecta a ninguna vivienda.

La situada al este correspondiente a la entrada Jalón 03 (Barranc del Cou), si afecta a viviendas, incluso con calados mayores de 40 cm.

6.7.4.3.- T50

Para períodos de retorno de 50 años se producen desbordamientos en las cuatro zonas que hemos señalado en los puntos anteriores, aunque con calados mayores. En la siguiente figura se muestra la envolvente de los calados máximos en toda la extensión del modelo.

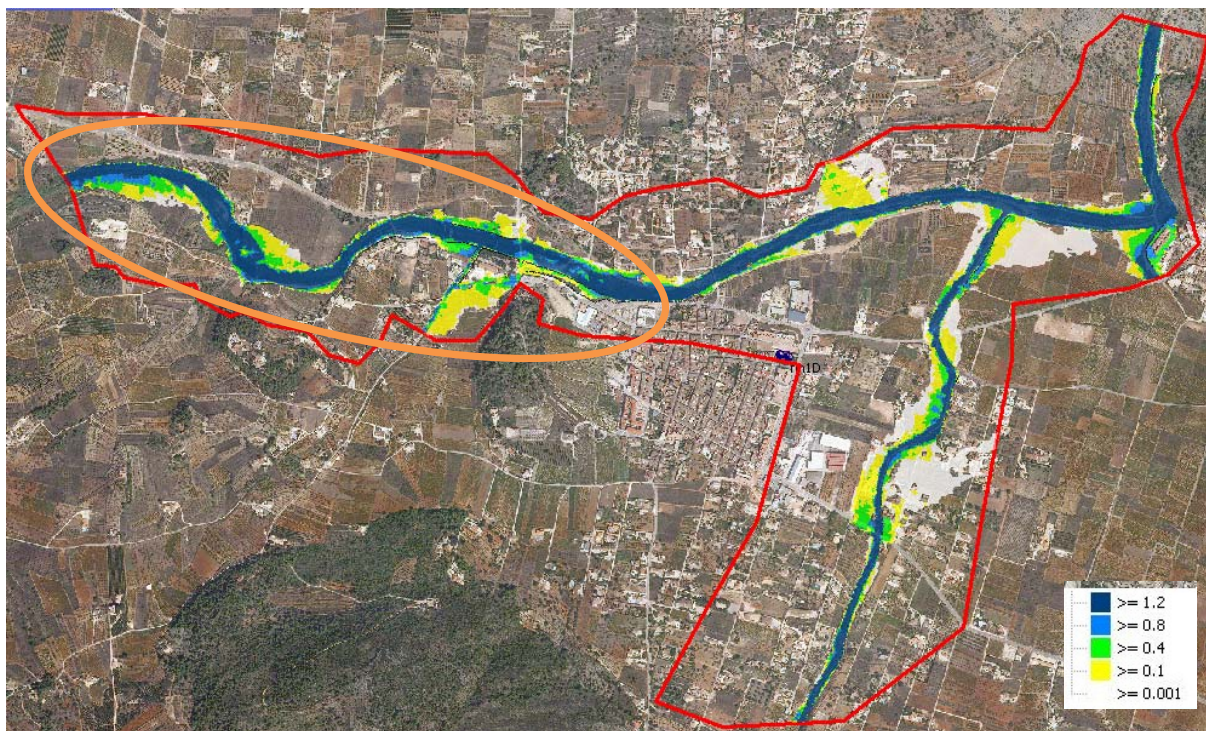


Figura 185: Simulación modelo Jalón / Xaló para periodo de retorno T50.

Notar que, además, para este período de retorno, el Río Gorgos (Jalón 01) se desborda antes de llegar a la población de Xaló, provocando el corte de la carretera CV-750 y también afectando a los edificios aledaños a la piscina del pueblo.

6.7.4.4.- T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 3-2-014 (figura 186) y 3-2-096 (figura 187) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes donde se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

Examinando las imágenes correspondientes a este período de retorno podemos observar que las zonas afectadas son las mismas que para los períodos de retorno anteriores pero con un incremento de extensión y de calados muy considerable, lo que lleva consigo más afecciones y de mayor importancia.

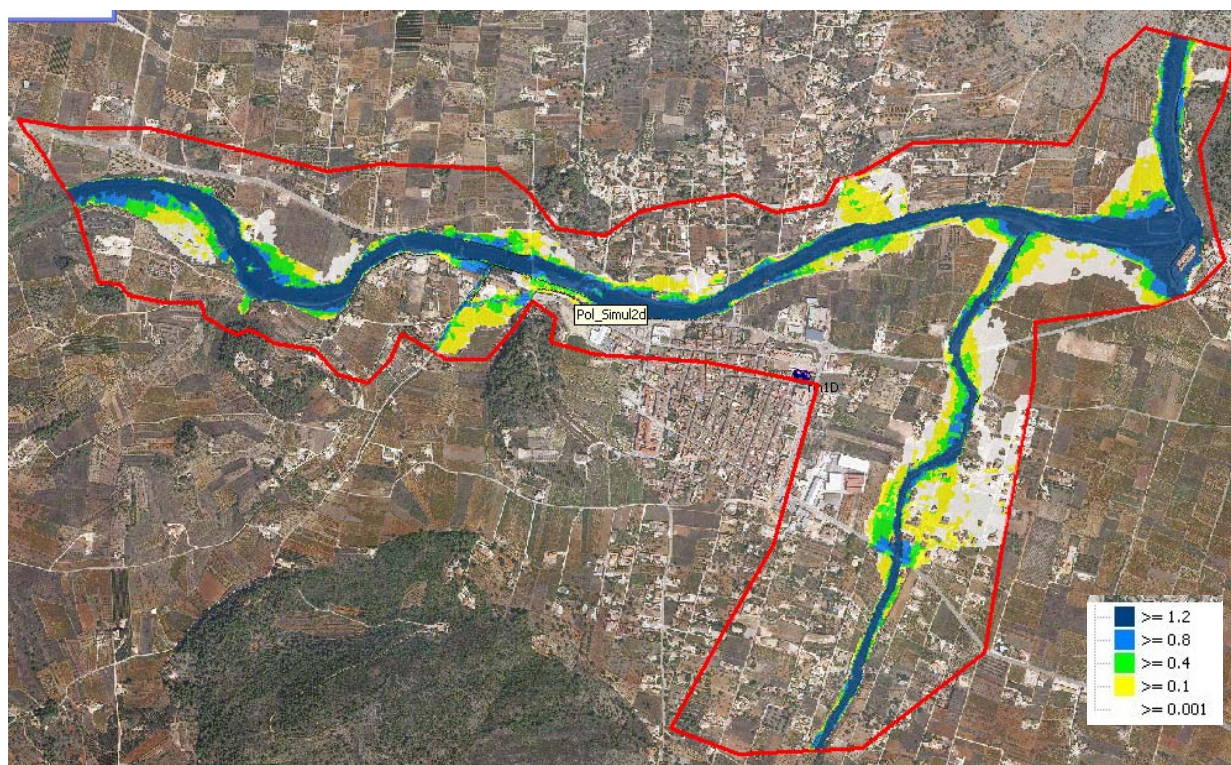


Figura 186: Simulación modelo Jalón / Xaló para periodo de retorno T100. Evento 3-2-014.

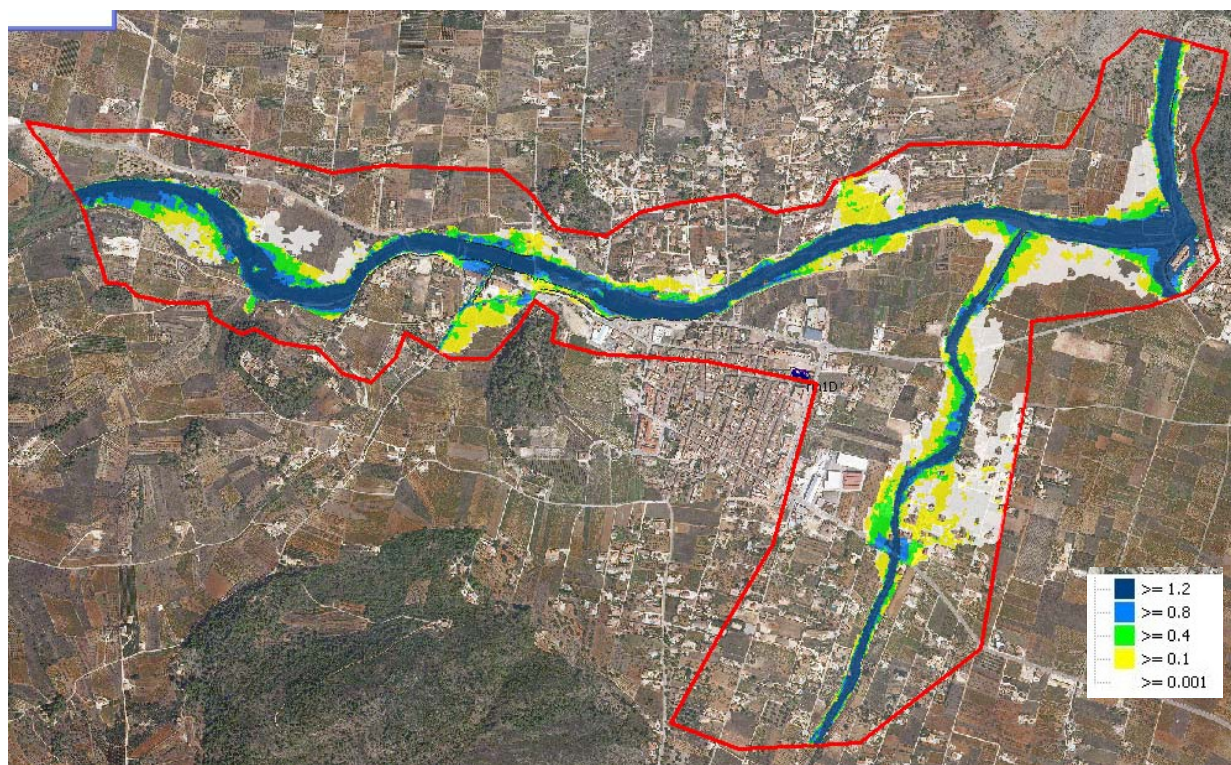


Figura 187: Simulación modelo Jalón / Xaló para periodo de retorno T100. Evento 3-2-096

6.7.4.5.- T500

En la siguiente figura se pueden ver estas dos zonas y los calados máximos en toda la extensión del modelo para este período de retorno.

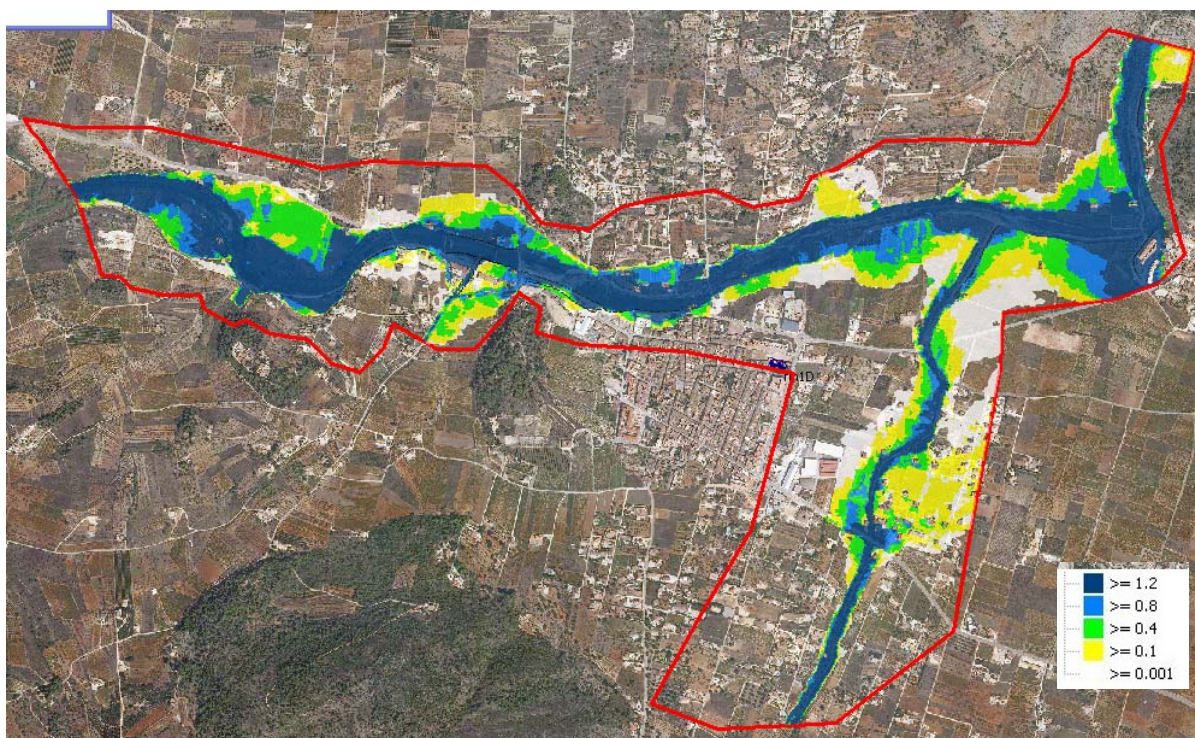


Figura 188: Simulación modelo Jalón para periodo de retorno T500.

Examinando la figura se observa que el desbordamiento del Río Gorgos para este periodo de retorno es generalizado, así como también el desbordamiento de los barrancos que le son afluentes.

6.8.- TEULADA

El modelo hidráulico Teulada abarca desde la confluencia del Barranc del Pas de Fuente con el Barranc Roig hasta la desembocadura en el Mar Mediterráneo. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.



Figura 189: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.8.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (150 m^2 y 10 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 5 m^2 y un mínimo de 1 m^2 para el polígono del oeste y de 2 m^2 y 1 m^2 para el polígono del barranco de les

Sorts. En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

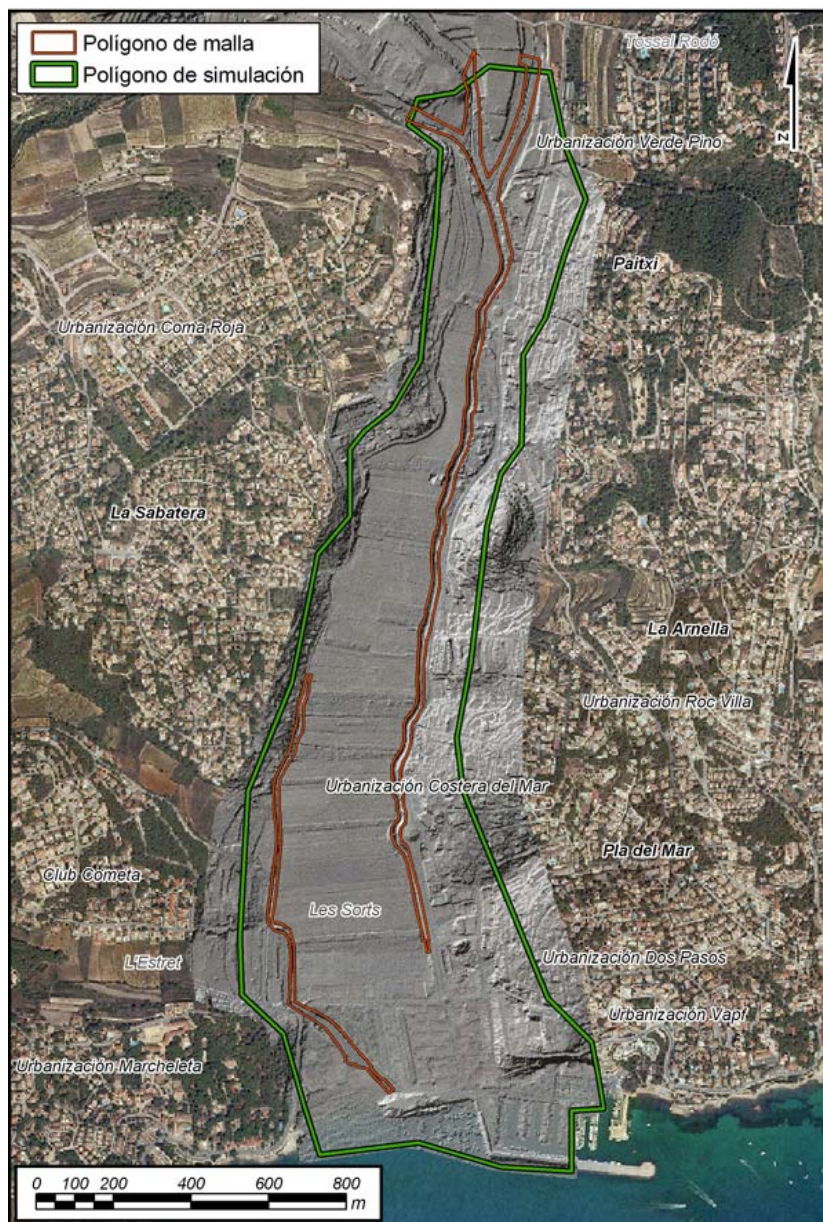


Figura 190: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura los muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 93176 triángulos y 48179 vértices. El área total del ámbito de estudio es de 1.4 km².

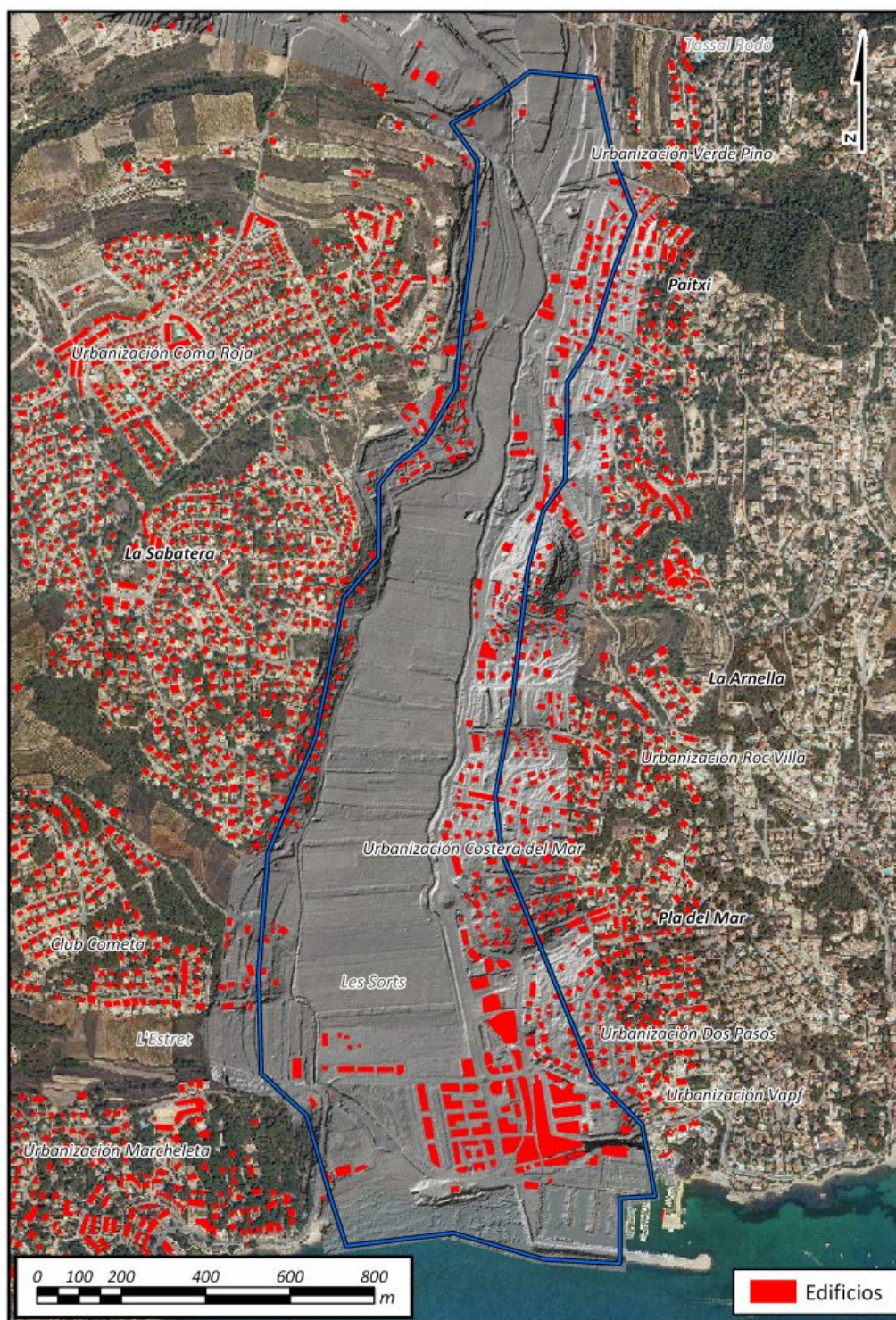


Figura 191: Polígono de edificios “Voids” y modelo digital del terreno.

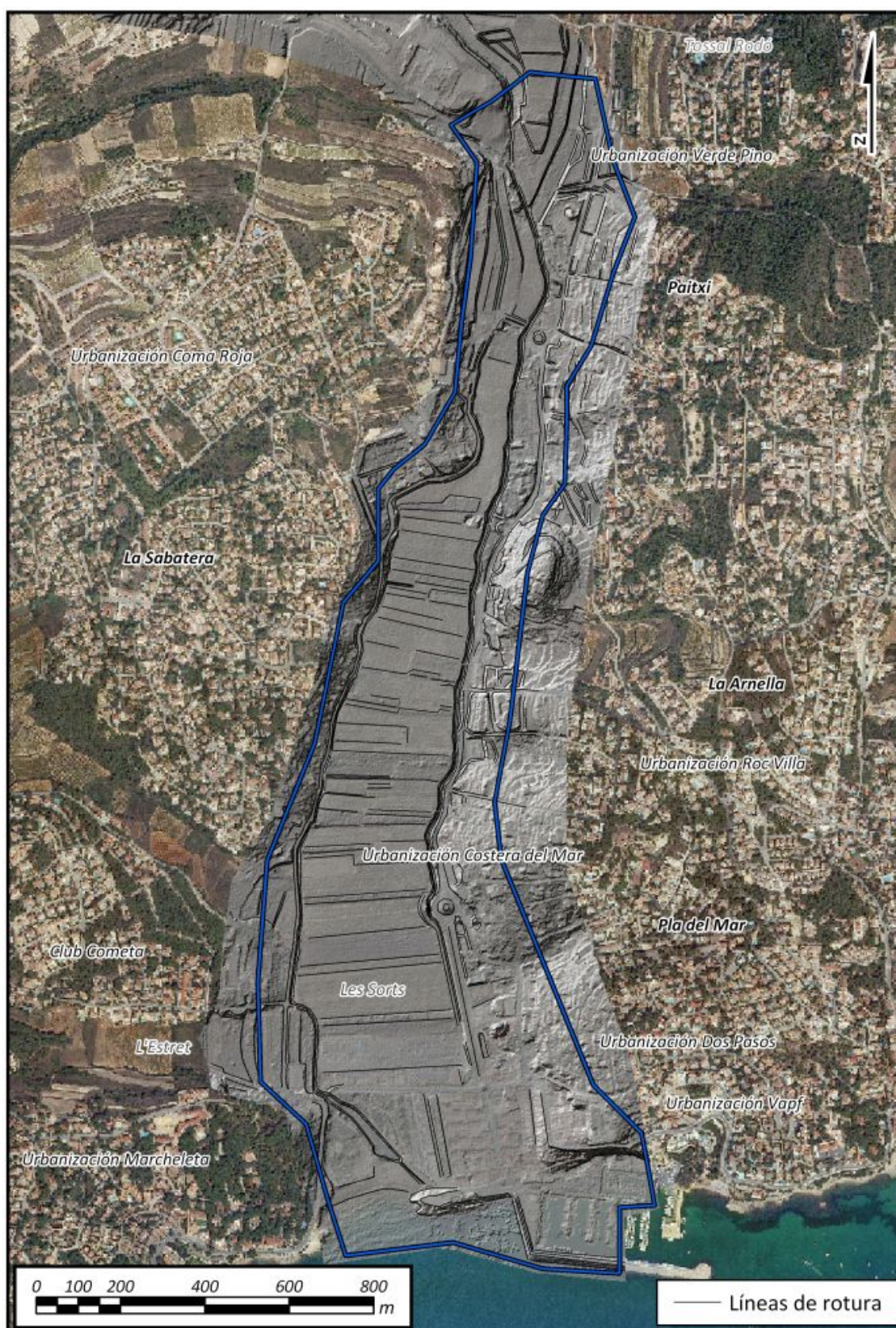


Figura 192: Líneas de rotura.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR



Figura 193: Muros.

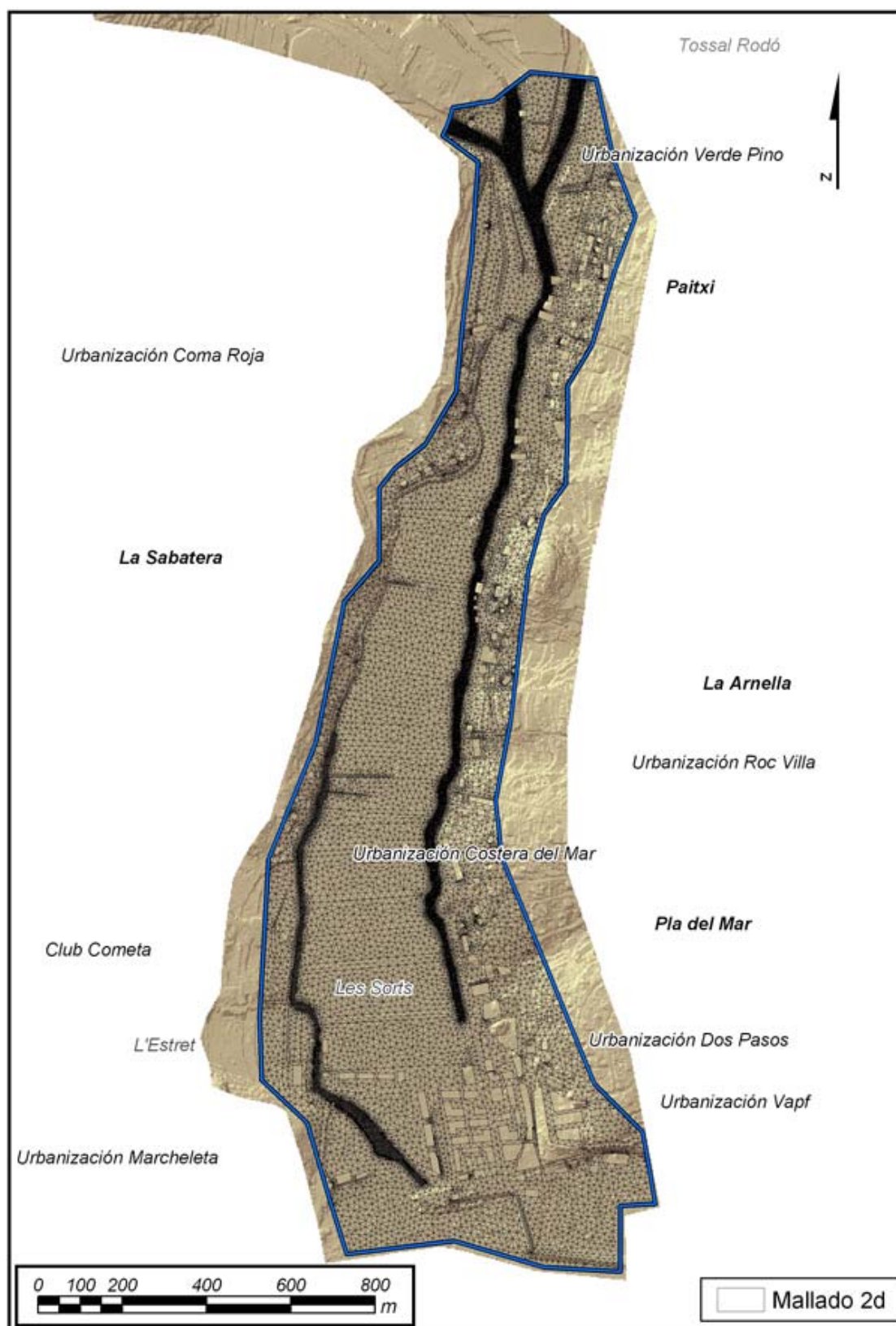


Figura 194: Malla triangular de simulación.

6.8.2.- Estructuras

Se ha modelado el paso inferior de la desembocadura del Barranco de les Sorts (ver siguiente imagen) mediante una estructura unidimensional cuyo funcionamiento se explica en la introducción del anexo correspondiente al estudio hidráulico.



Figura 195: Ubicación del paso inferior

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan son los siguientes.

- Cota entrada = 6.010 msnm
- Cota salida = -0.4 msnm
- Longitud = 400 m
- Area = 11.7 m²
- C= 0.9
- C_w = 0.9

Los coeficientes de pérdida de vertido (C_w) y descarga sumergida (C) tienen en cuenta las pérdidas por entrada, salida y por fricción a lo largo del paso y son utilizados según el modo de funcionamiento de la estructura. En la siguiente figura se muestra una foto con las dimensiones del paso identificado por 3 vanos de 3x1.3m.



Foto 20: Entrada del culvert

6.8.3.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

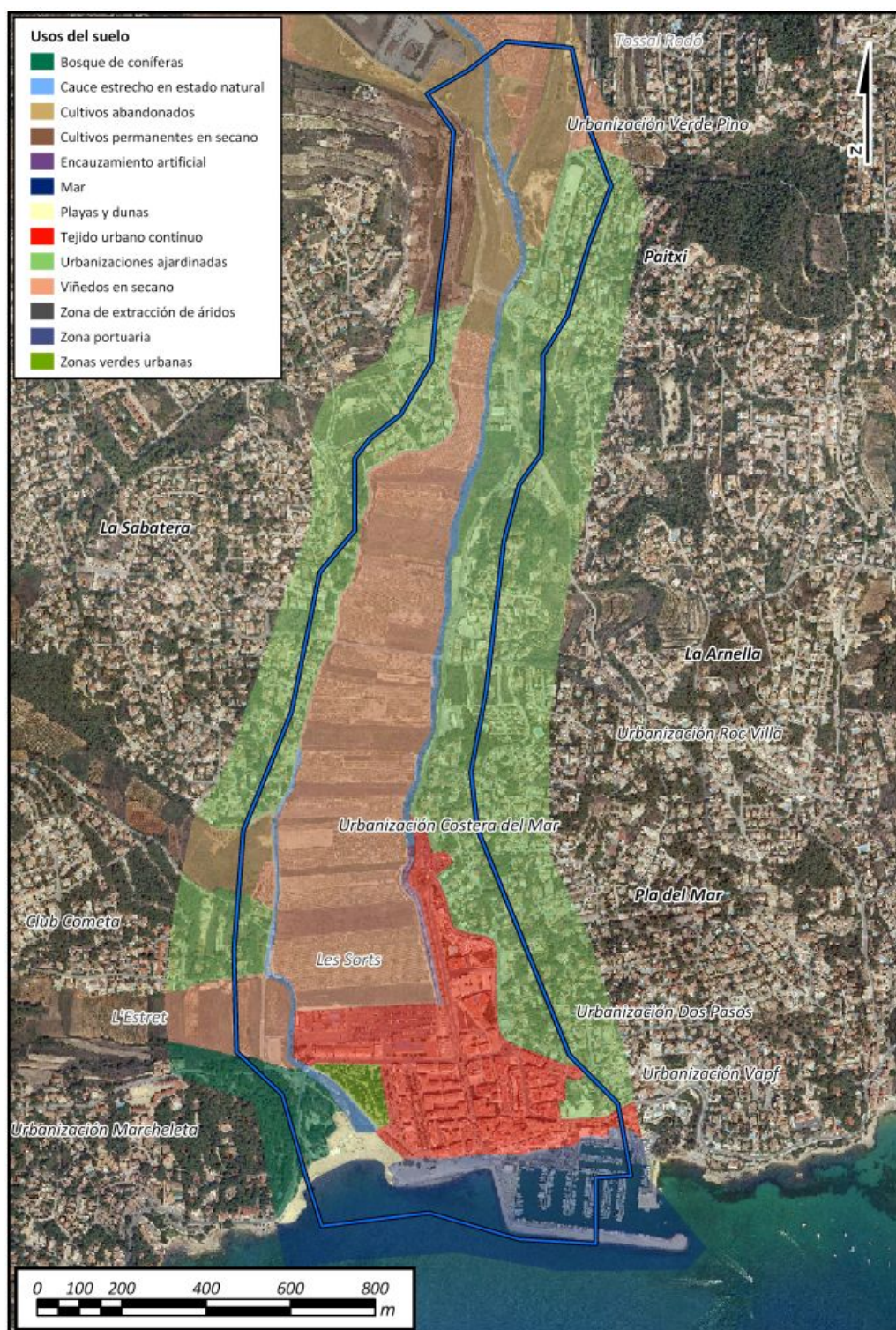


Figura 196: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Vñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de lridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 37: Relación usos del suelo con el nº de Manning.

6.8.4.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del Barranco de Roig (Teulada03), del Barranco de Font Santa (Teulada04), el barranco afluente al Barranco de Font Santa (Teulada05) y la desembocadura de los Barrancos del Estret y Cometa (Teulada07). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.

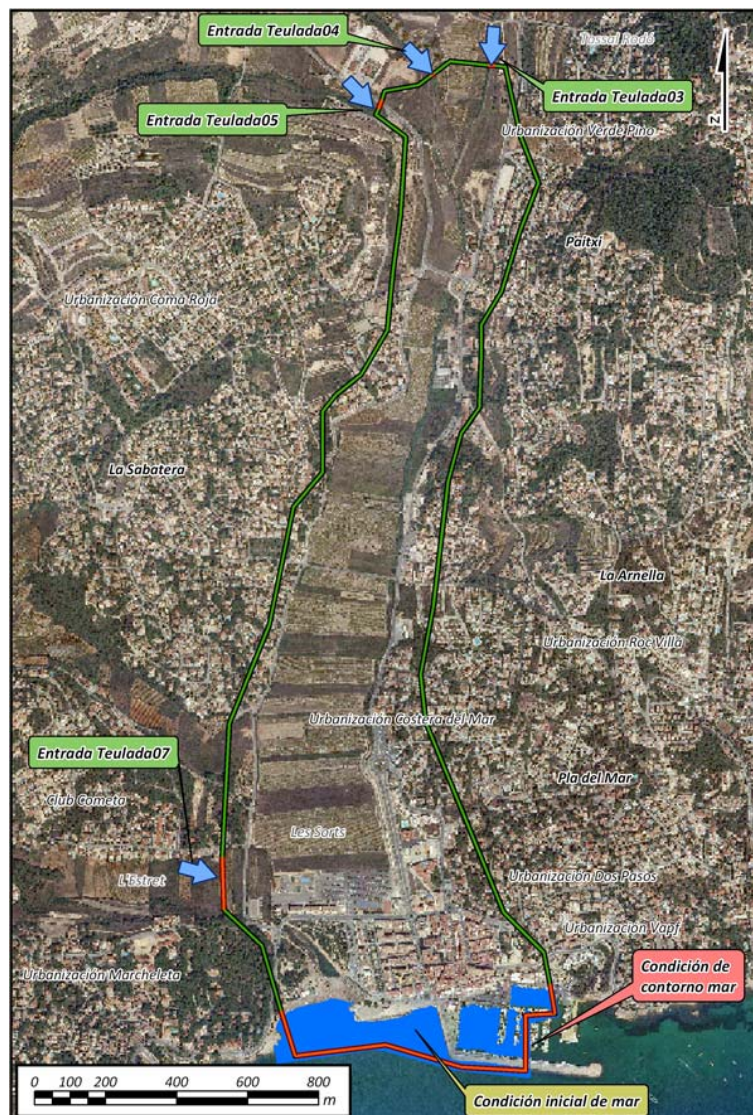


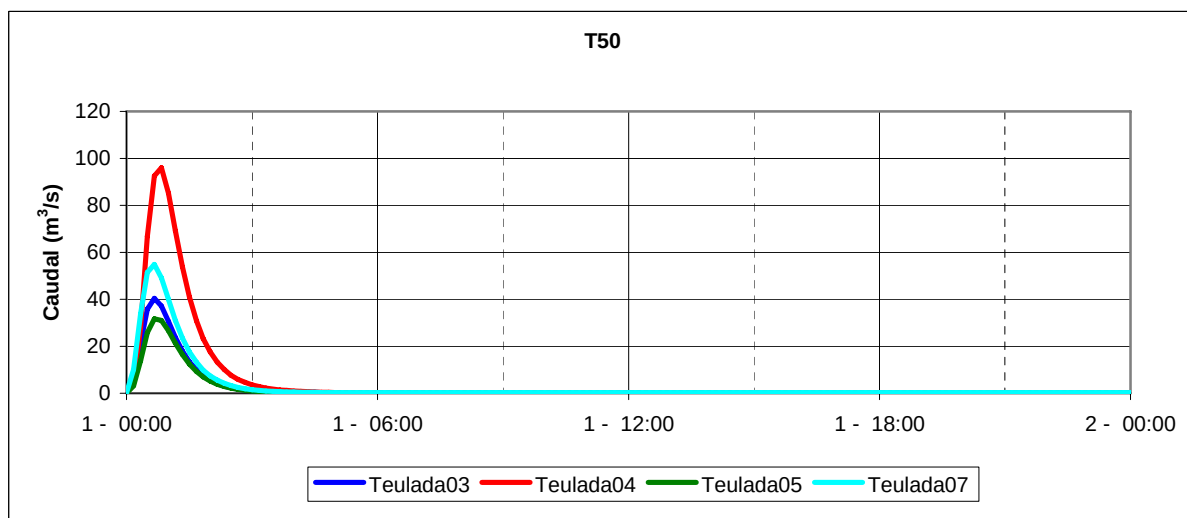
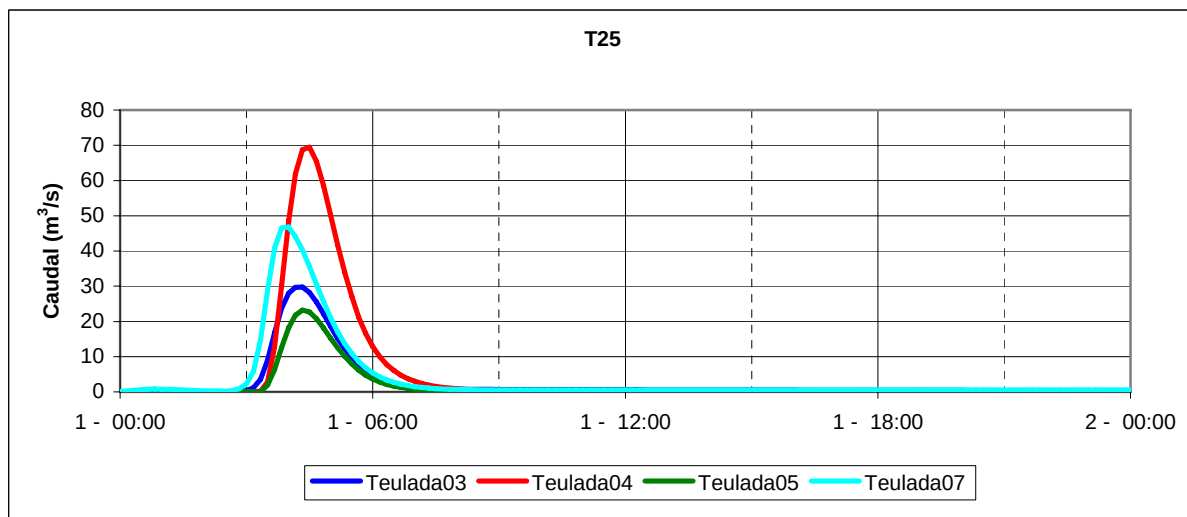
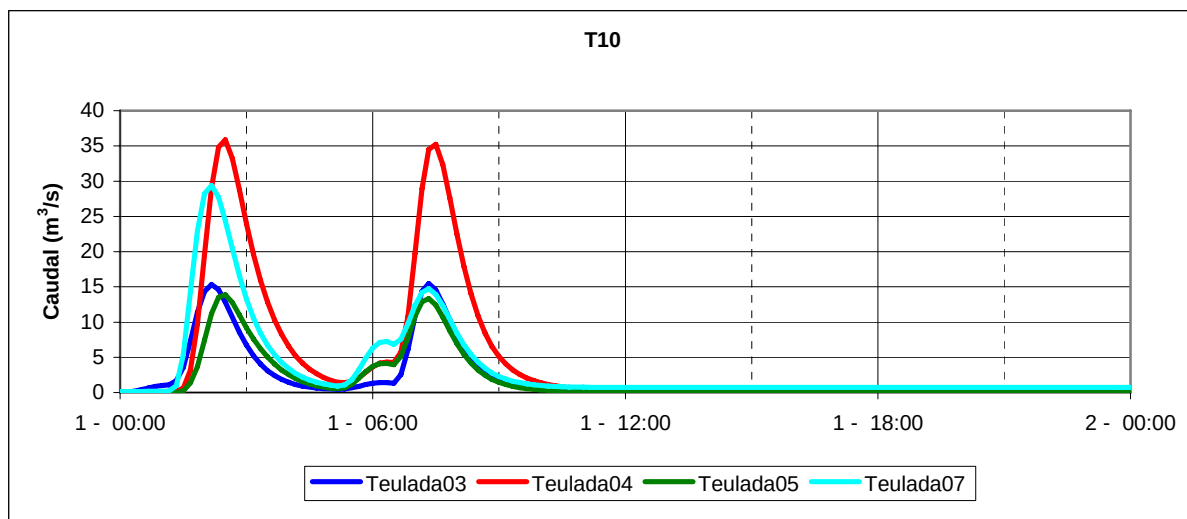
Figura 197: Condiciones de contorno e iniciales

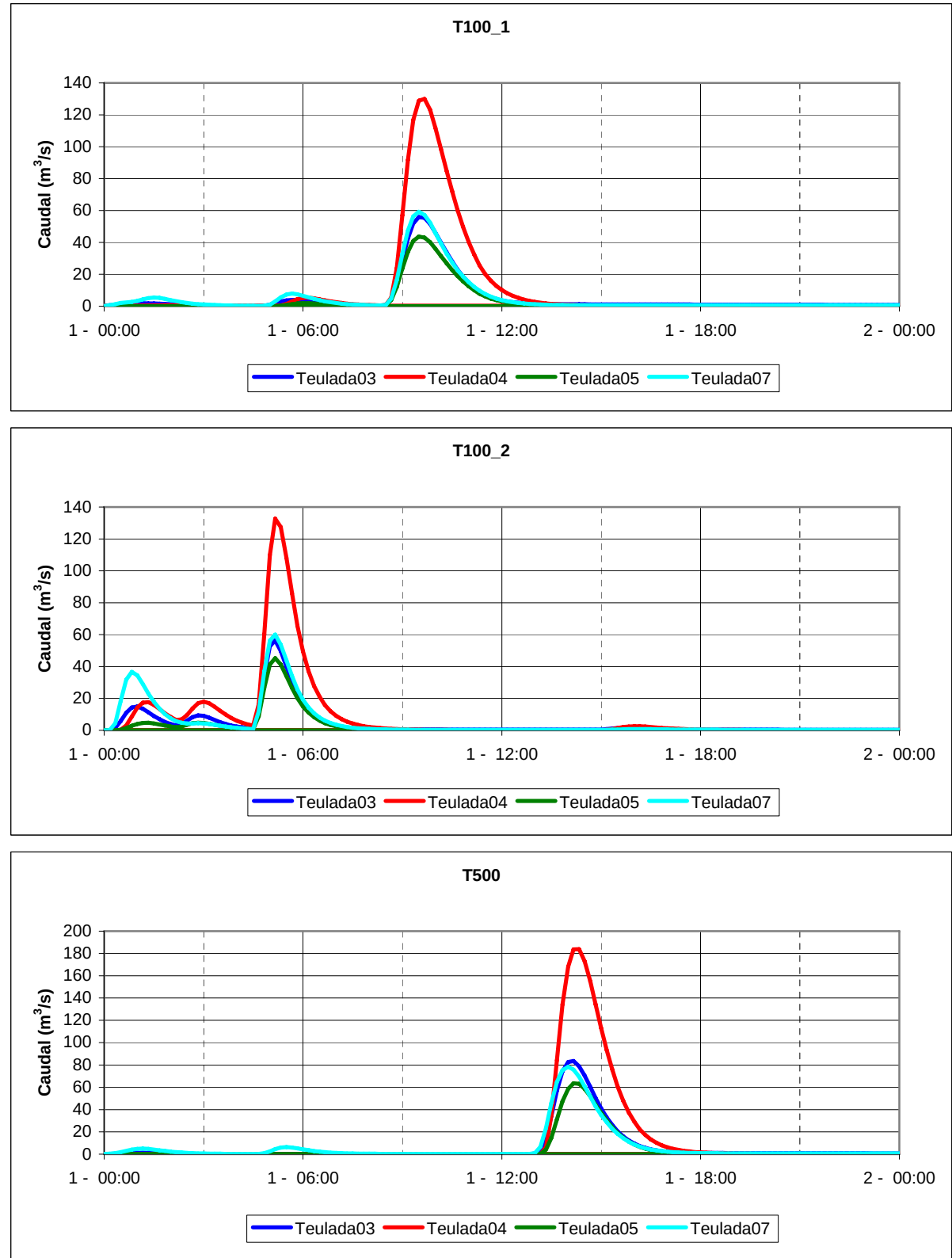
Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea, también utilizados como condición inicial, para los 5 períodos de retorno analizados.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 38: Condición inicial de marea.

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.





En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	3-3-032	3-2-130	1-2-199	3-2-025	3-1-218	2-2-007
	Caudal máximo (m3/s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Teulada03	15.5	29.8	40.3	55.9	56.3	83.5
Teulada04	35.9	69.5	96.1	130.0	132.6	183.8
Teulada05	13.9	23.2	31.8	43.6	45.2	63.5
Teulada07	29.4	46.8	54.8	59.2	60.0	78.4

Tabla 39: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.8.5.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

El barranco de les Sorts está compuesto por una parte encauzada en su margen izquierda que conduce caudales de períodos de retorno bajos y para períodos de retorno superiores a 25 años los caudales circulan por todo el cauce sin producirse desbordamientos ni afecciones significantes, exceptuando en la desembocadura donde existe un sector urbanizado que impide el desagüe de las aguas al mar. Existe un paso inferior en la desembocadura del canal en la margen izquierda que permite desaguar caudales superiores a los que encauza este canal generando desbordamientos aguas arriba que luego al unirse con los caudales de los barrancos del suroeste del modelo ocasionan problemas en la zona urbanizada de la desembocadura.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las simulaciones realizadas.

6.8.5.1.- T10

El Barranc del Les Sorts esta compuesto por un encauzamiento por margen izquierda para caudales bajos que termina en un culvert que desagua la mar y luego la zona del barranco donde circulan caudales mayores cuya desembocadura esta obstruida por edificios. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento donde se observan inundaciones en los edificios ubicados en la desembocadura del barranco con calados máximos inferiores a 40 cm. No se producen desbordamientos del barranco que afecten a viviendas o carreteras salvo en la desembocadura del mismo.

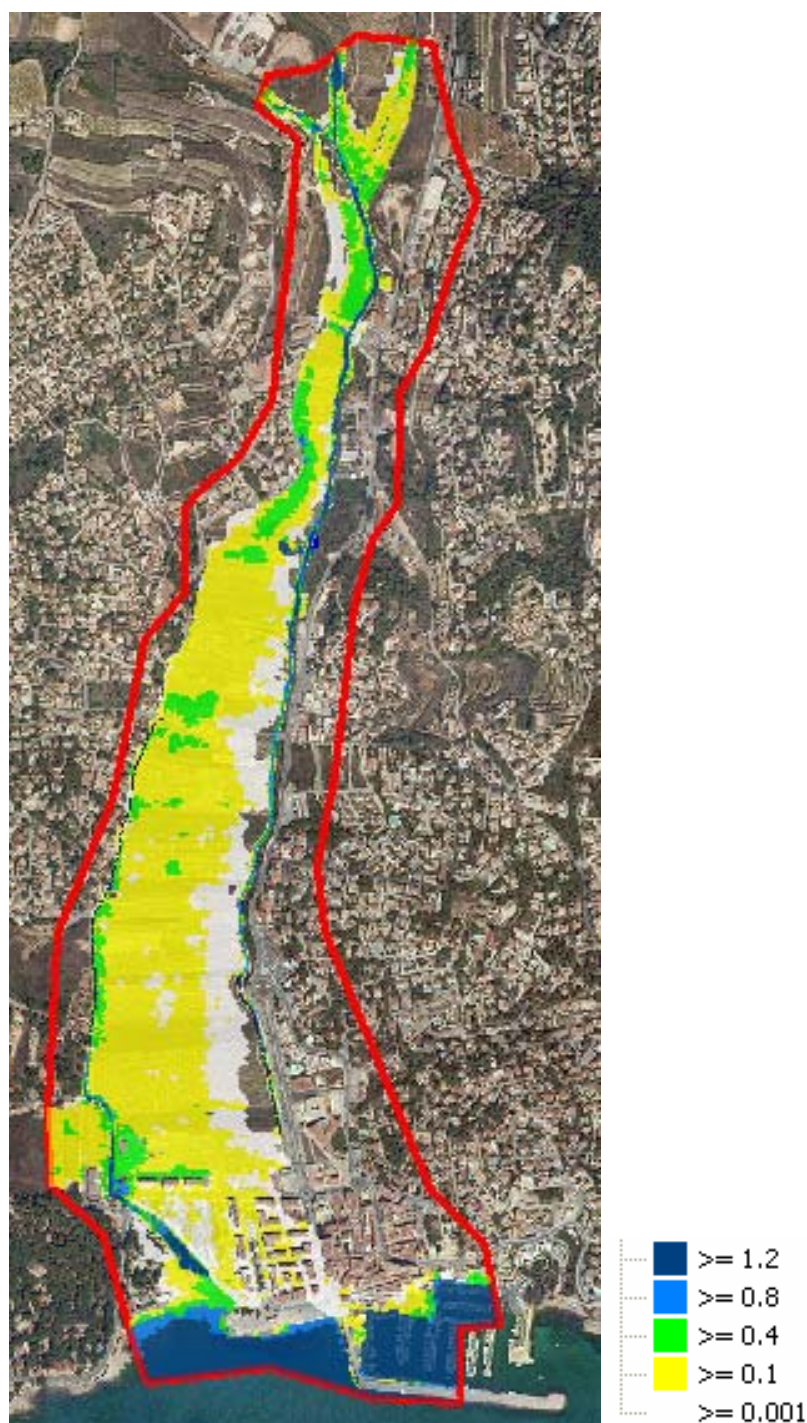


Figura 198: Simulación modelo Teulada para periodo de retorno de T10.

En la siguiente figura se muestra el instante en el cual comienzan los desbordamientos en el canal de margen izquierda (a partir de $20 \text{ m}^3/\text{s}$) del barranco y los desbordamientos provocados por los caudales provenientes del Barranc del Cometa y el Barranc Estret inundando el parking y los edificios ubicados en la desembocadura del barranco. Debido a la poca capacidad del canal de margen izquierda solo llegan $8 \text{ m}^3/\text{s}$ al culvert, el cual tiene una capacidad de desagüe superior.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

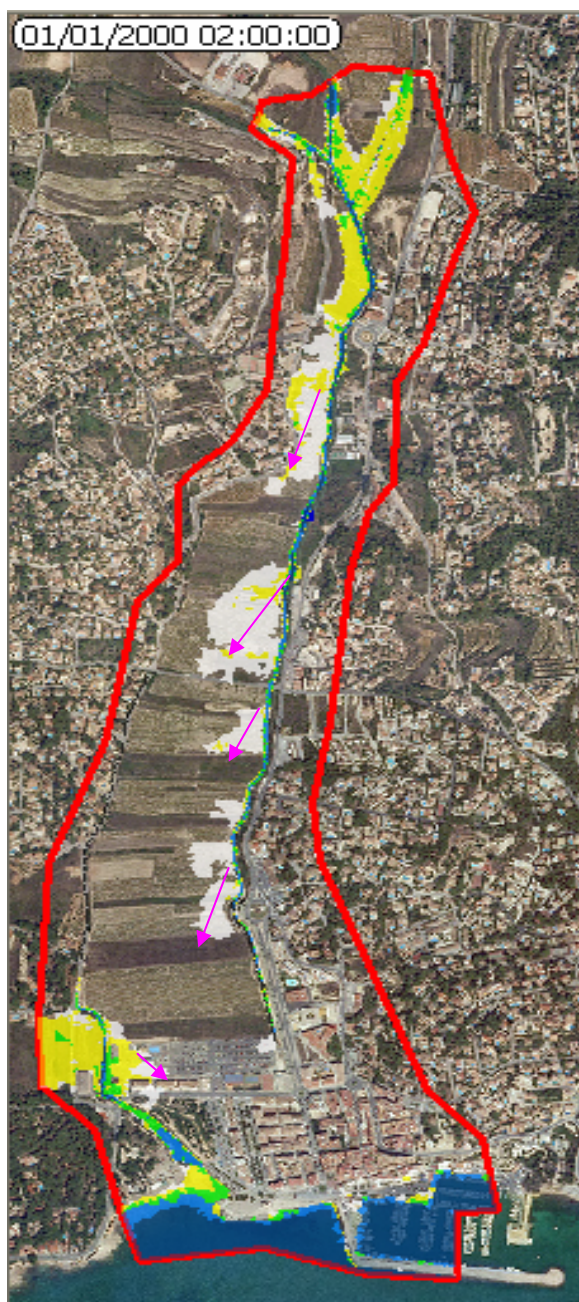


Figura 199: Simulación modelo Teulada para periodo de retorno de T10. Desbordamientos tramo encauzado.

6.8.5.2.- T25

En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento. Las características de la inundación son similares al período de retorno de 10 años, pero comienza a haber afecciones sobre la carretera paralela a la margen derecha del barranco.

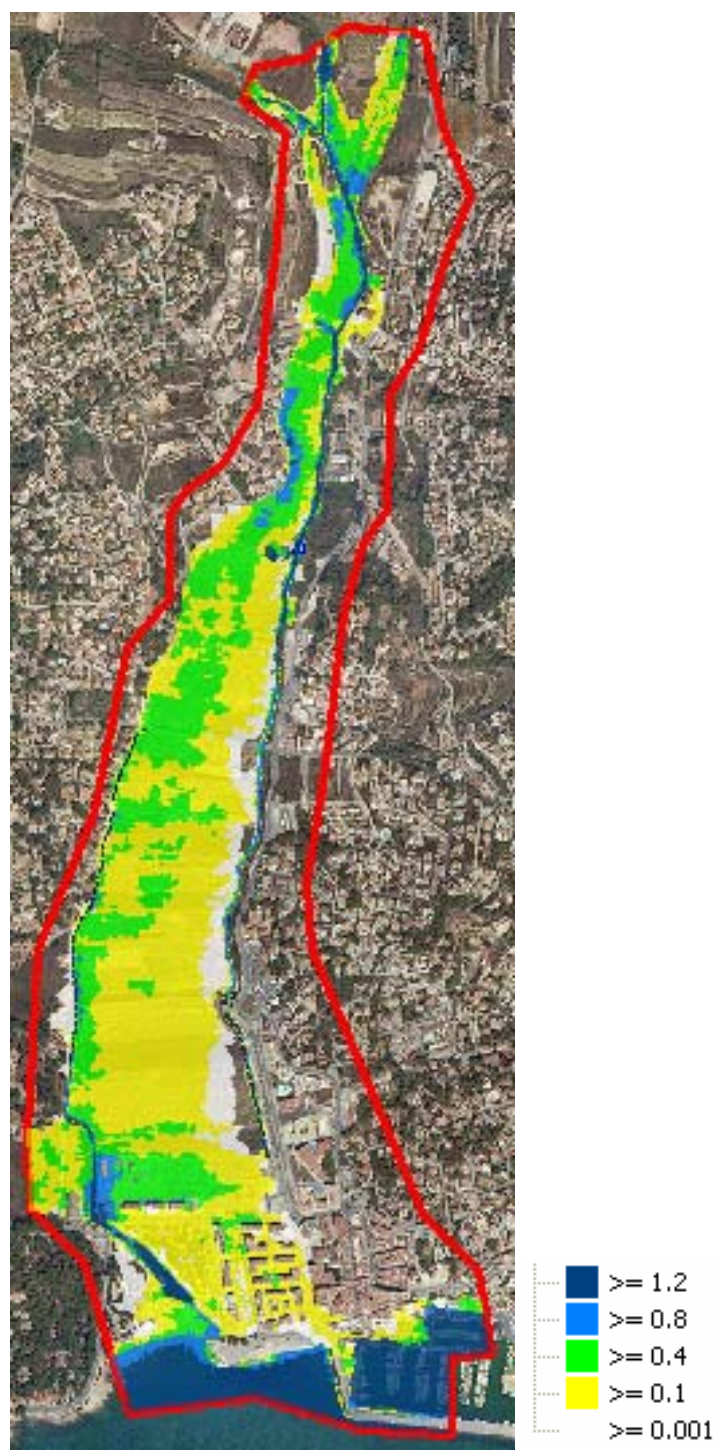


Figura 200: Simulación modelo Teulada para periodo de retorno de T25.

En la siguiente imagen se puede observar que en la parte norte del modelo los desbordamientos de la margen izquierda del barranco afectan a algunos edificios colindantes al barranco.

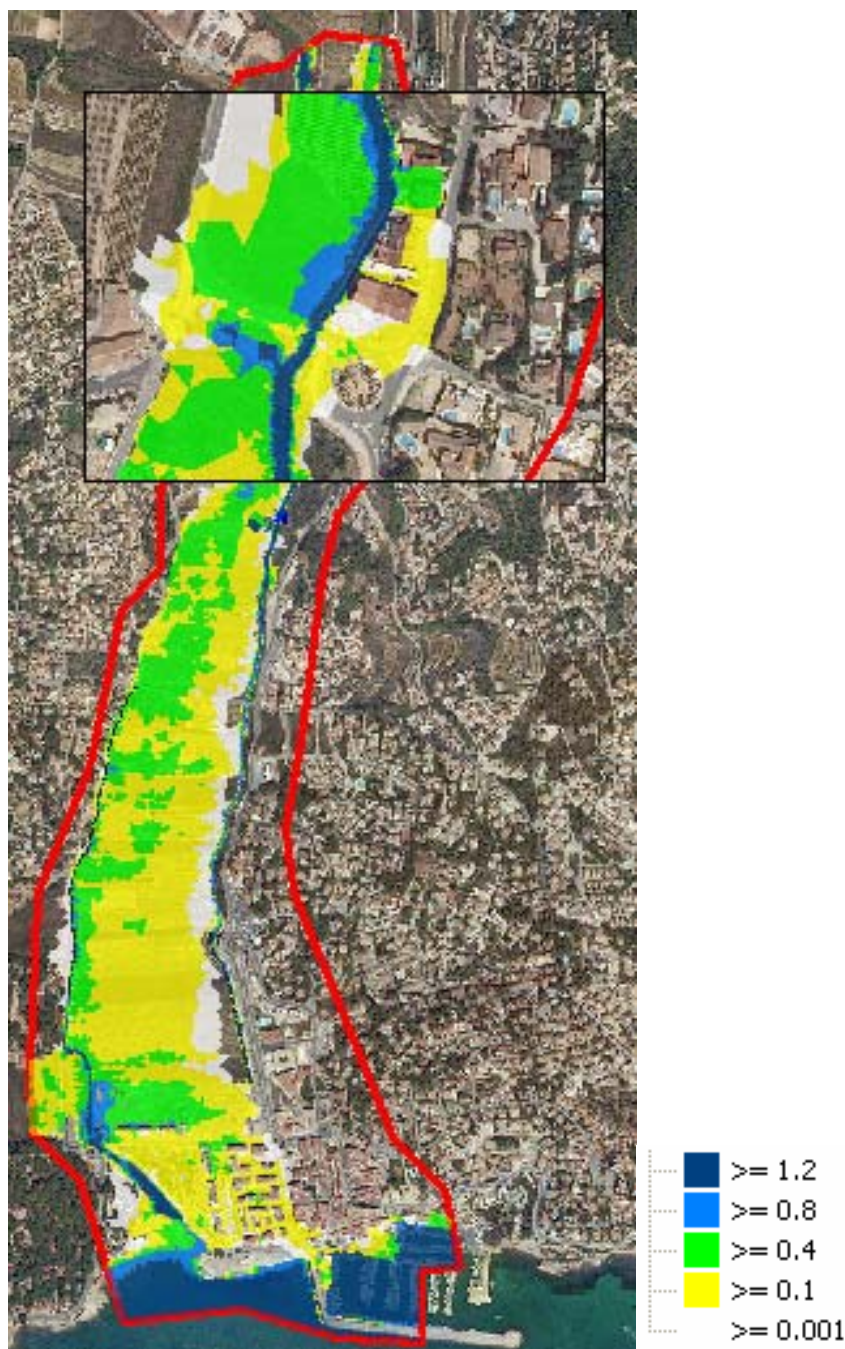


Figura 201: Simulación modelo Teulada para periodo de retorno de T25. Detalle inundación en confluencia carreteras CV-737 y CV-743 y que afecta a varias edificaciones.

Seguidamente se muestra un zoom de la desembocadura del barranco y las direcciones de flujo principales de los caudales que atraviesan la zona edificada desaguando en el puerto deportivo de Moraira.

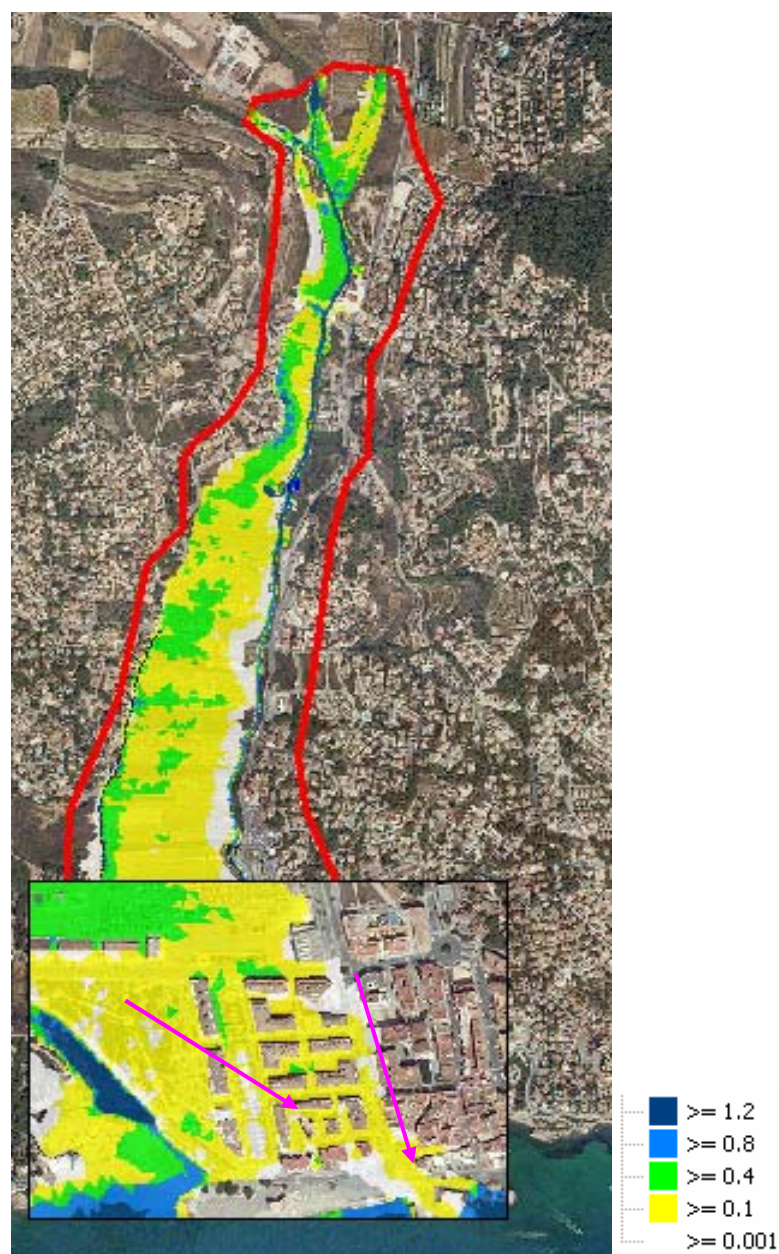


Figura 202: Simulación modelo Teulada para periodo de retorno de T25. Detalle inundación en zona ocupada por edificaciones en desembocadura barranco.

6.8.5.3.- T50

En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento. Las características de la inundación son similares al período de retorno de 25 años, los calados máximos sobre la carretera de la margen derecha superan los 10cm y en la zona de la desembocadura los calados por las calles superan los 40 cm.

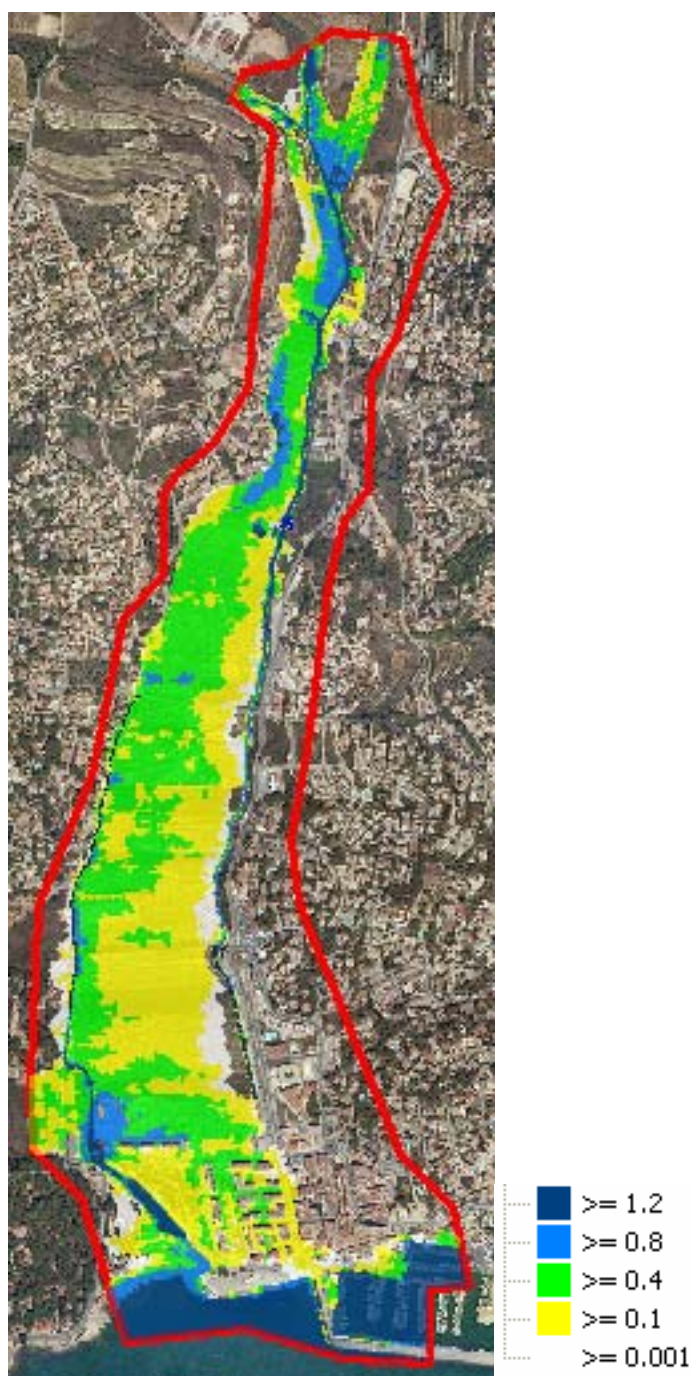


Figura 203: Simulación modelo Teulada para periodo de retorno de T50.

6.8.5.4.- T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 3-2-025 (imagen izquierda) y 3-1-218 (imagen derecha) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían

causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes.

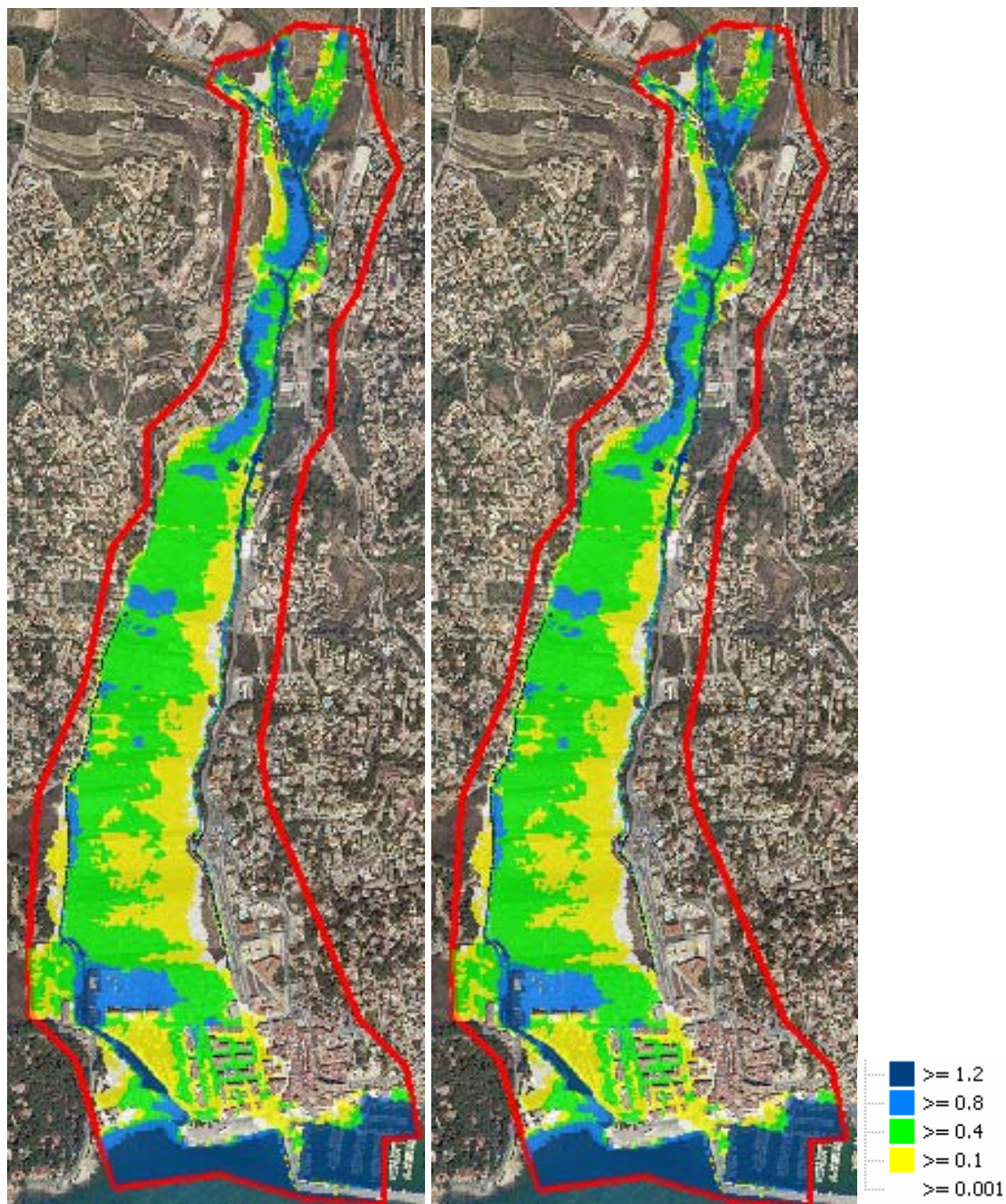


Figura 204: Simulación modelo Teulada de eventos asociados a un periodo de retorno de T100.

Las zonas afectadas al igual que en los períodos de retorno de 50 y 25 años son la carretera paralela al barranco por la margen derecha, afectándola con calados superiores a los 40 cm en la zona urbanizada y la desembocadura del barranco. Los caudales que llegan al culvert solo alcanzan los 8 m³/s debido a desbordamientos aguas arriba infrautilizando la capacidad total de la estructura.

6.8.5.5.- T500

Para este período de retorno no se detectan las mismas afecciones que para T100. Los calados en las zonas afectadas llegan a superar los 40 cm. El paso inferior funciona desaguyendo 8 m³/s siendo este caudal inferior a su capacidad total.

En la siguiente imagen se muestra la envolvente de calados máximos en todo el ámbito de simulación.

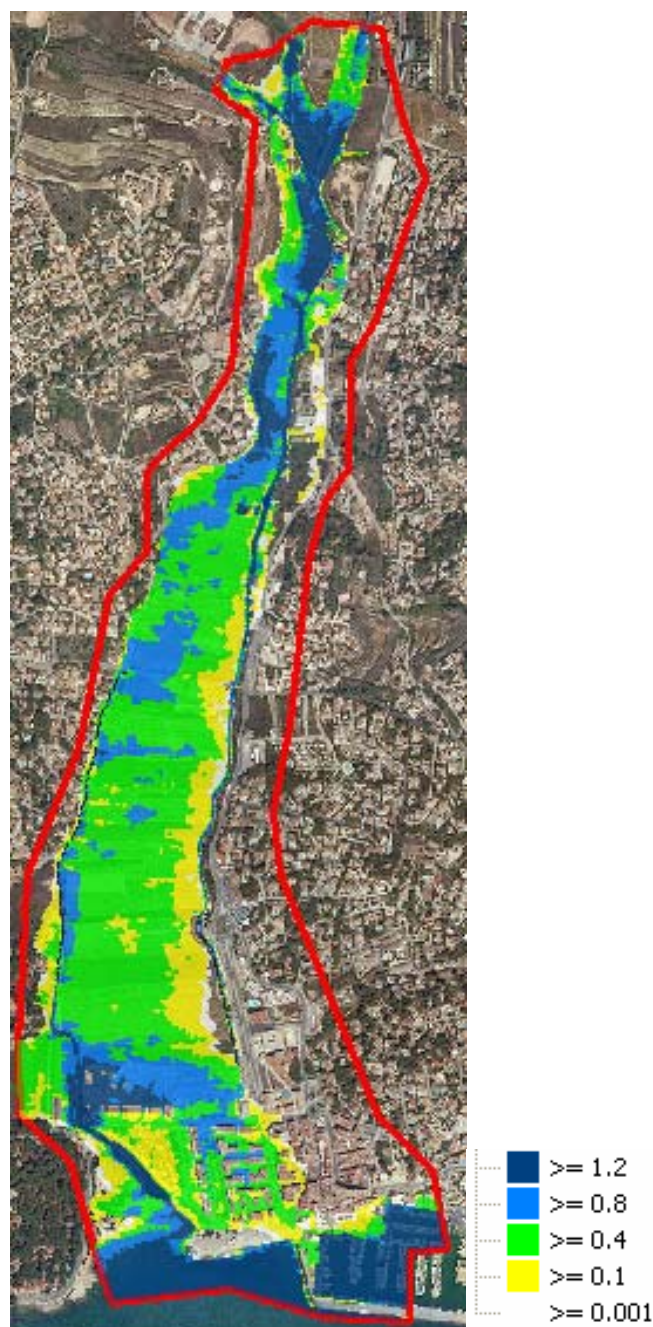


Figura 205: Simulación modelo Teulada de eventos asociados a un periodo de retorno de T500.

6.9.- BENISSA 1: BARRANCOS DE SANT JAUME Y BALADRAR

El modelo hidráulico Benissa1 abarca los barrancos de Sant Jaume y Baladrar desde aguas arriba de su confluencia hasta la desembocadura en el mar mediterráneo. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.



Figura 206: Extensión y situación del modelo hidráulico.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

6.9.1.- Topología del modelo

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (50 m² y 20 m² respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 10 m² y un mínimo de 5 m². En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

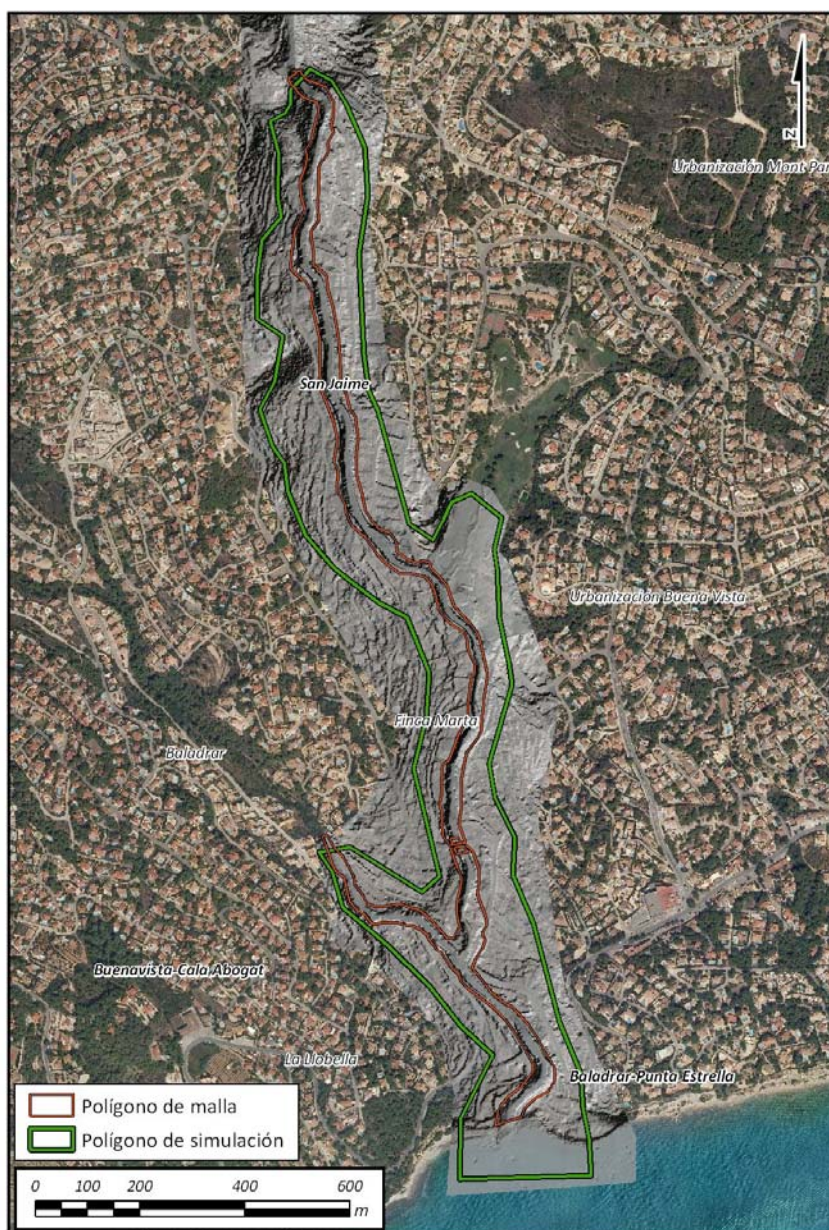


Figura 207: Polígono de malla y polígono de simulación.
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura y el mallado utilizado para la modelación con un total de 38786 triángulos y 21587 vértices. El área del modelo es de 0.4 km².

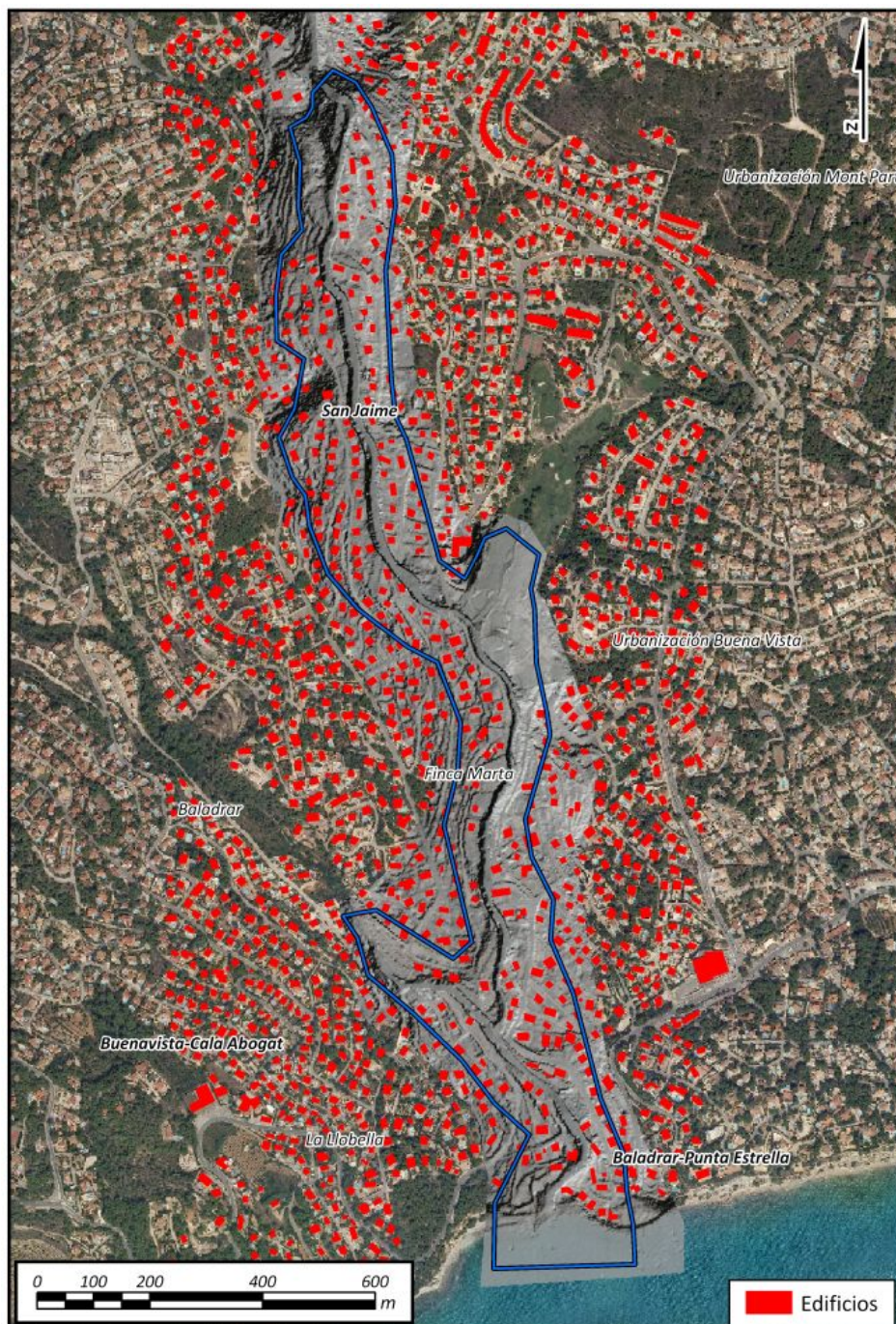


Figura 208: Polígono de edificios “Voids” y modelo digital del terreno.

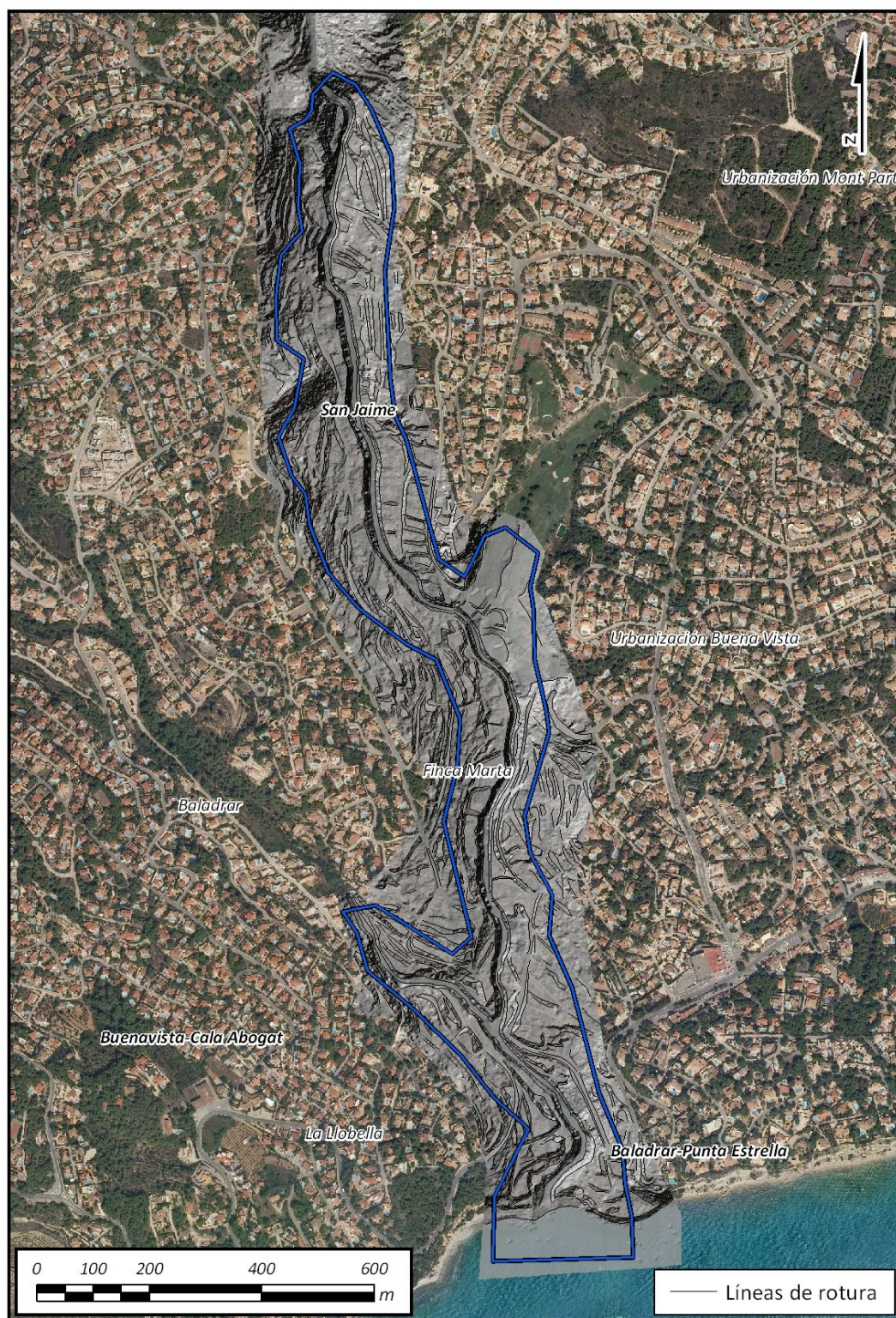


Figura 209: Líneas de rotura.

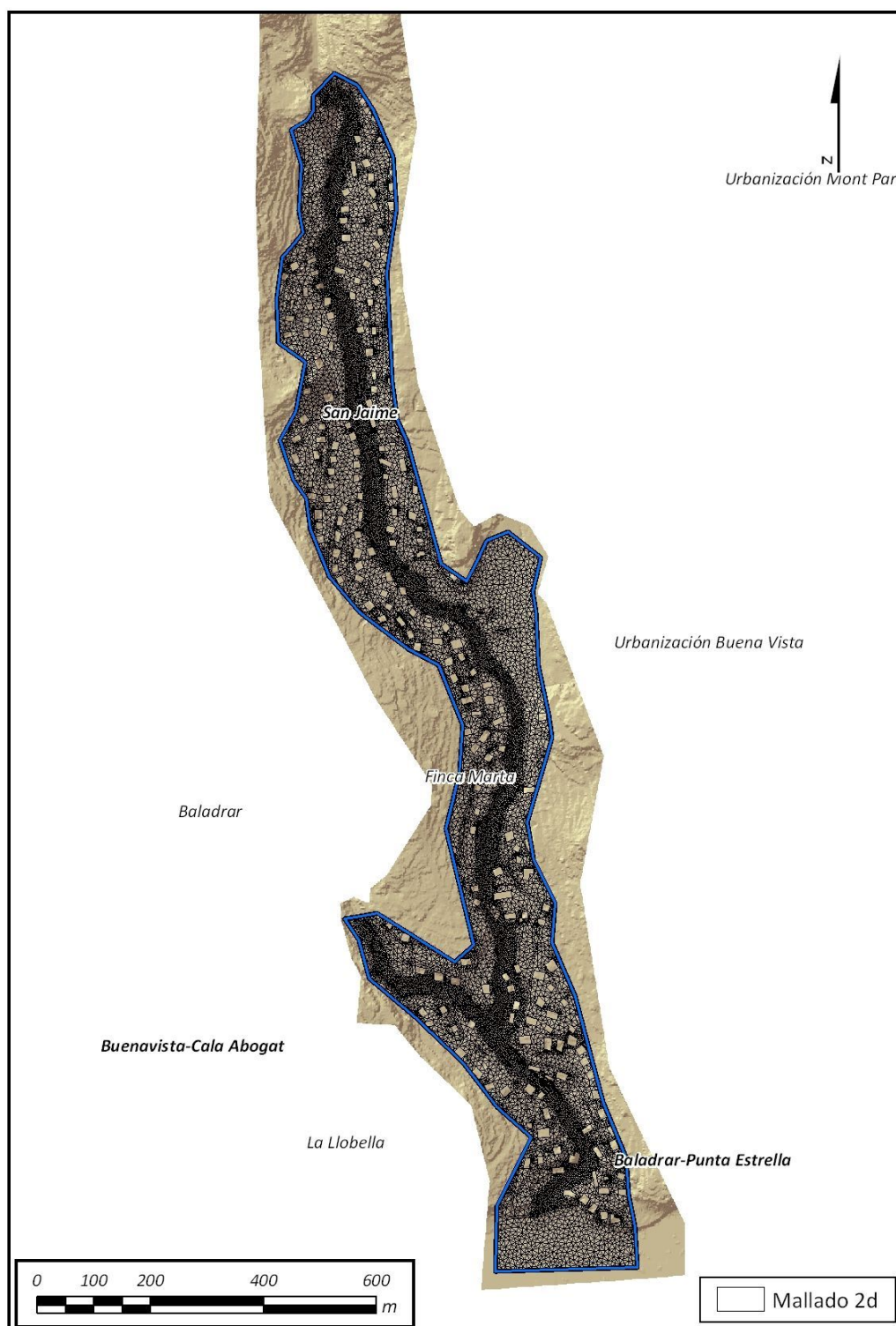


Figura 210: Malla triangular de simulación.

6.9.2.- Estructuras

Se ha modelado el desagüe de fondo de la presa de agujero existente en el ámbito del modelo mediante una estructura unidimensional cuyo funcionamiento se explica en la introducción del anexo correspondiente al estudio hidráulico. La presa se modela mediante un polígono con una cota de coronamiento de 27.6 msnm que evita el paso del aguas hasta esa cota y vierte sobre el mismo si es superada



Figura 211: Ubicación de la presa agujero.

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan el paso inferior situado al este del modelo son los siguientes.

- Cota entrada = 18.10 msnm
- Cota salida = 17.60 msnm
- Longitud = 10 m
- Área = 6.25 m²
- C = 0.90
- C_w = 0.90

En la siguiente figura se muestra una foto con las dimensiones de la estructura subterránea situada al este del modelo:



Foto 21: Vista del desagüe de fondo de la presa de agujero.

6.9.3.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad.

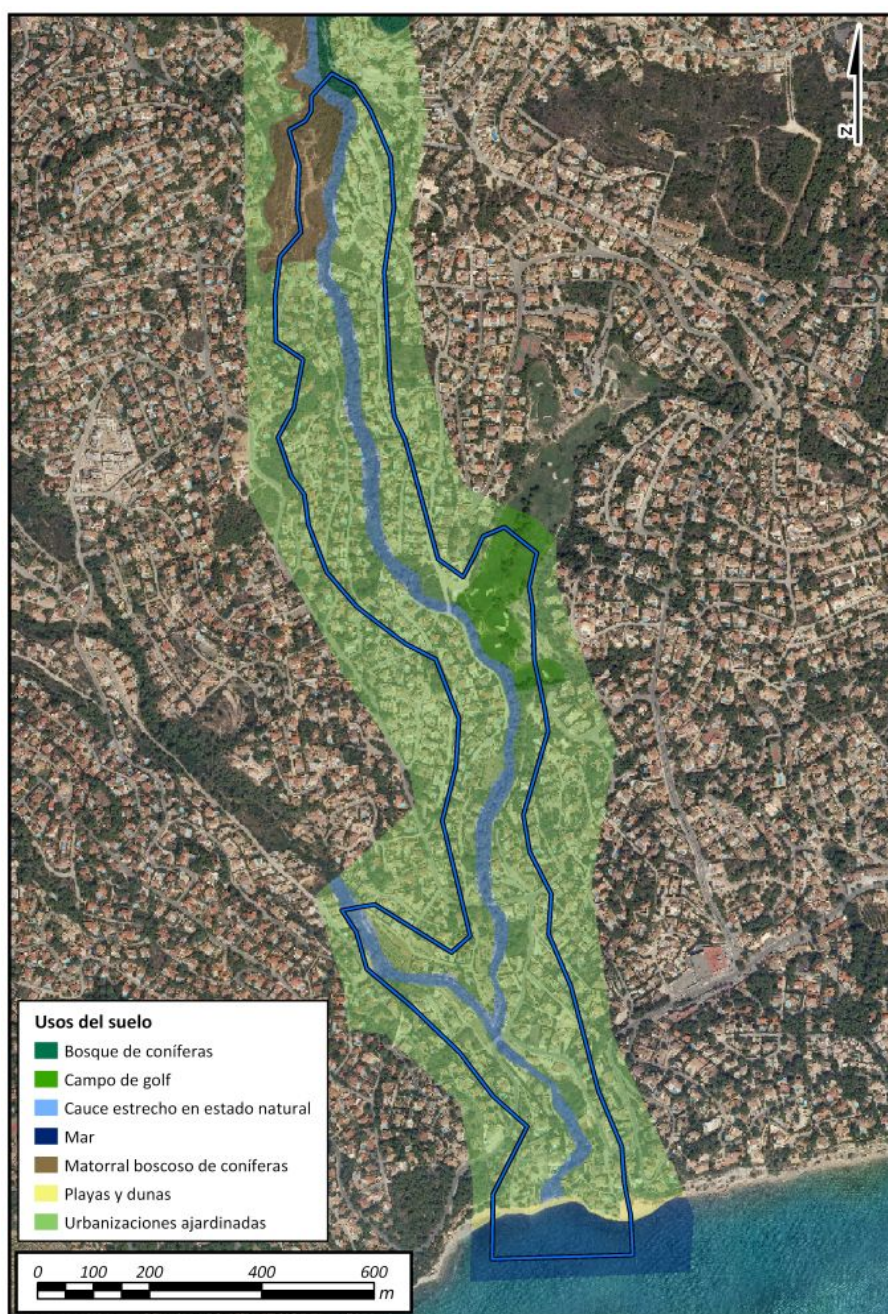


Figura 212: Polígono de rugosidad.

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de Bidos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 40: Relación usos del suelo nº de Manning.

6.9.4.- Condiciones iniciales y de contorno.

El modelo tiene como entradas los caudales del Barranc de Sant Jaume (Benissa09N) y del Barranco del Baladrar (Benissa05). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.

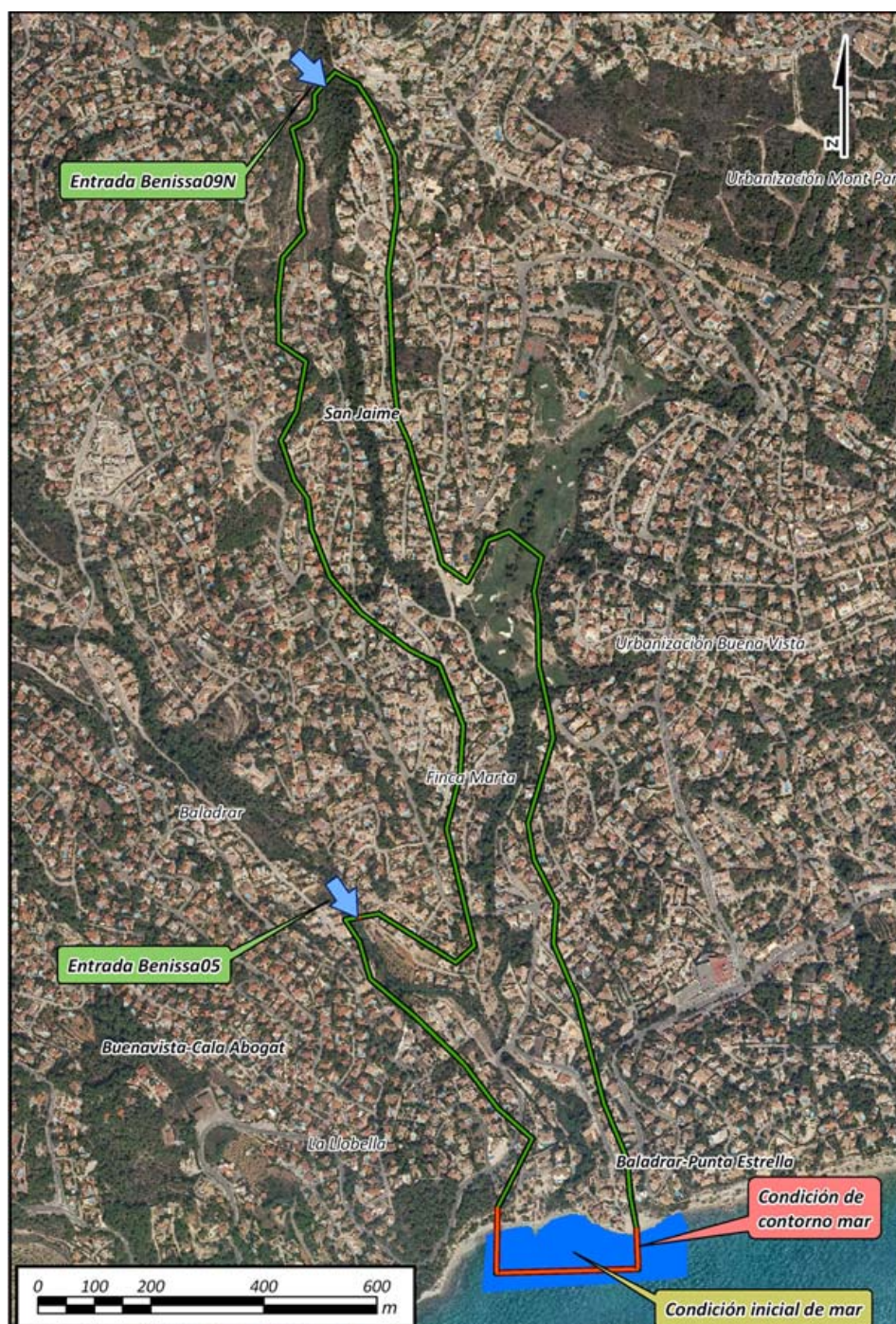


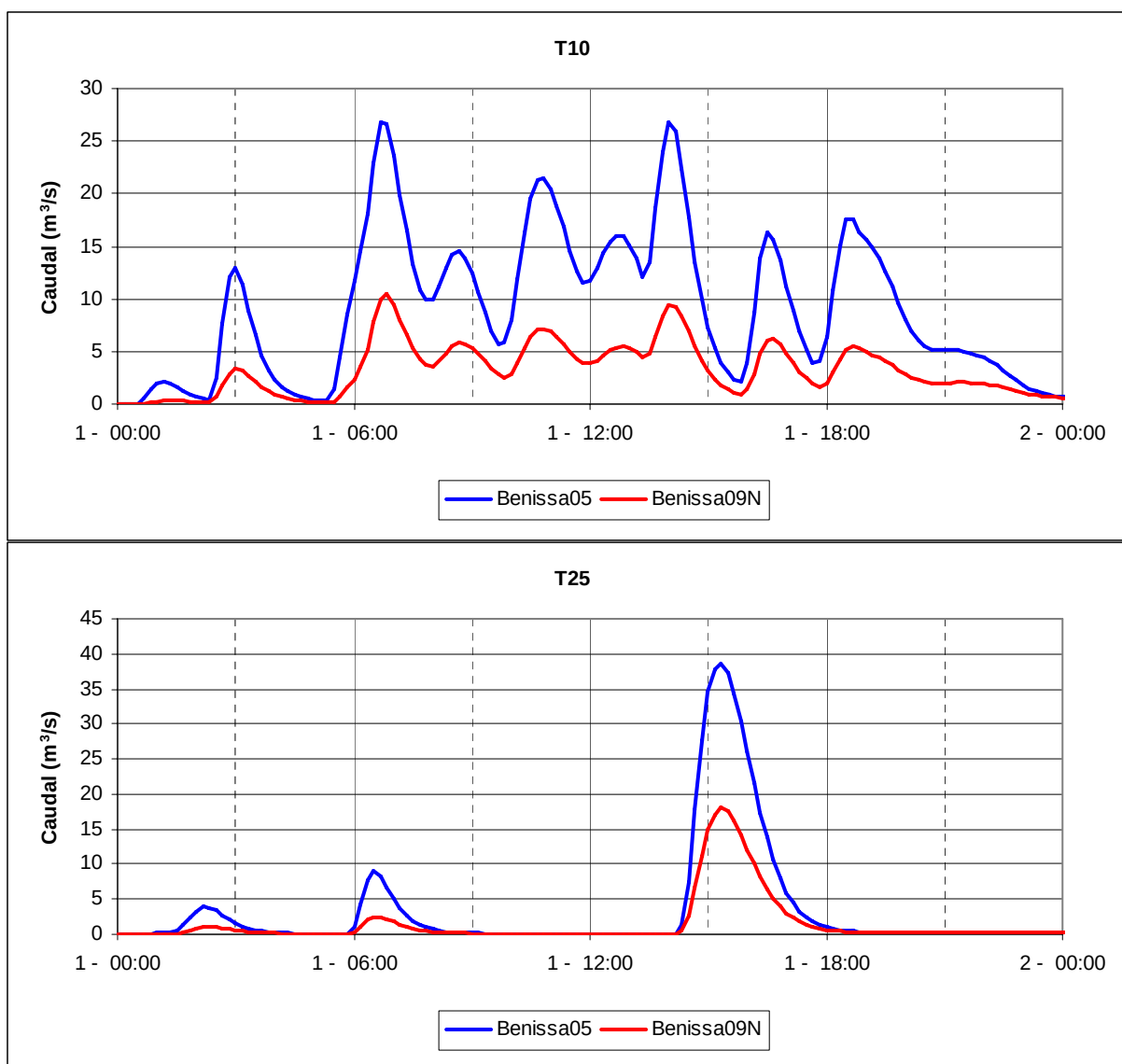
Figura 213: Condiciones de contorno e iniciales.

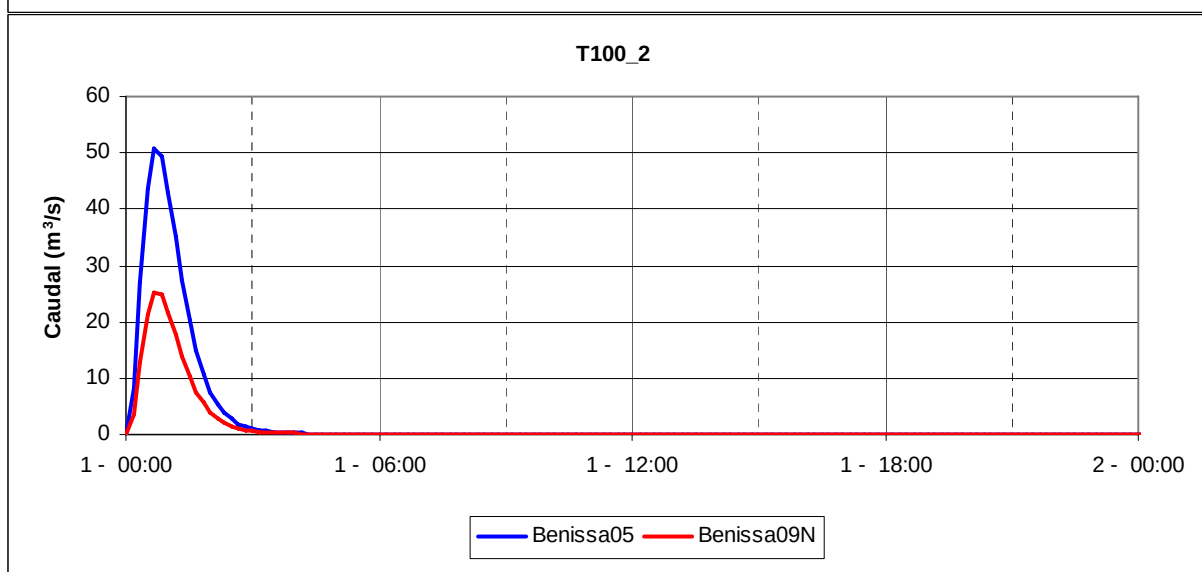
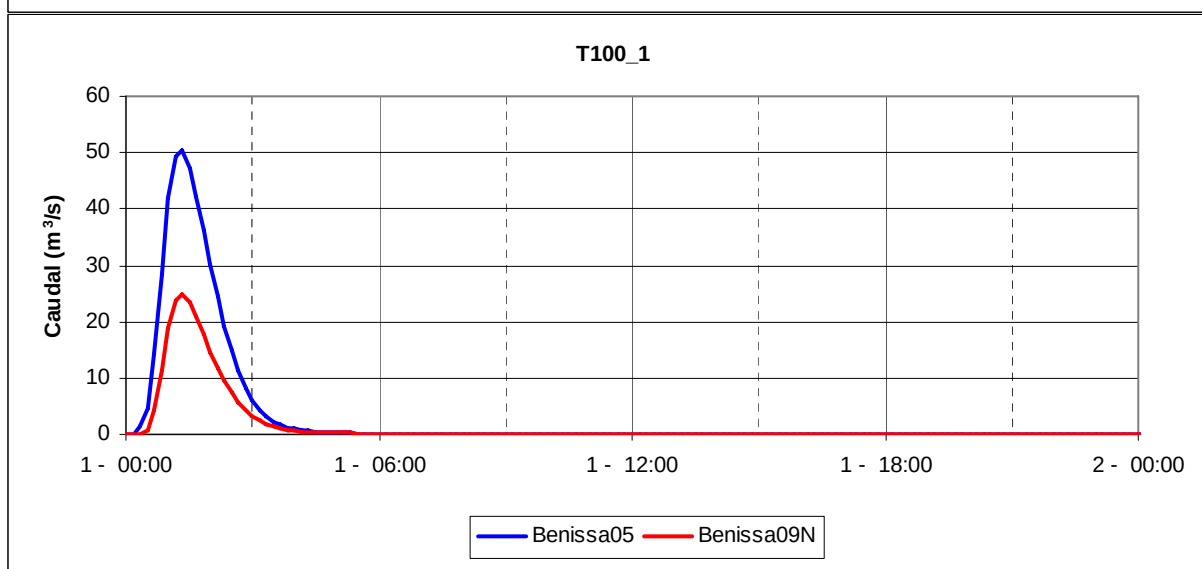
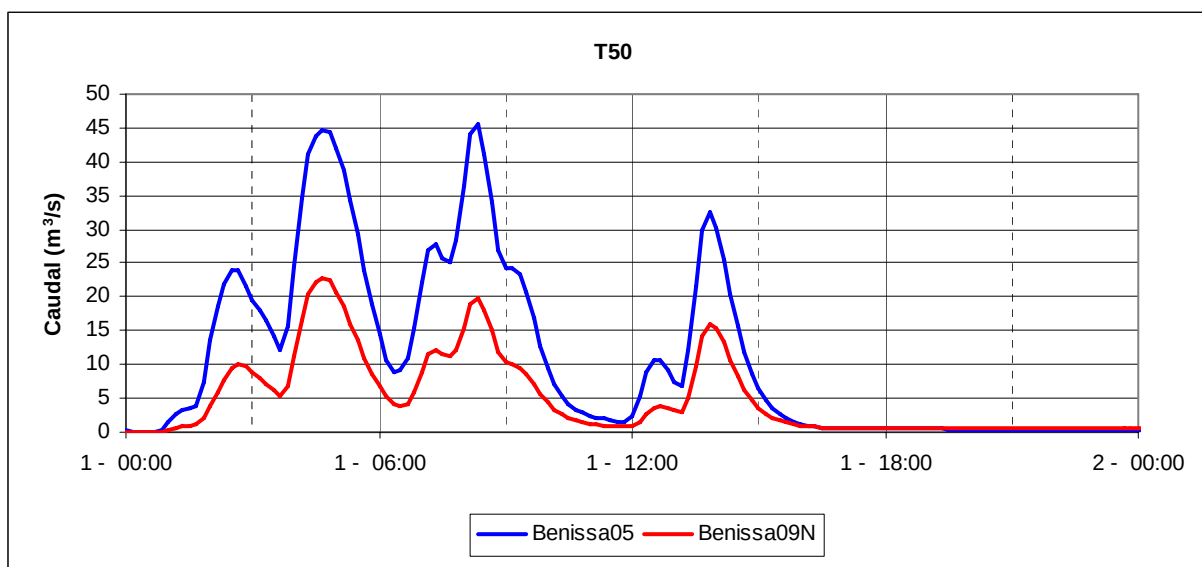
Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea para los 5 períodos de retorno analizados.

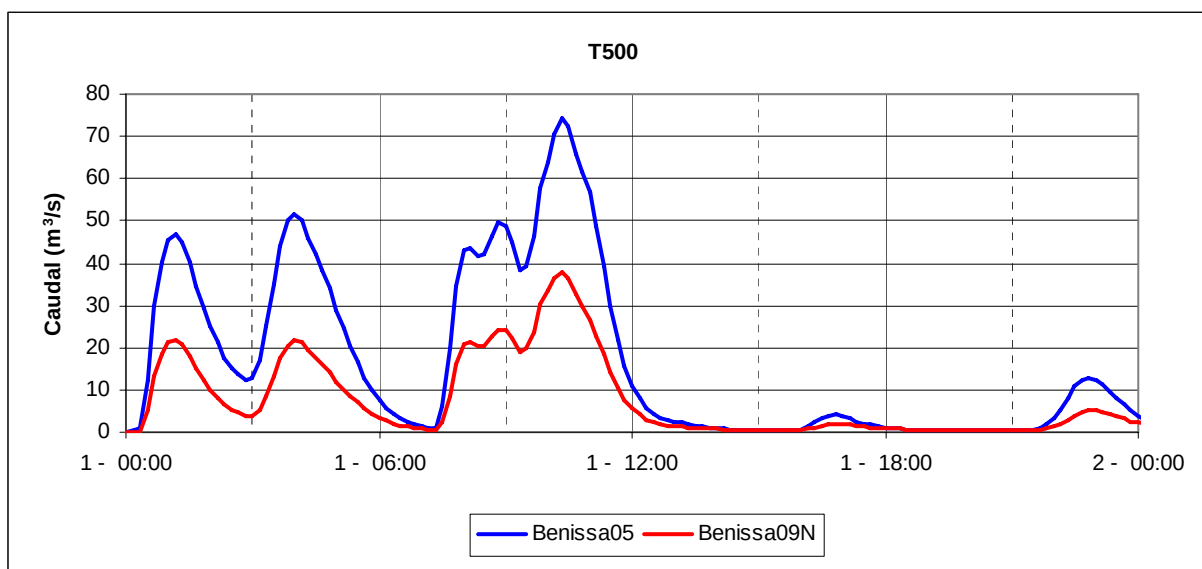
Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 41: Condición inicial de marea.

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.







En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	3-3-069	2-2-007	3-3-079	2-2-015	3-1-058	1-3-068
	Caudal máximo (m³/s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Benissa05	26.8	38.5	45.5	50.4	50.7	74.5
Benissa09N	10.4	18.0	22.8	24.9	25.2	38.1

Tabla 42: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.9.5.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

El barranco de Sant Jaume es un barranco muy profundo y encajado con pocas probabilidades de desbordamiento y afección a terceros como se puede demostrar en los siguientes resultados. Solo se producen pequeñas afecciones a viviendas a partir de períodos de retorno de 25 años.

6.9.5.1.- T10

Para el período de retorno de 10 años no se producen desbordamientos de los barrancos modelados. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.

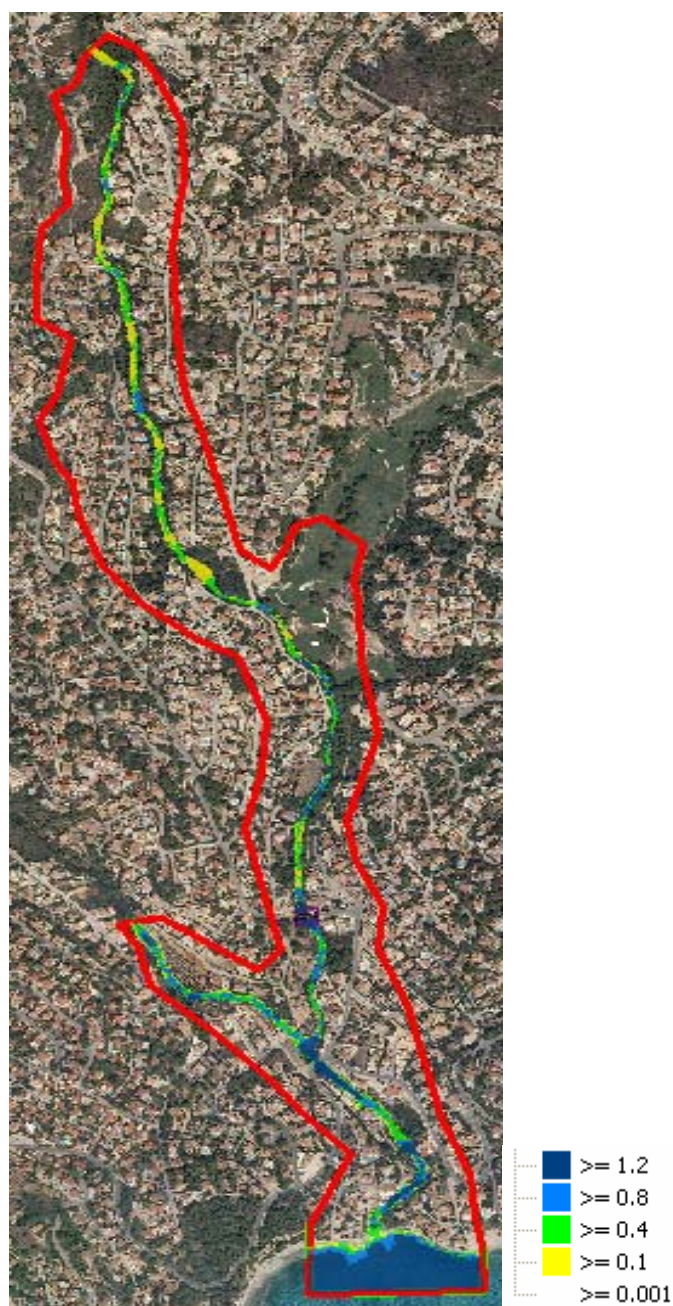


Figura 214: Simulación modelo Benissa 1 para periodo de retorno T10.

Para este período de retorno la presa agujero no tiene ningún efecto laminador ya que el desagüe de fondo permite desaguar todo el hidrograma sin entrar en carga

6.9.5.2.- T25

Al igual que para el período de retorno de 10 años no se producen desbordamientos de los barrancos. En la siguiente figura se muestran los la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.



Figura 215: Simulación modelo Benissa 1 para periodo de retorno T25.

Para este período de retorno la presa agujero no tiene ningún efecto laminador ya que el desagüe de fondo permite desaguar todo el hidrograma sin entrar en carga. Se ve afectada alguna vivienda situada en el cauce del barranco, tal y como se puede observar en la siguiente imagen.

6.9.5.3.- T50

Los calados dentro del barranco aumentan sin producirse desbordamientos. La presa agujero no tiene efecto sobre los calados máximos aguas abajo de la misma. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.



Figura 216: Simulación modelo Benissa 1 para periodo de retorno T50.

Como en el período de retorno anterior, en la figura siguiente observamos que se ven afectadas algunas viviendas situadas en el cauce:



Figura 217: Simulación modelo Benissa 1 para periodo de retorno T50. Detalle desbordamiento

Como en los períodos de retorno anteriores, tampoco se observa efecto laminador de la presa de agujero.

6.9.5.4.- T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 2-2-015 (imagen izquierda) y 3-1-058 (imagen derecha) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes.

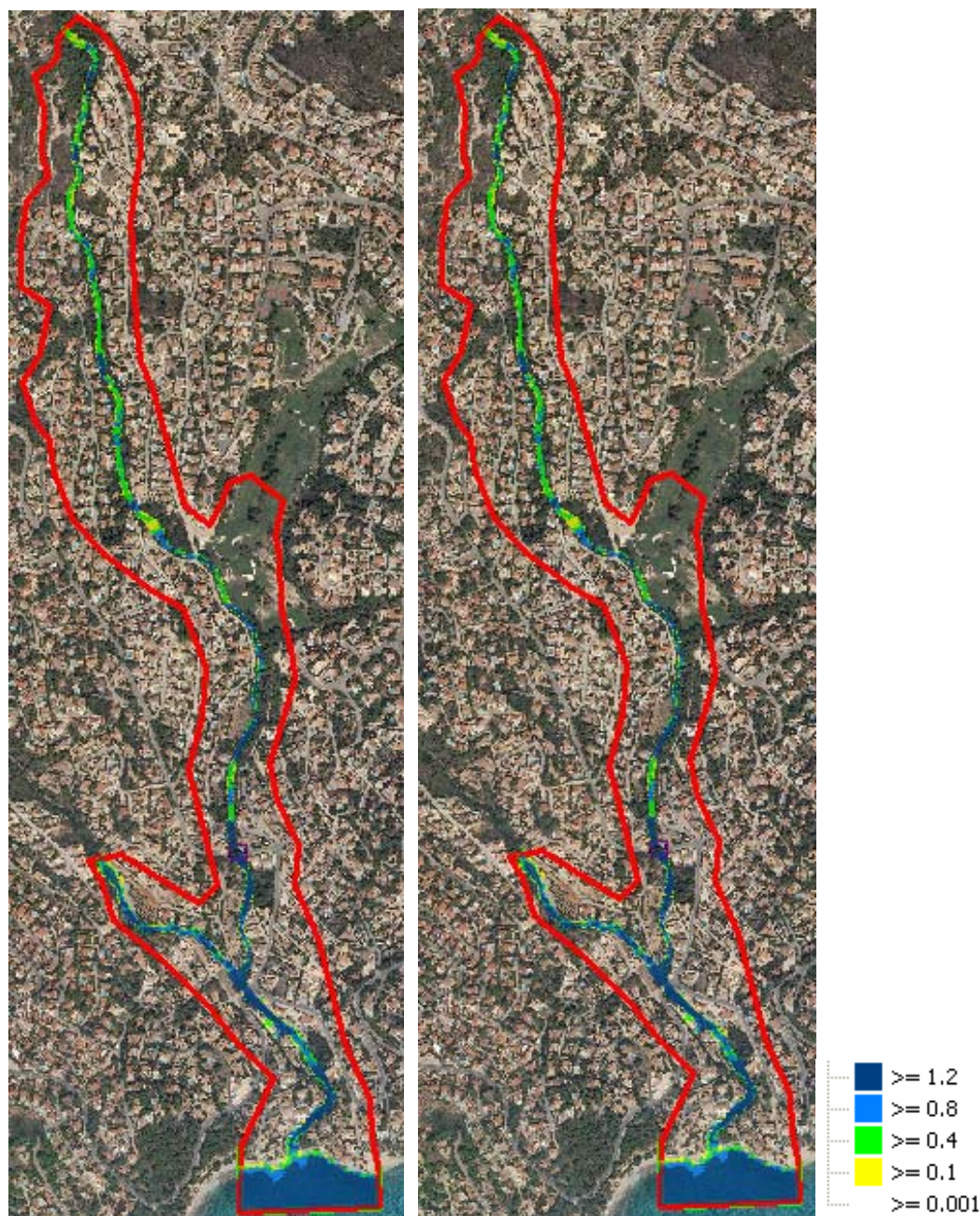


Figura 218: Simulaciones modelo Benissa 1 para periodo de retorno T100.

Como en los períodos de retorno anteriores, no se observa efecto laminador de la presa de agujero y se ven afectadas algunas viviendas que están situadas en el cauce del barranco.

6.9.5.5.- T500

Para este período de retorno se desborda el barranco de Sant Jaume aguas abajo de la confluencia con el barranco Baladrar inundando algunas viviendas. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos en toda la extensión del modelo.



En la siguiente imagen se muestra un zoom de la zona donde se ven afectadas dos viviendas cercanas al barranco.



Figura 220: Detalle viviendas afectadas por desbordamientos del barranco de Baladrar.

La presa agujero tiene un efecto laminador muy reducido como se puede ver en la siguiente imagen. Reduciendo el caudal pico 4 m³/s y retrasándolo 10 minutos.

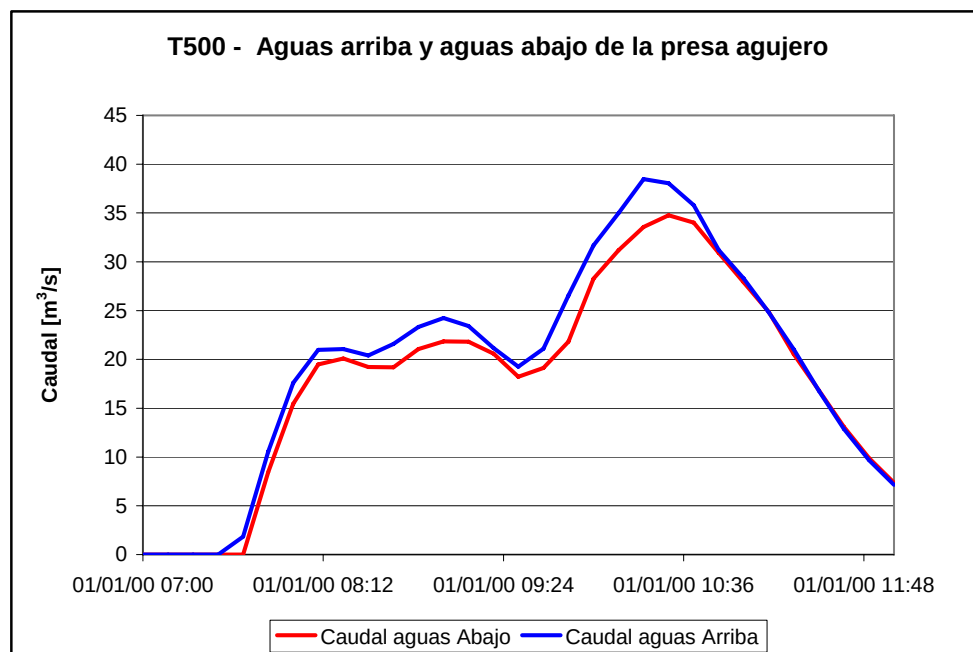


Figura 221: Caudales de entrada y salida en presa-agujero Avenida Baladrar
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

6.10.- BENISSA 2: BARRANCO DE LA FUSTERA.

El modelo hidráulico Benissa2 tiene como objetivo simular los flujos generados en el Barranc de la Fustera para diferentes períodos de retorno. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

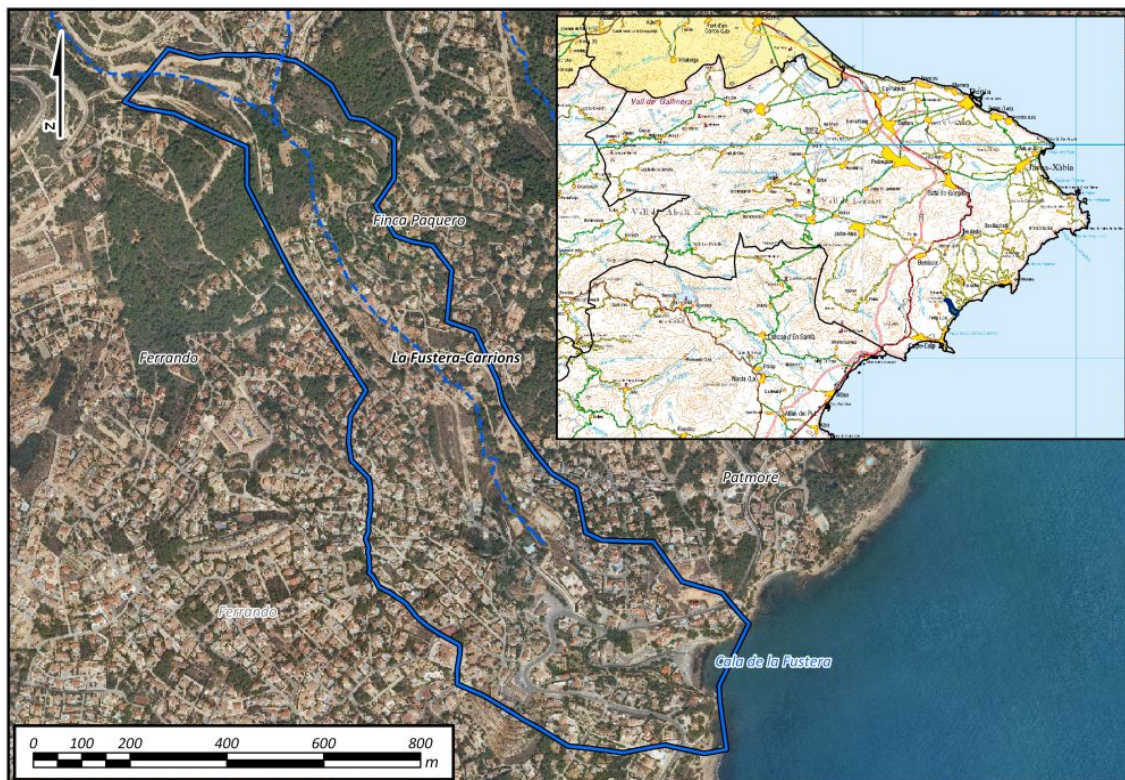


Figura 222: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.10.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (50 m^2 y 10 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores con un máximo de 10 m^2 y un mínimo de 5 m^2 . En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

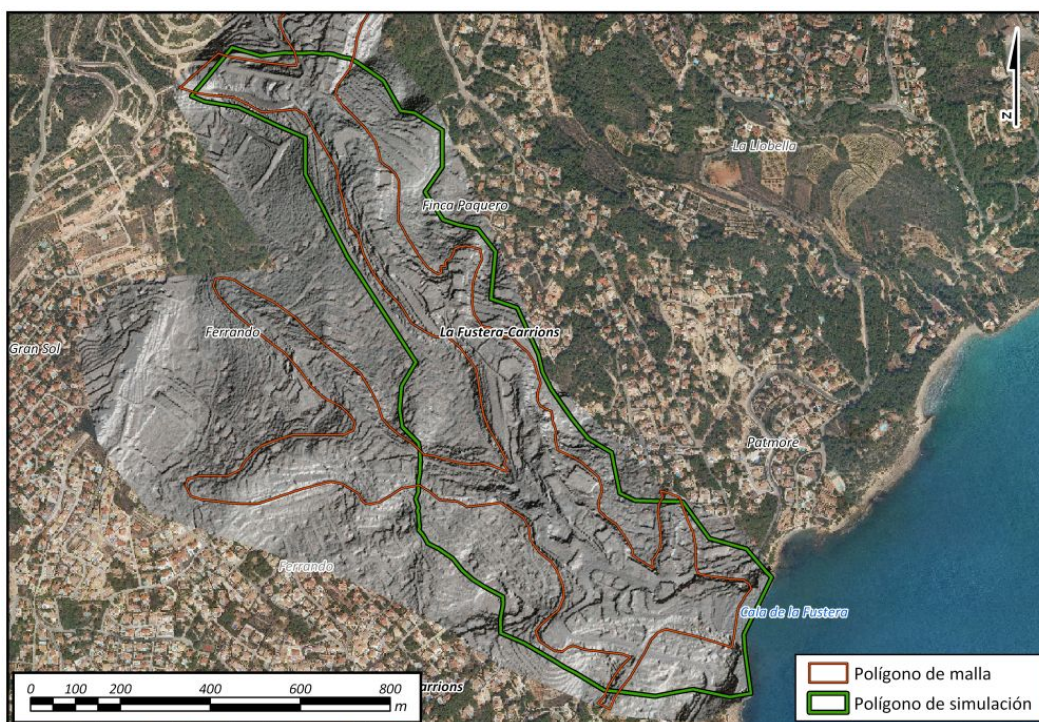


Figura 223: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura y el mallado utilizado para la modelación con un total de 67867 triángulos y 36365 vértices. El área del modelo es de 0.6 km².

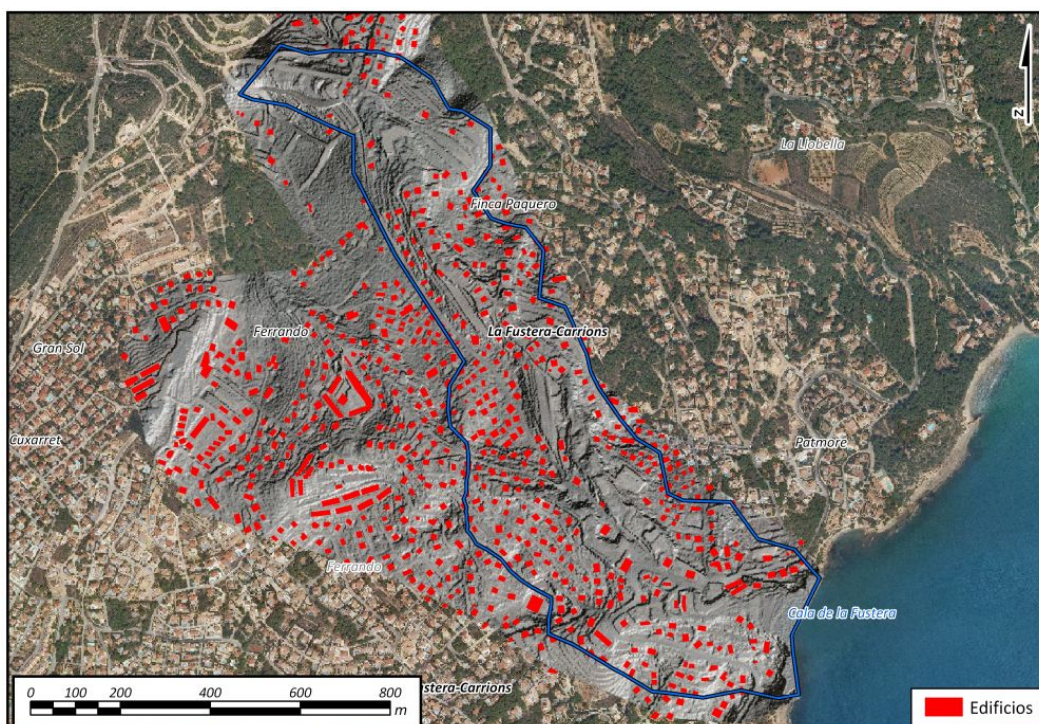


Figura 224: Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

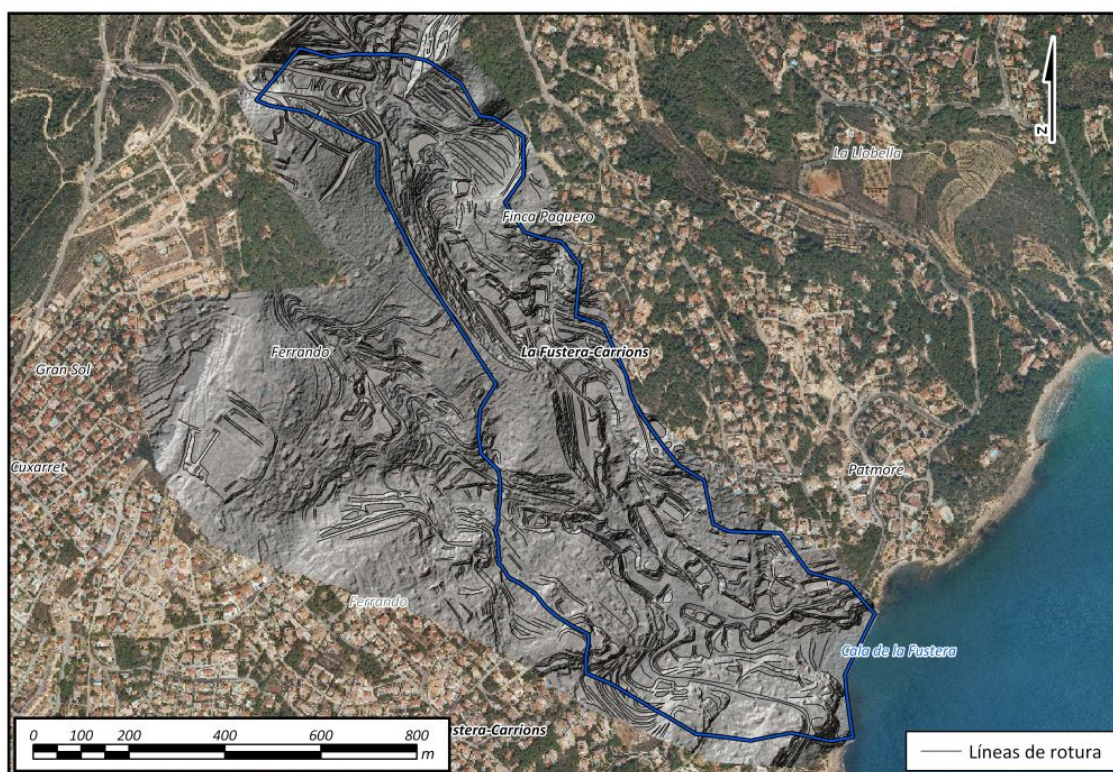


Figura 225: Líneas de rotura.

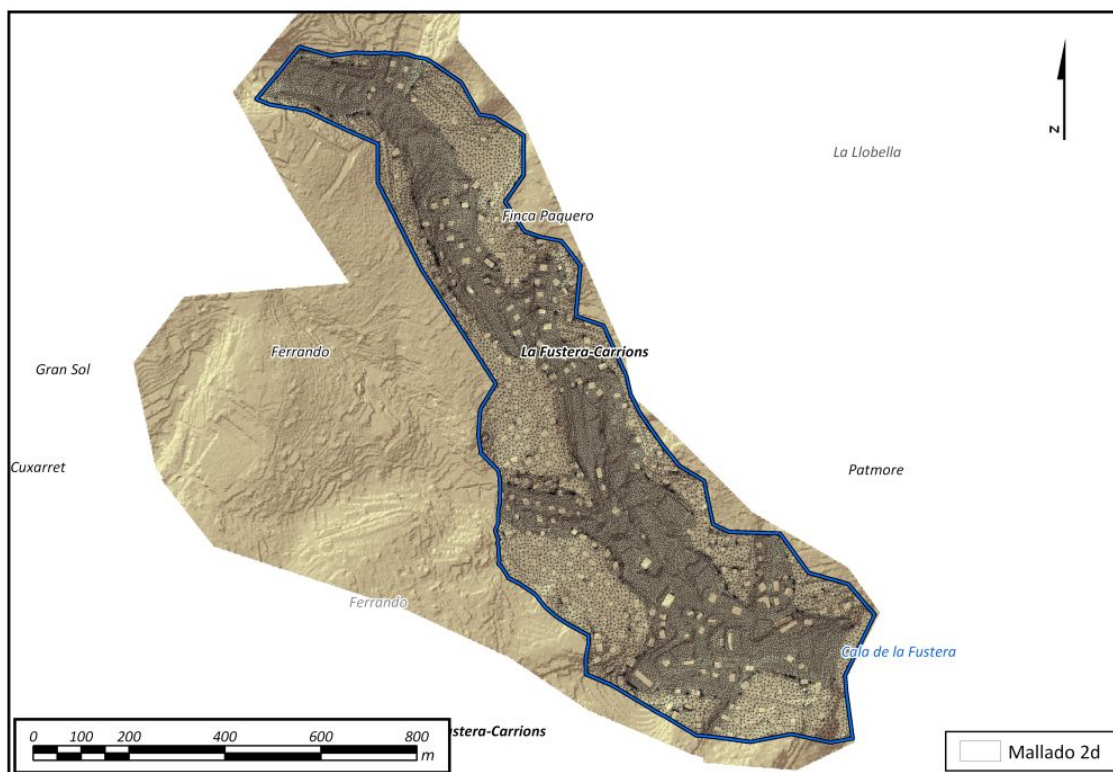


Figura 226: Malla triangular de simulación.

6.10.2.- Estructuras

Se han modelado tres colectores mediante estructuras unidimensionales cuyo funcionamiento se explica en la introducción del anexo correspondiente al estudio hidráulico.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de los mismos.

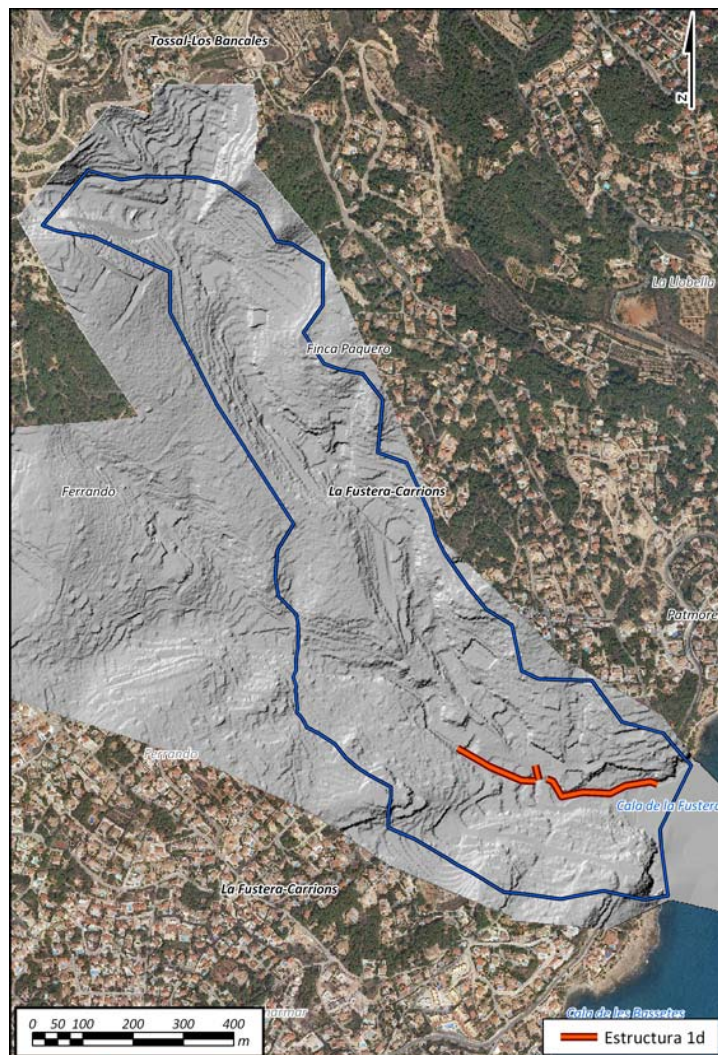


Figura 227: Ubicación de los pasos inferiores

El barranco de la Fustera, aguas arriba de la confluencia del barranco que se une por margen izquierda, atraviesa la carretera por un paso inferior con las siguientes características:

- Cota entrada 10.5 msnm
- Cota salida = 6.1 msnm
- Longitud = 30 m

- Área = 4 m²
- C= 1
- C_w = 1

El barranco al oeste del modelo que confluye con la fustera atraviesa la carretera por un paso inferior con las siguientes características:

- Cota entrada 16.3 msnm
- Cota salida = 6.1 msnm
- Longitud = 170 m
- Área = 2,25 m² , aunque al cruzar la CV-746 se reduce a 1,12 m² (1,5 x 0,75 m)
- C= 1
- C_w = 0.9



Foto 22: Entrada del paso inferior del barranco que confluye al barranco de la Fustera por su margen izquierda.

Aguas abajo de la confluencia el barranco de la Fustera desemboca al mar mediante un colector con las siguientes características:

- Cota entrada = 6.1 msnm

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

- Cota salida = -0.2 msnm
- Longitud = 230 m
- Área = 5.1 m² (sección rectangular de 1.7m de alto por 3 m de ancho)
- C= 1
- C_w = 0.9

6.10.3.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

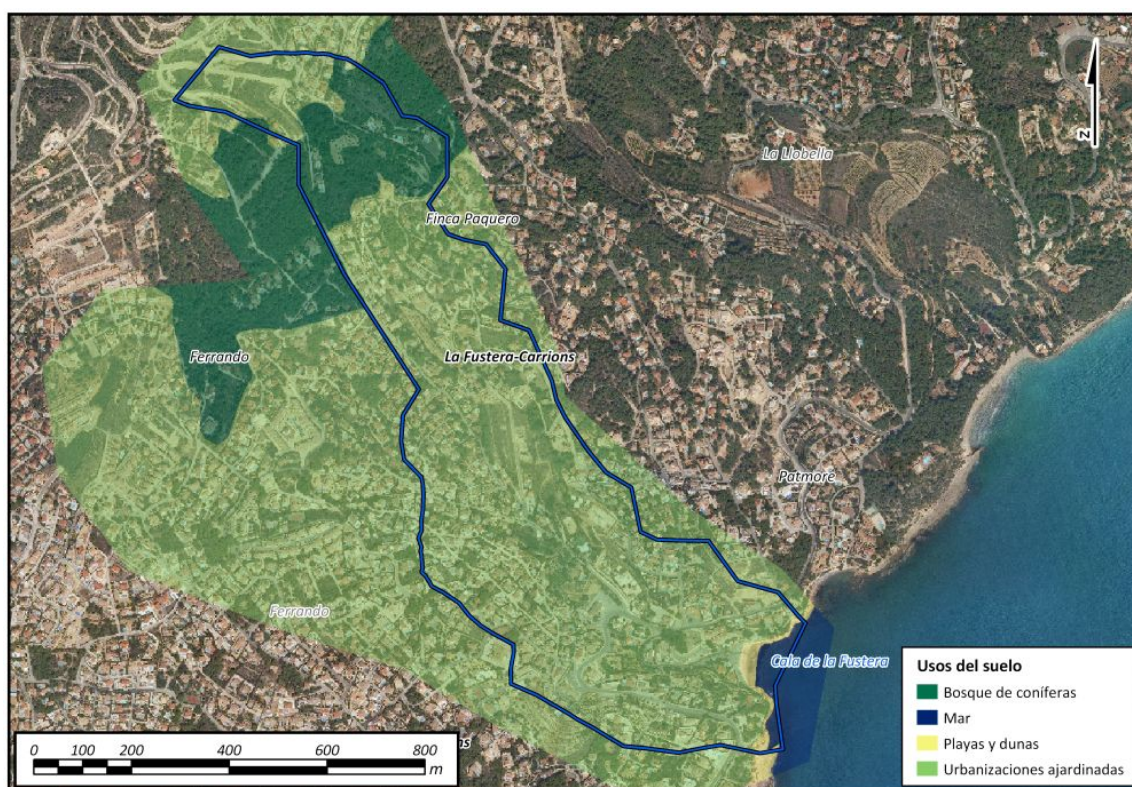


Figura 228: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de lridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 43: Relación usos del suelo n° de Manning.

6.10.4.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del barranco de la fustera (Benissa07M) y del barranco tributario por margen derecha (Benissa08). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.



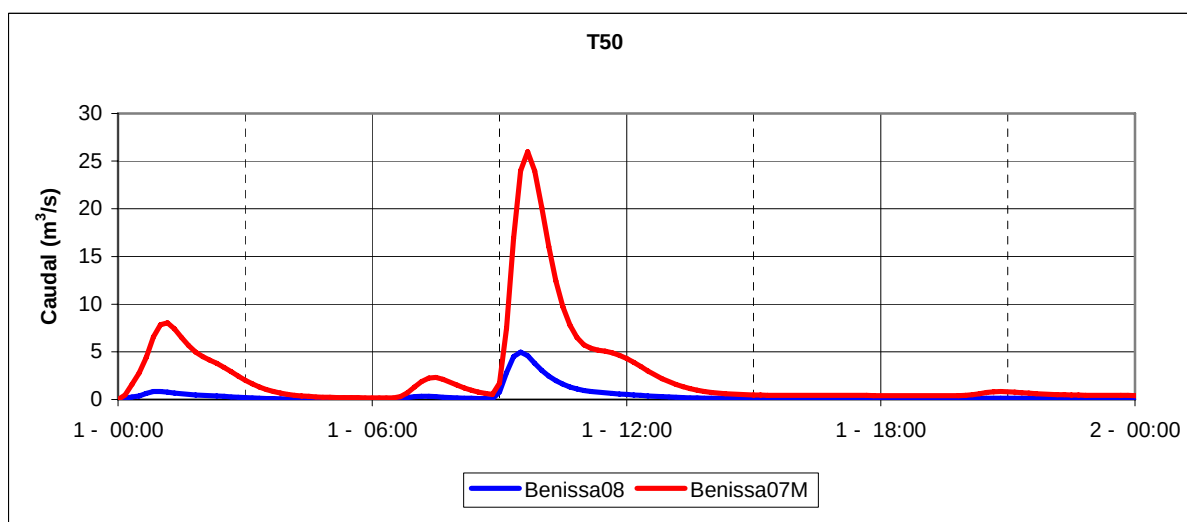
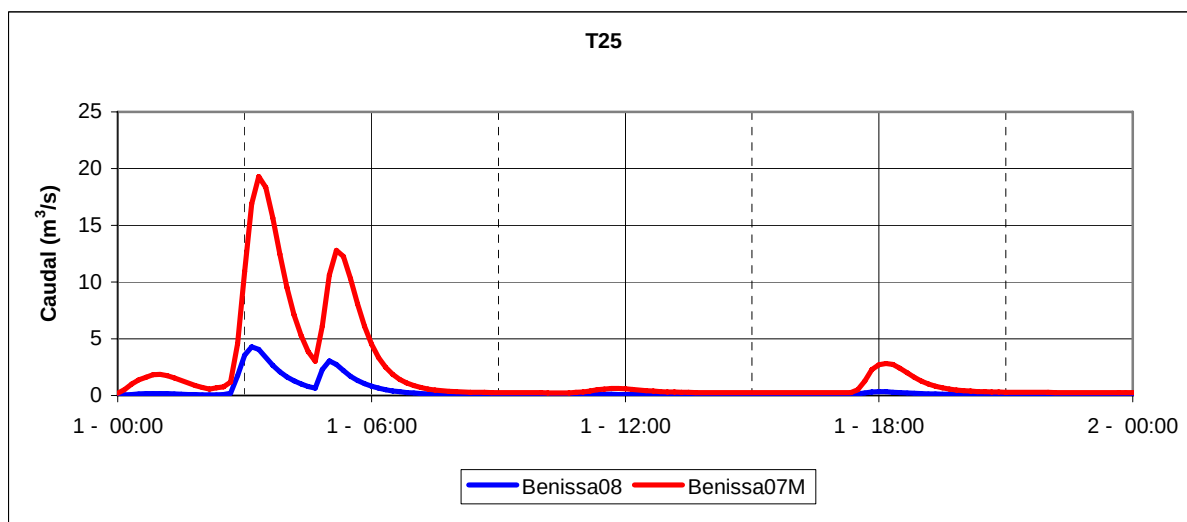
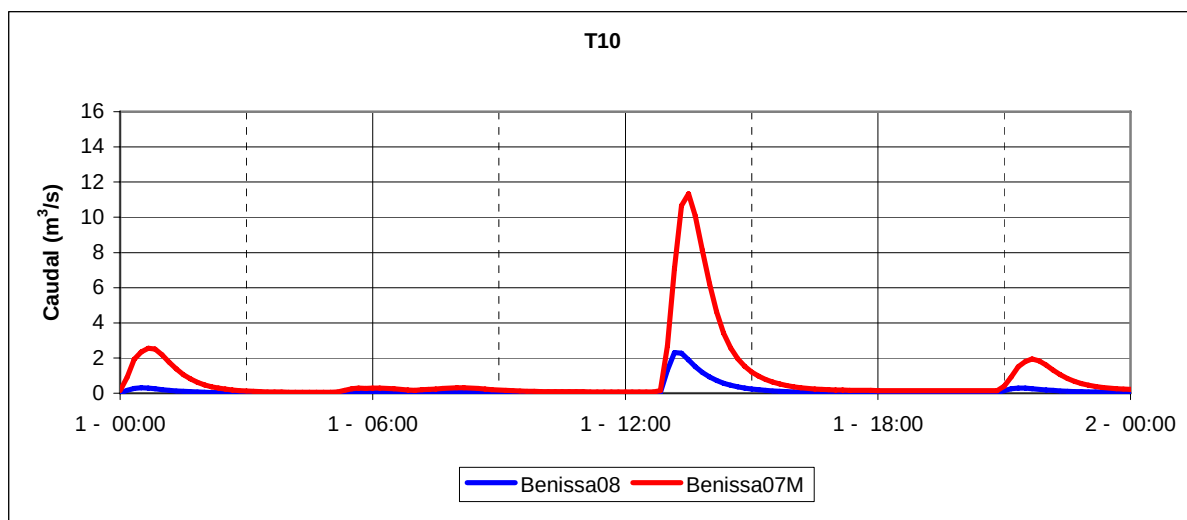
Figura 229: Condiciones de contorno e iniciales

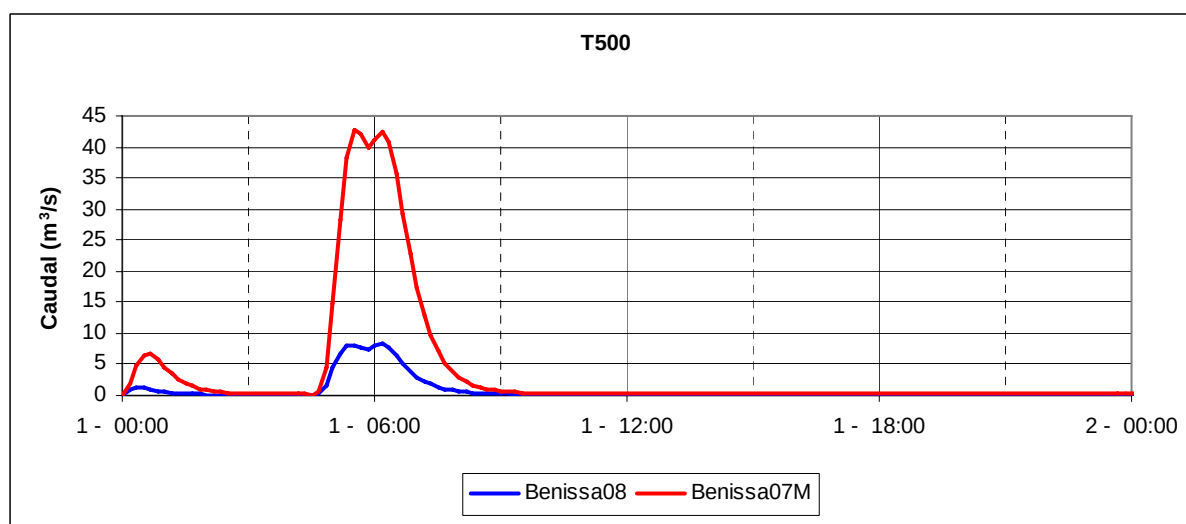
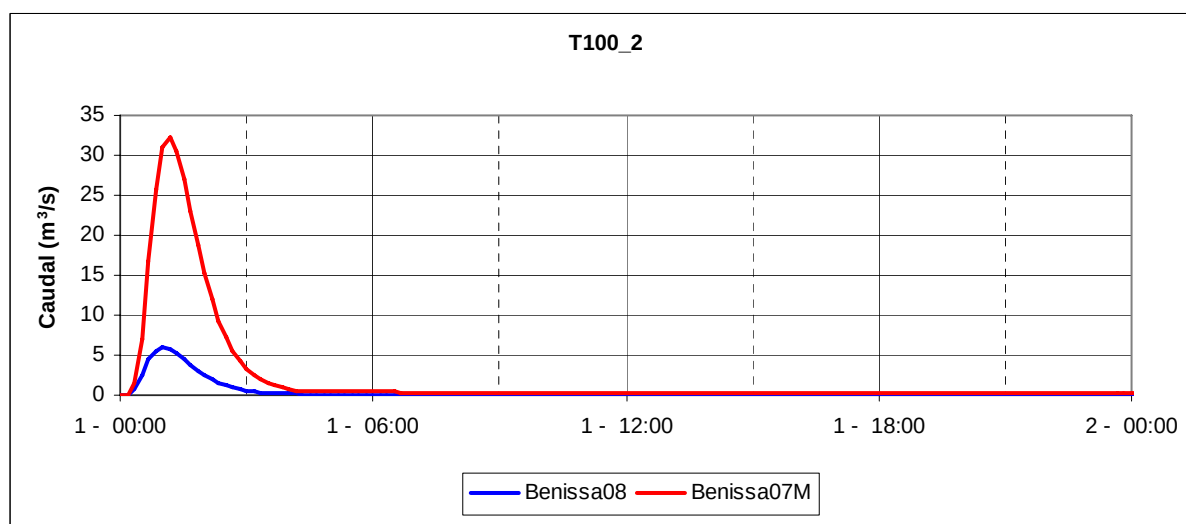
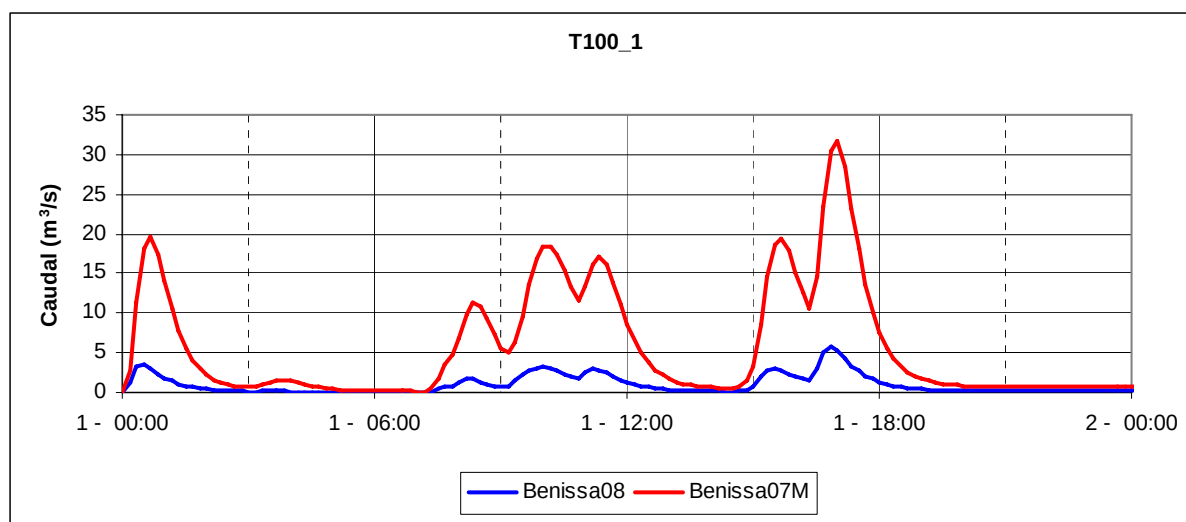
Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea para los 5 períodos de retorno analizados.

Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 44: Condición inicial de marea

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.





En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	3-2-163	1-2-080	3-3-030	3-3-004	1-2-108	1-1-230
	Caudal máximo (m ³ /s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Benissa08	2.3	4.3	5.0	5.7	6.0	8.4
Benissa07M	13.7	19.3	26.0	31.7	32.2	42.8

Tabla 45: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.10.5.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

Los barrancos simulados en el modelo están totalmente antropizados con viviendas ubicadas a lo largo de todo su recorrido. Se han detectado un total de 34 viviendas afectadas para todos los períodos de retorno.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las seis simulaciones realizadas.

6.10.5.1.- T10

Los barrancos modelados, como se puede ver en la siguiente figura, están muy antropizados sin tener bien definido un cauce natural. El agua circula entre las casas y calles hasta llegar a la desembocadura afectando numerosas viviendas e infraestructuras. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.

En lo que respecta al funcionamiento de los colectores para este período de retorno:

- El colector del barranco afluente a la Fustera consigue encauzar 2 m³/s de los 2.20 m³/s que le llegan.
- El colector del barranco de la Fustera al paso por la carretera nacional sólo consigue desaguar 4.20 m³/s de los 12 m³/s que le llegan.
- El colector de la desembocadura desagua un caudal máximo de 12 m³/s de los 13 m³/s que le llegan al mismo.

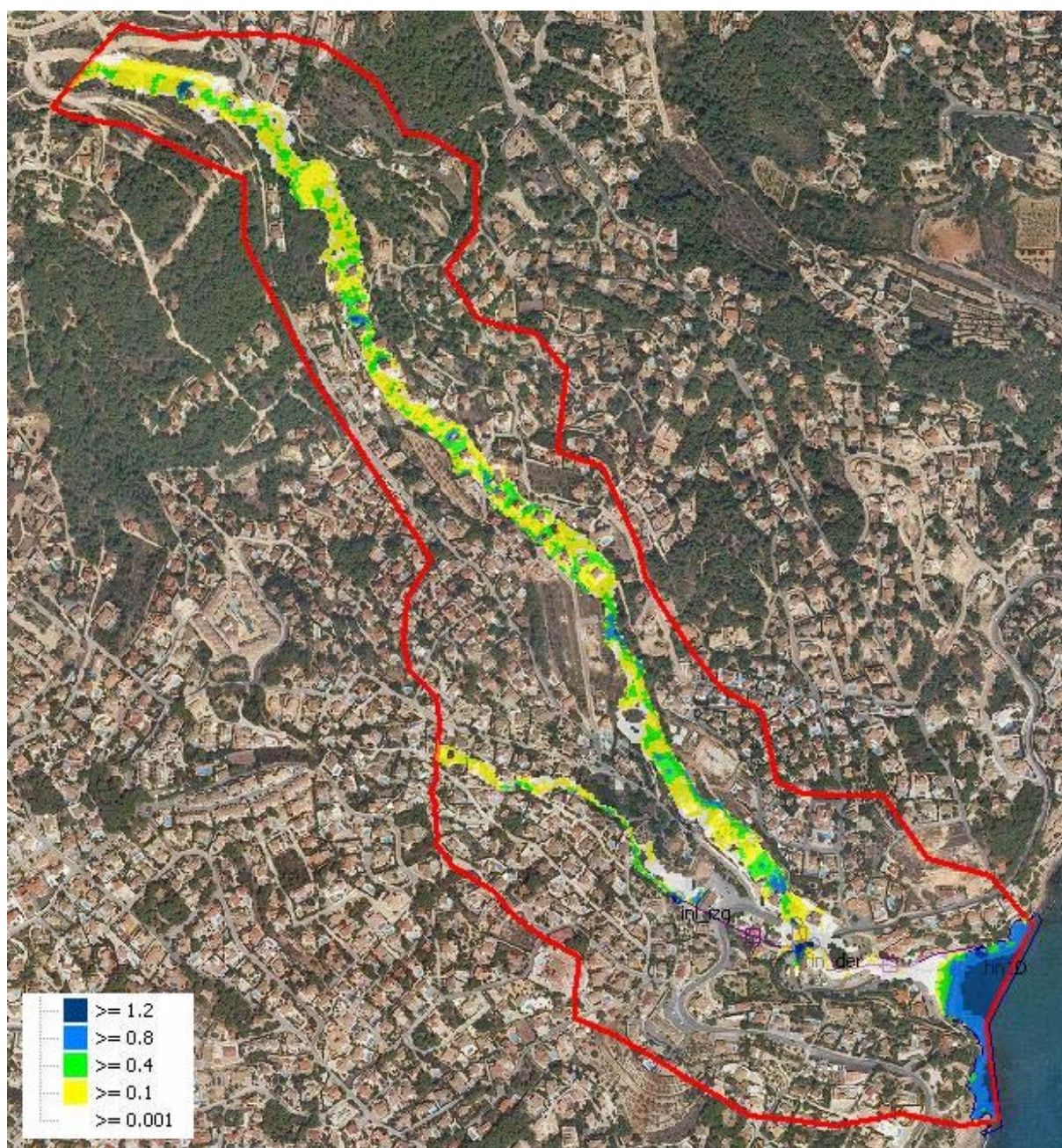


Figura 230: Simulación del modelo Benissa 2 para un periodo de retorno de T10.

6.10.5.2.- T25

Al igual que para el período de retorno de 10 años se puede ver fácilmente en la figura la franja de ocupación del cauce con las viviendas afectadas. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

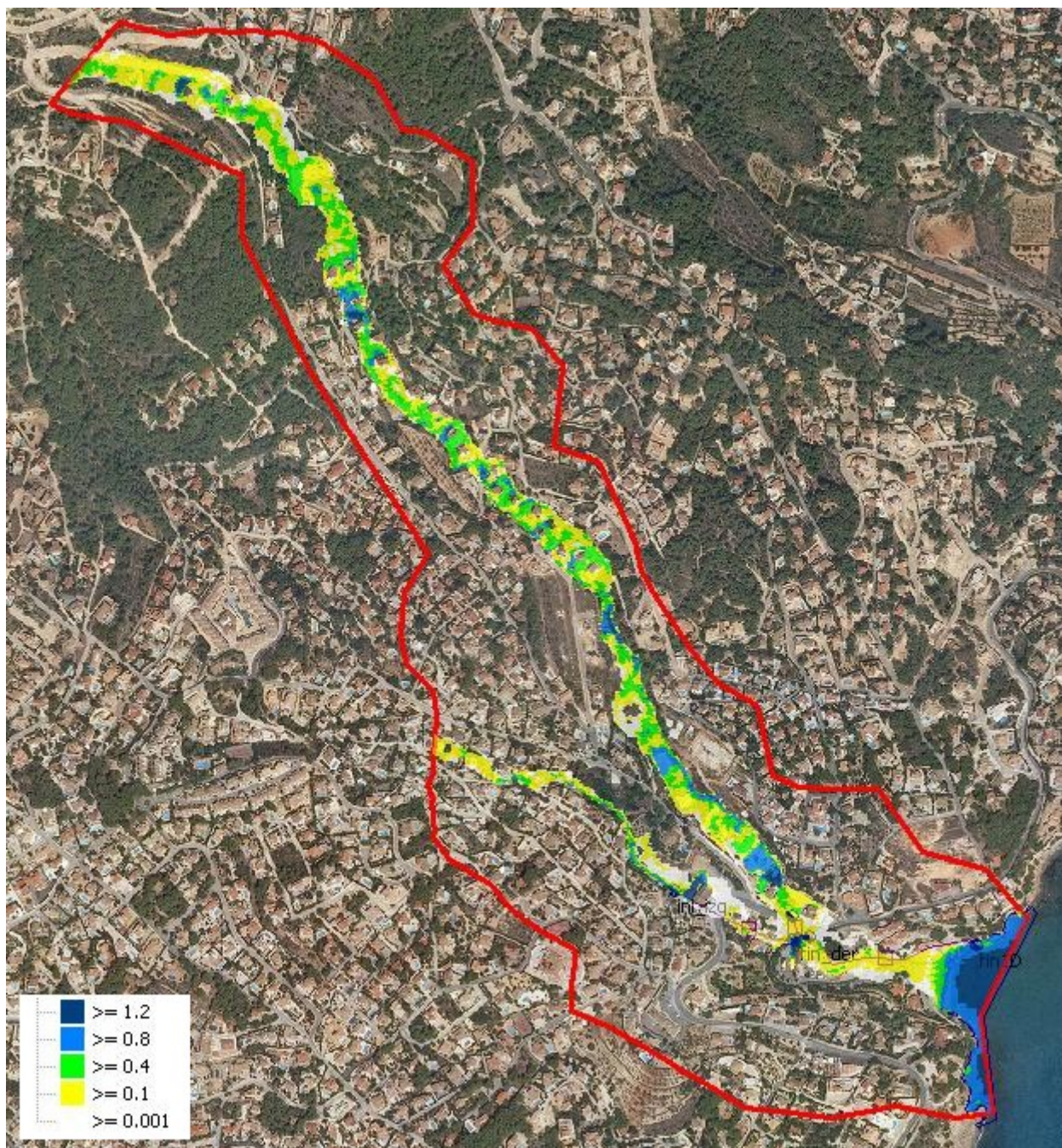


Figura 231: Simulación del modelo Benissa 2 para un periodo de retorno de T25.

En lo que respecta al funcionamiento de los colectores para este período de retorno:

- El colector del barranco afluente a la Fustera consigue encauzar 3.20 m³/s de los 4.20 m³/s que le llegan.
- El colector del barranco de la Fustera al paso por la carretera nacional sólo consigue desaguar 5.20 m³/s de los 19.50 m³/s que le llegan.
- El colector de la desembocadura desagua un caudal máximo de 17 m³/s de los 22.50 m³/s que le llegan al mismo.

En las siguientes figuras se muestra un zoom en las zonas de afección de viviendas:

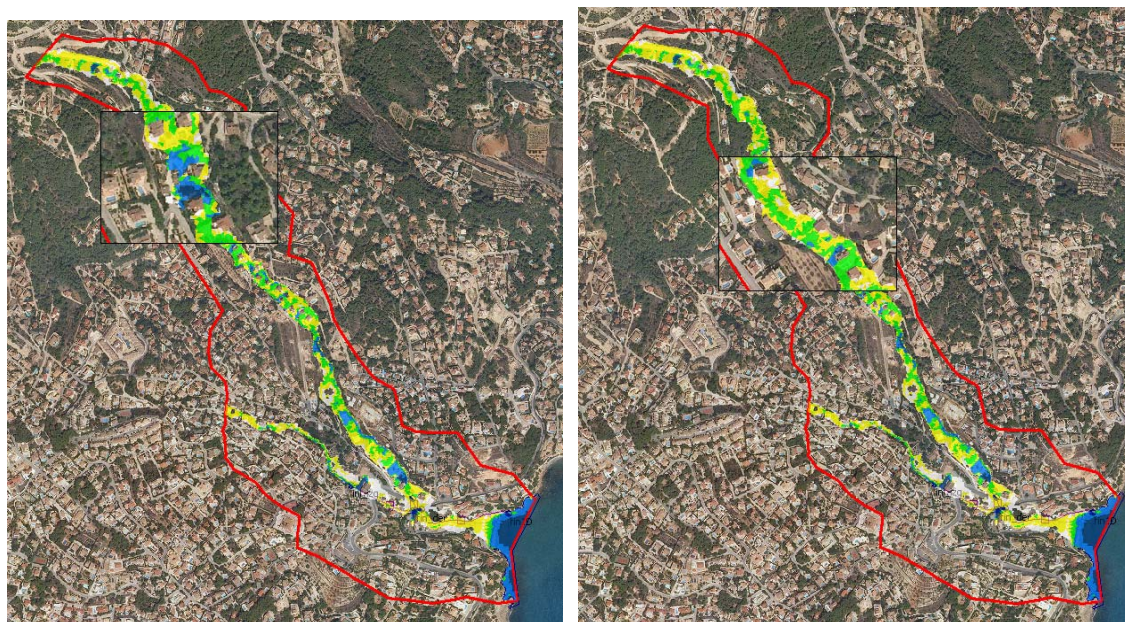


Figura 232: Simulación del modelo Benissa 2 para un periodo de retorno de T25. Detalles inundaciones

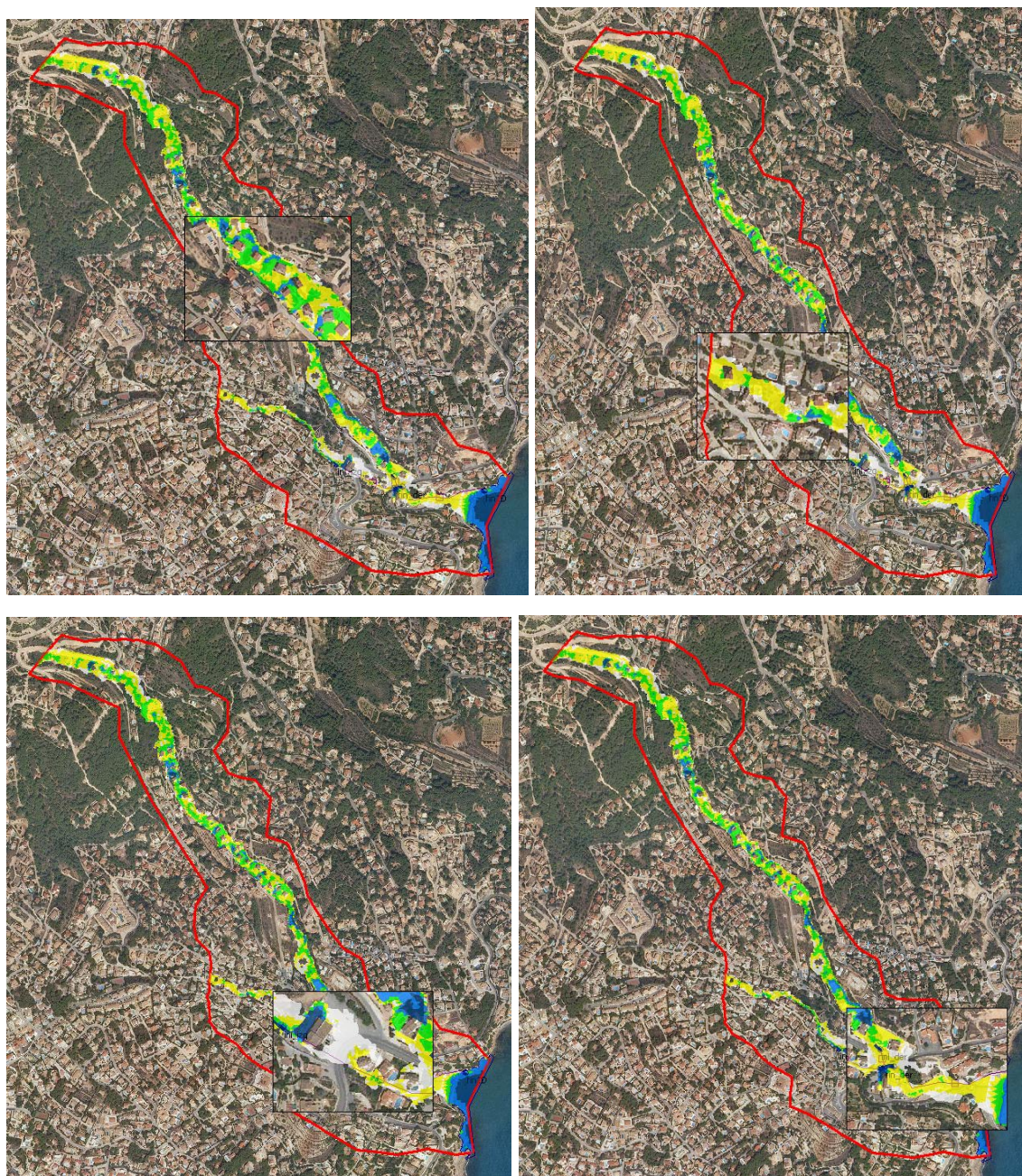


Figura 233: Simulación del modelo Benissa 2 para un periodo de retorno de T25. Detalles inundaciones

6.10.5.3.- T50

Las zonas afectadas para 50 años son las mismas que para T25 pero aumentan los calados máximos. En la siguiente figura se muestra la envolvente de calados máximos en toda la extensión del modelo.

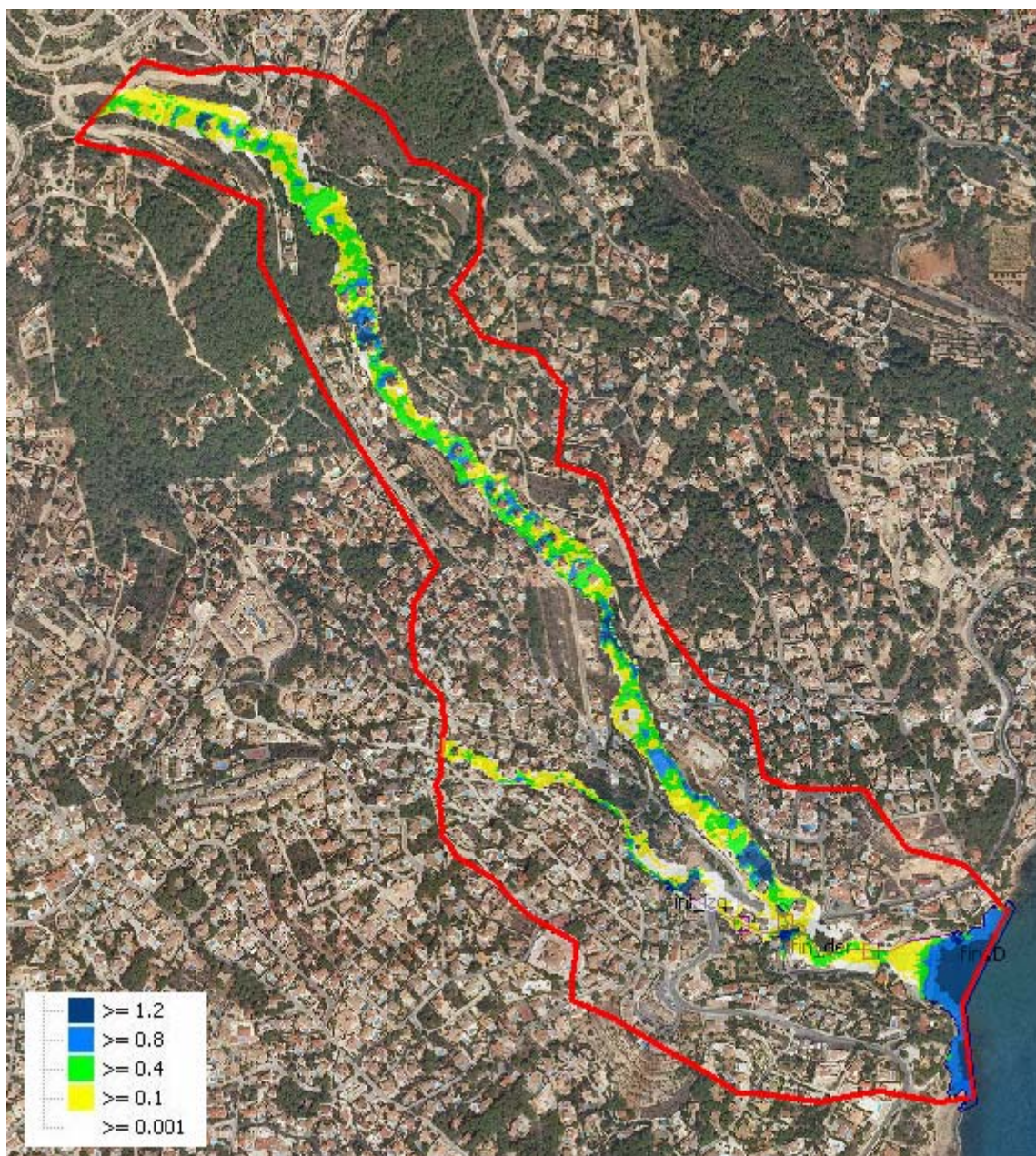


Figura 234: Simulación del modelo Benissa 2 para un periodo de retorno de T50.

6.10.5.4.- T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 3-3-004 (imagen izquierda) y 1-2-108 (imagen derecha) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes.

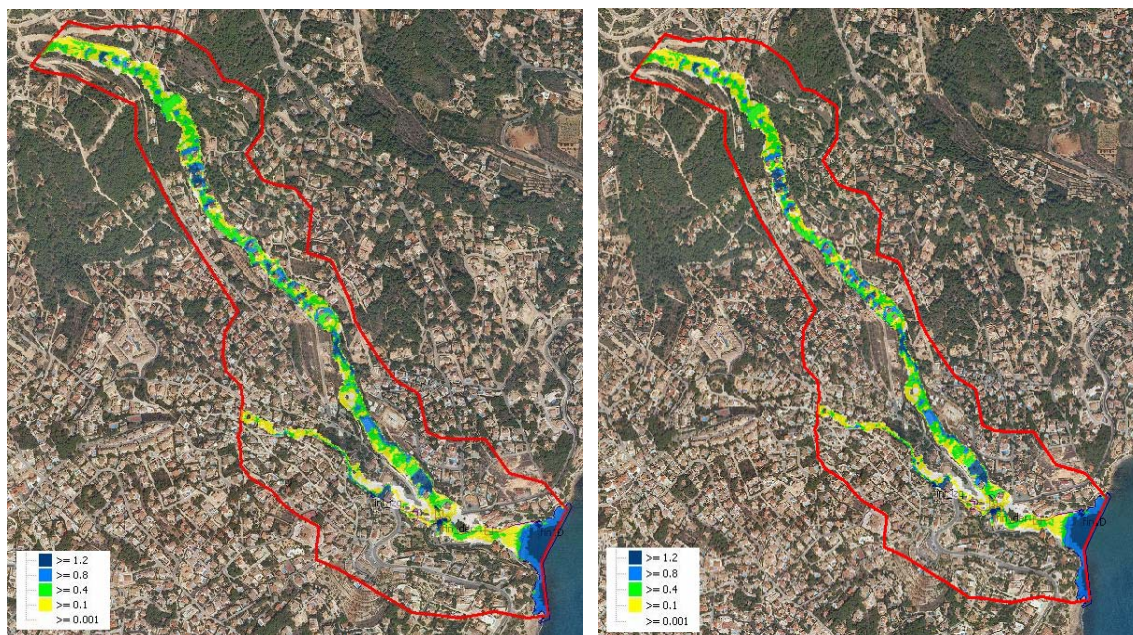


Figura 235: Simulación del modelo Benissa 2 para distintos eventos asociados a un periodo de retorno de T100.

6.10.5.5.- T500

Al igual que los períodos de retorno anteriores se ven afectadas, a lo largo de los barrancos, unas treinta viviendas aproximadamente. En la siguiente figura se pueden ver los calados máximos en toda la extensión del modelo.

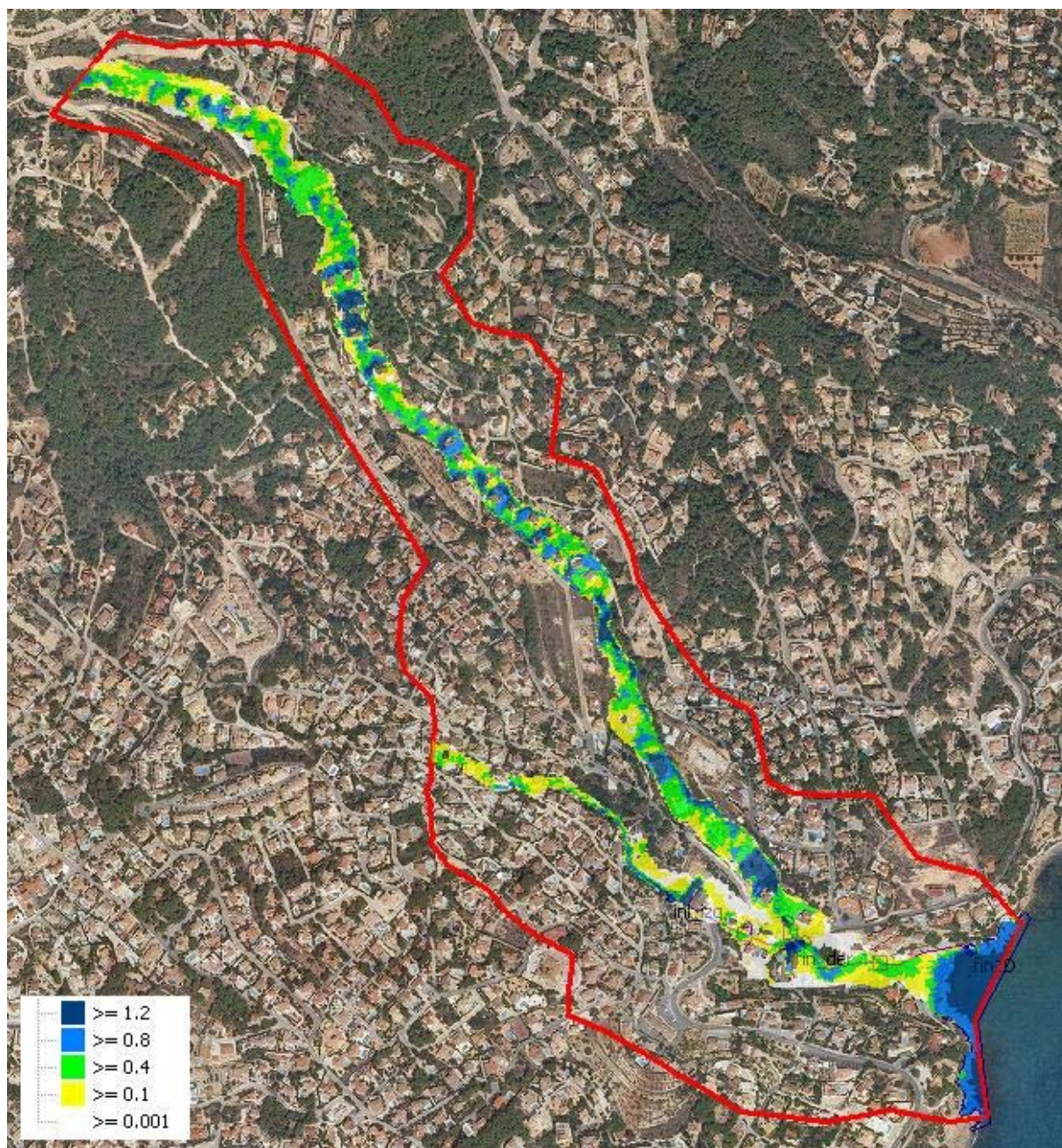


Figura 236: Simulación del modelo Benissa 2 para un periodo de retorno de T500.

6.11.- CALPE

El modelo hidráulico Calp abarca el Barranc de Quisi y el Barranc del Pou Roig y la salina ubicada en la zona este del modelo. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

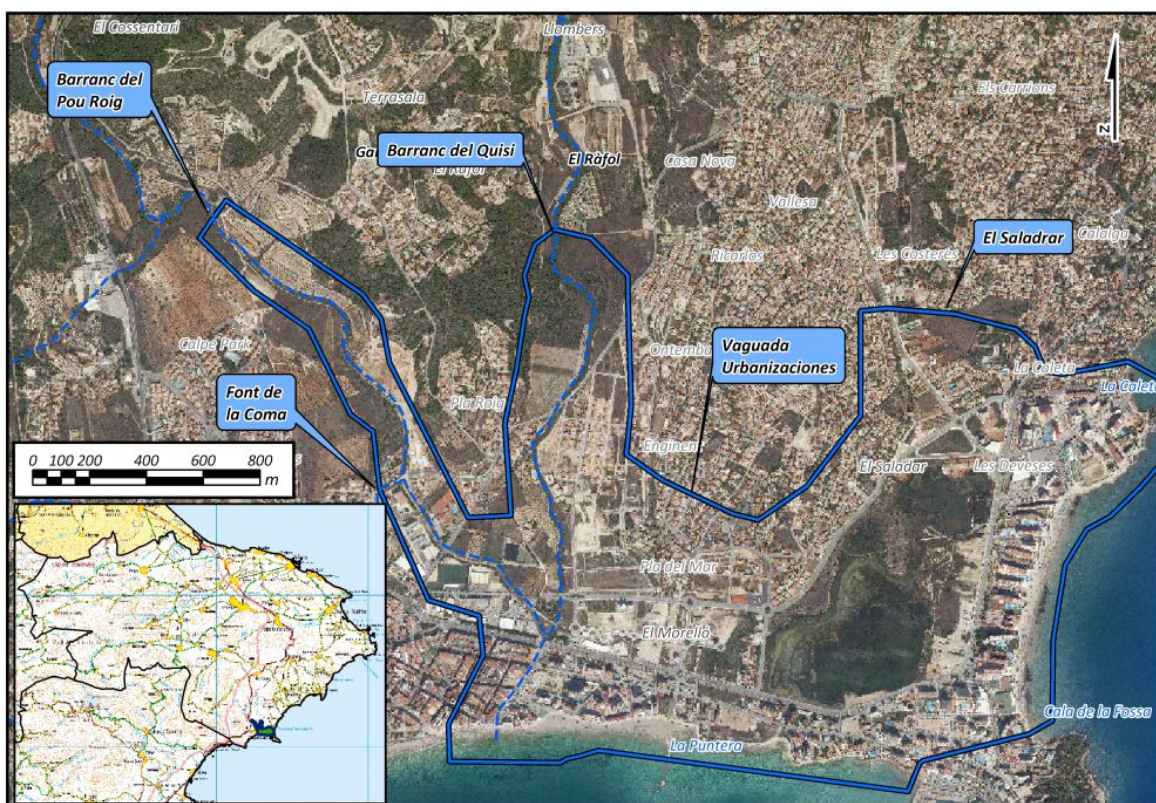


Figura 237: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.11.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (100 m^2 y 20 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores. El polígono de los barrancos con un máximo de 20 m^2 y un mínimo de 10 m^2 y el de la mota que bordea la salina con un máximo de 4 m^2 y un mínimo de 1 m^2 y en la desembocadura de los barrancos desde la confluencia se utiliza un máximo de 5 m^2 y un mínimo de 1 m^2 . En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

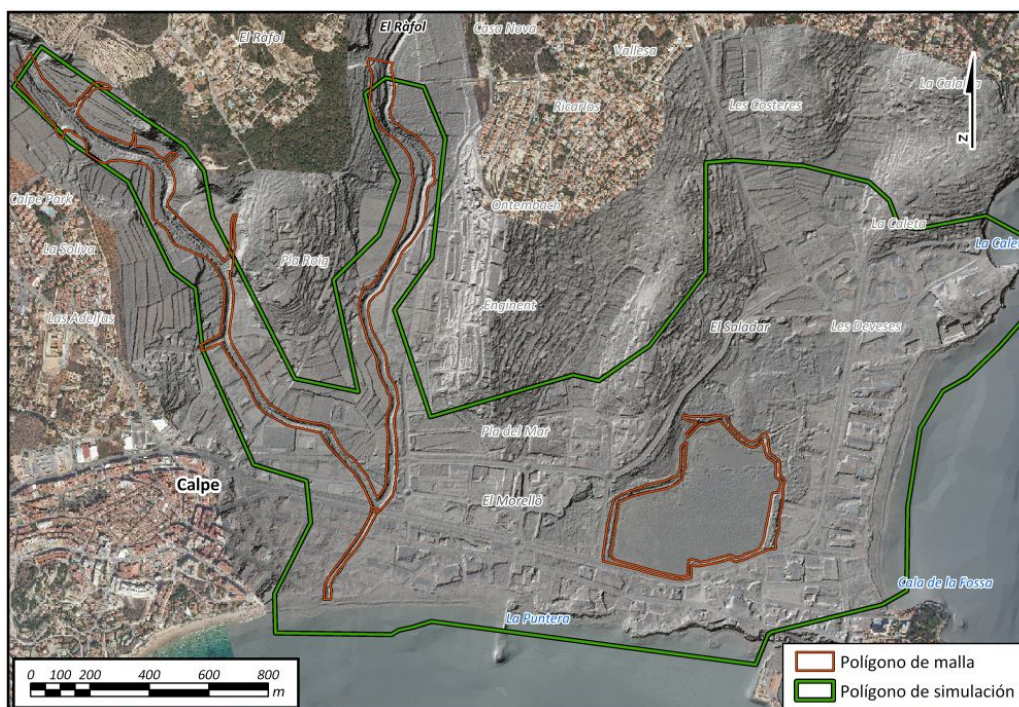


Figura 238: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, los muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 103551 triángulos y 53953 vértices. El área total del modelo es de 2.5 km².

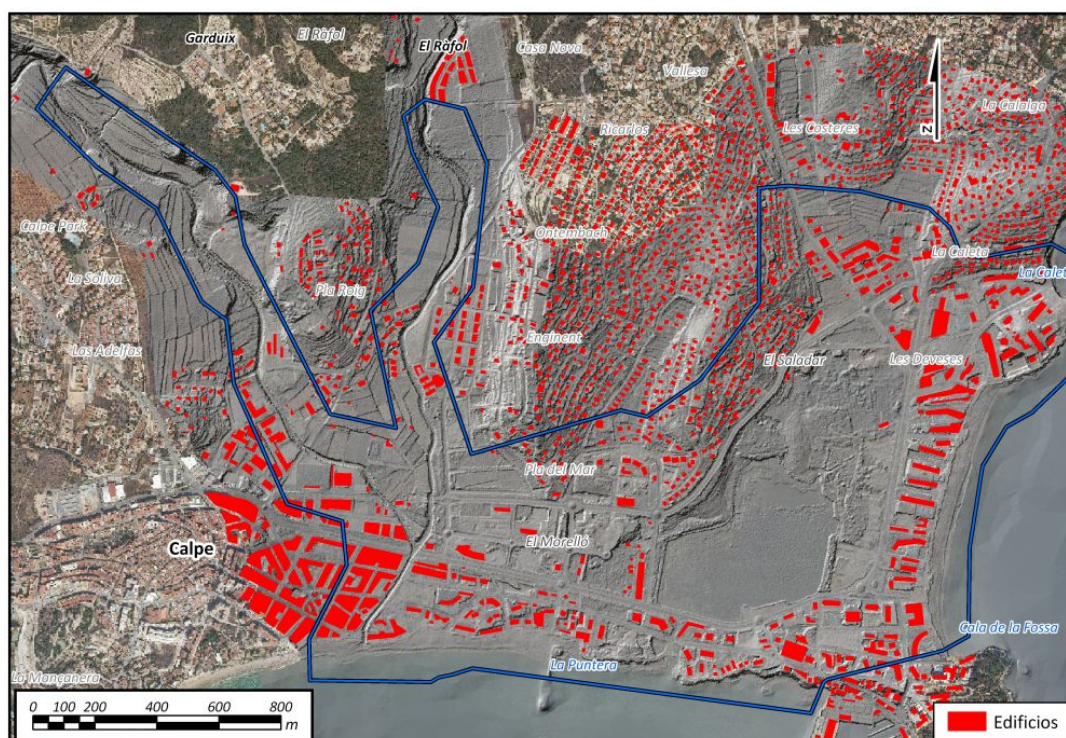


Figura 239: Polígono de edificios "Voids" y modelo digital del terreno.
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

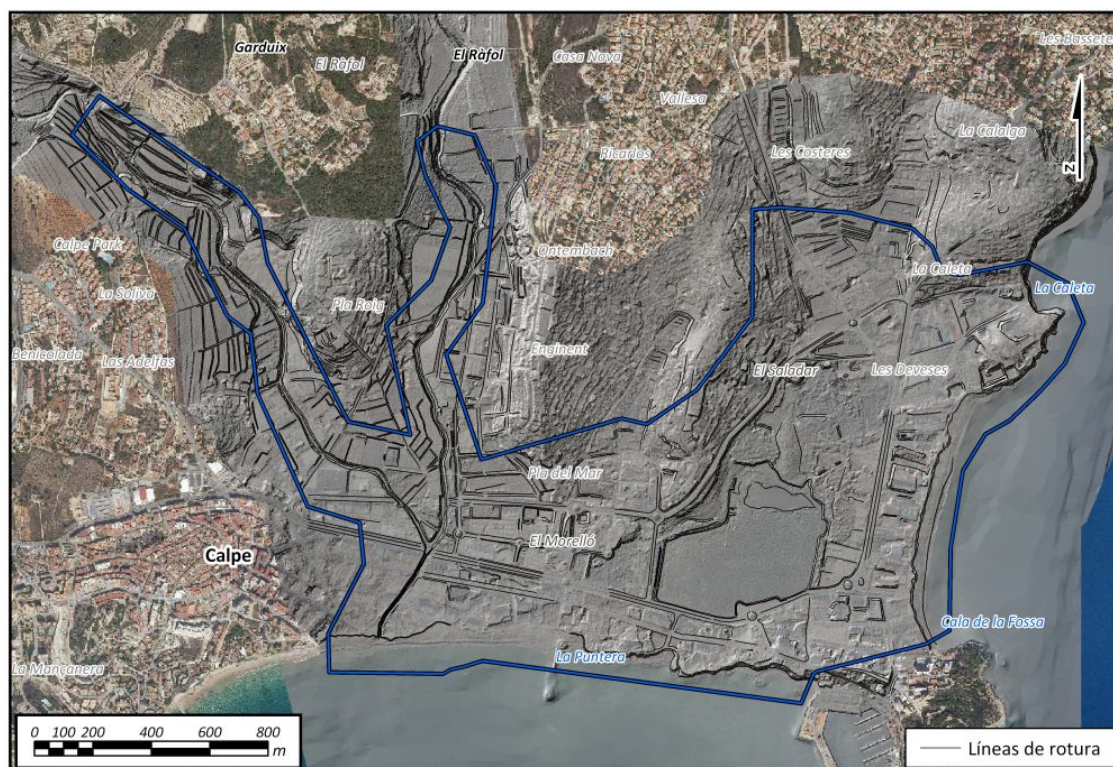


Figura 240: Líneas de rotura.

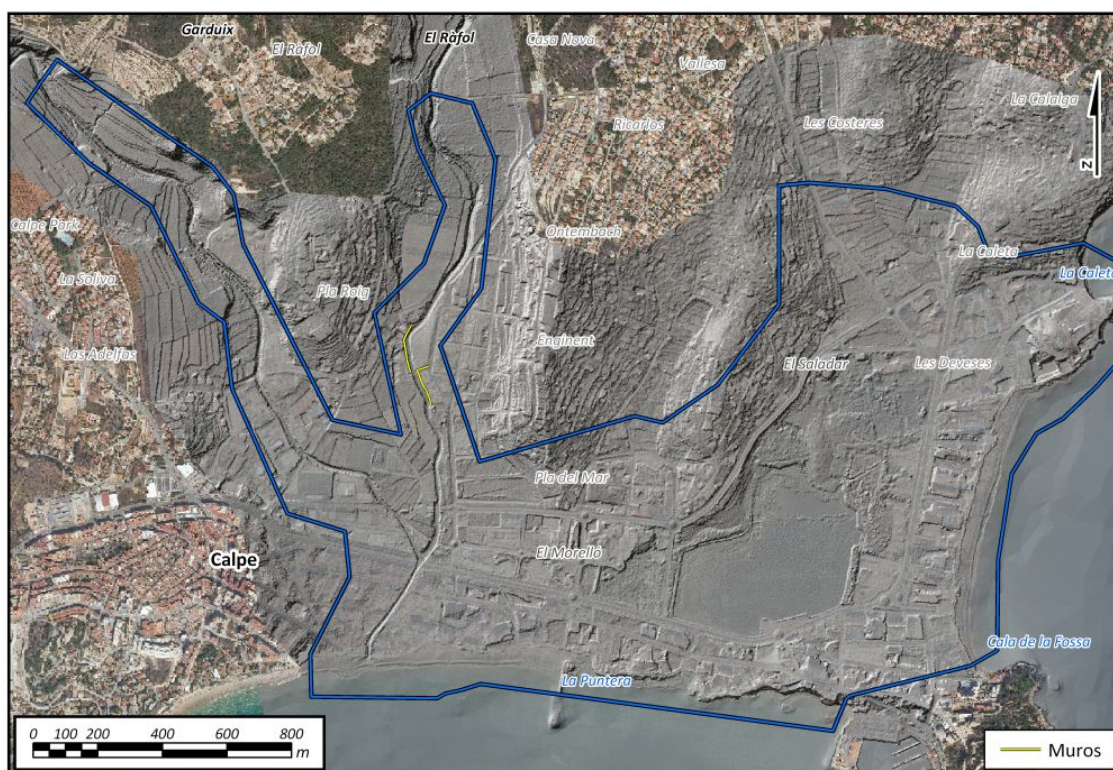


Figura 241: Muros.

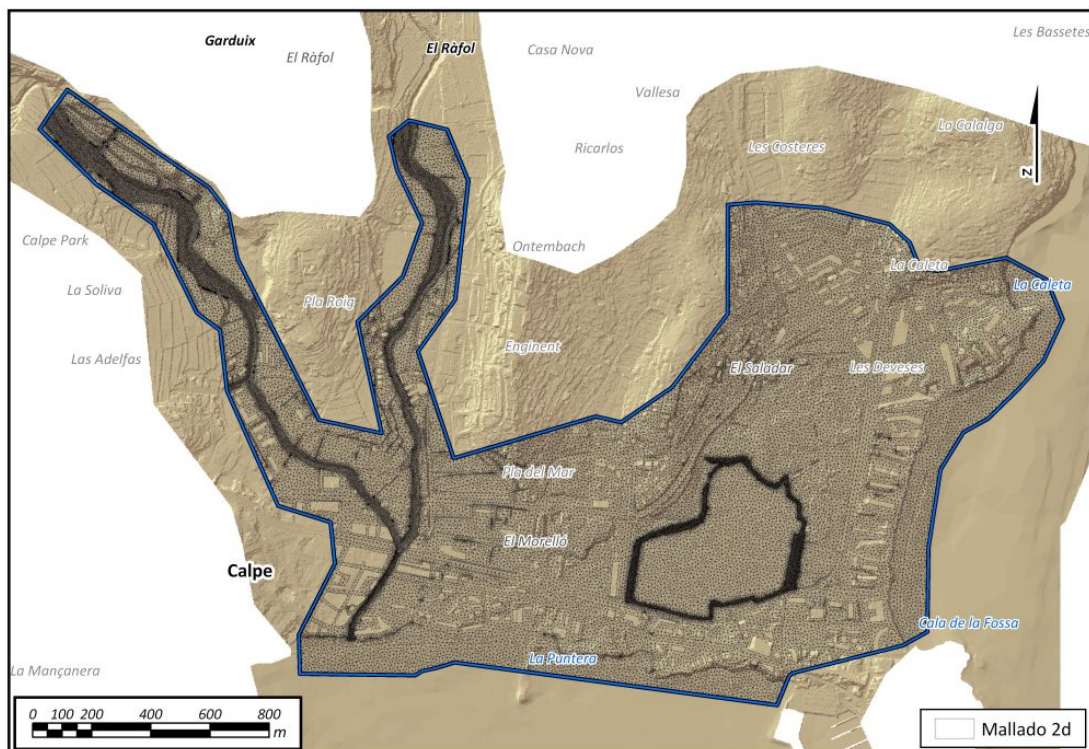


Figura 242: Malla triangular de simulación.

6.11.2.- Estructuras

Se ha modelado el paso inferior de la desembocadura del barranco de Quisi y la conexión de la salina bajo la calle Luxemburgo (ver figura 35) mediante una estructura unidimensional cuyo funcionamiento se explica en la introducción del anexo correspondiente al estudio hidráulico.

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan el paso inferior que desagua las aguas de los barrancos son los siguientes.

- Cota entrada = 0.97 msnm
- Cota salida = 0.401 msnm
- Longitud = 350 m
- Area = 11.8 m²
- C = 0.8
- C_w = 0.8

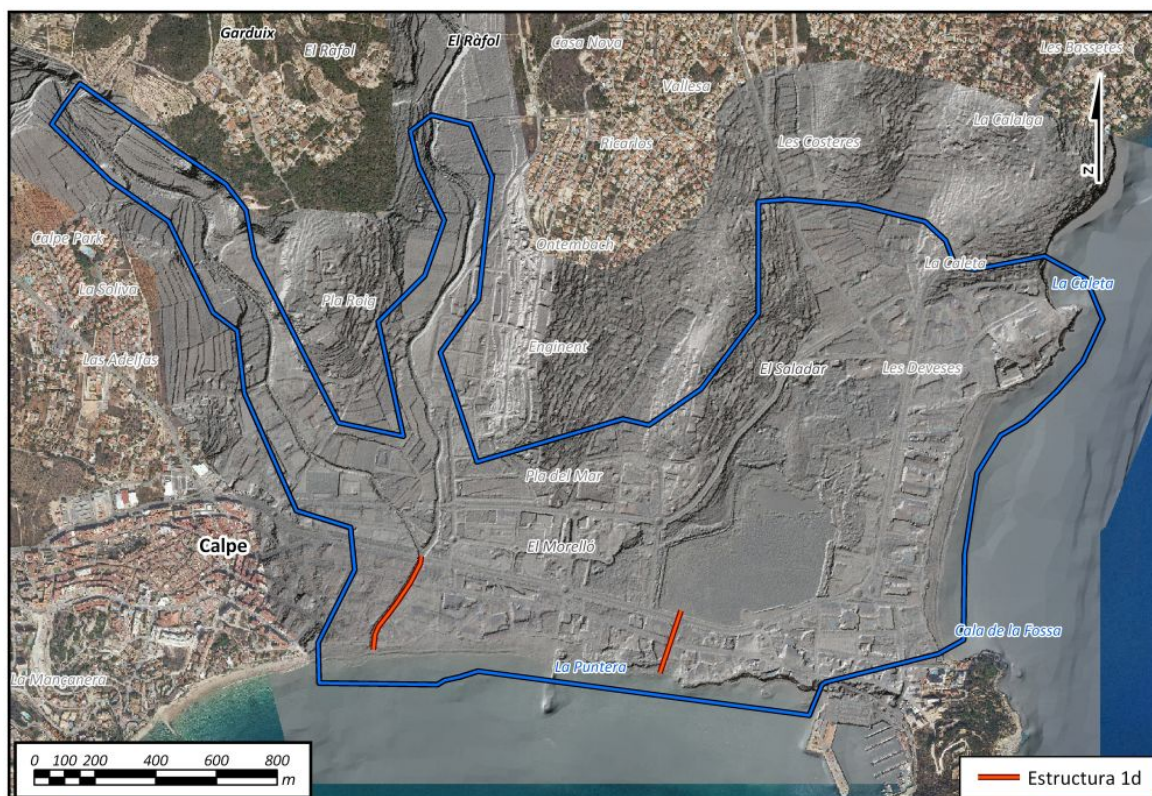


Figura 243: Ubicación de los pasos inferiores

En la figura 36 y foto 21 se muestra una sección tipo del paso inferior construido bajo la calle de la Niña caracterizado por 1 vano de 6.75x1.75m.

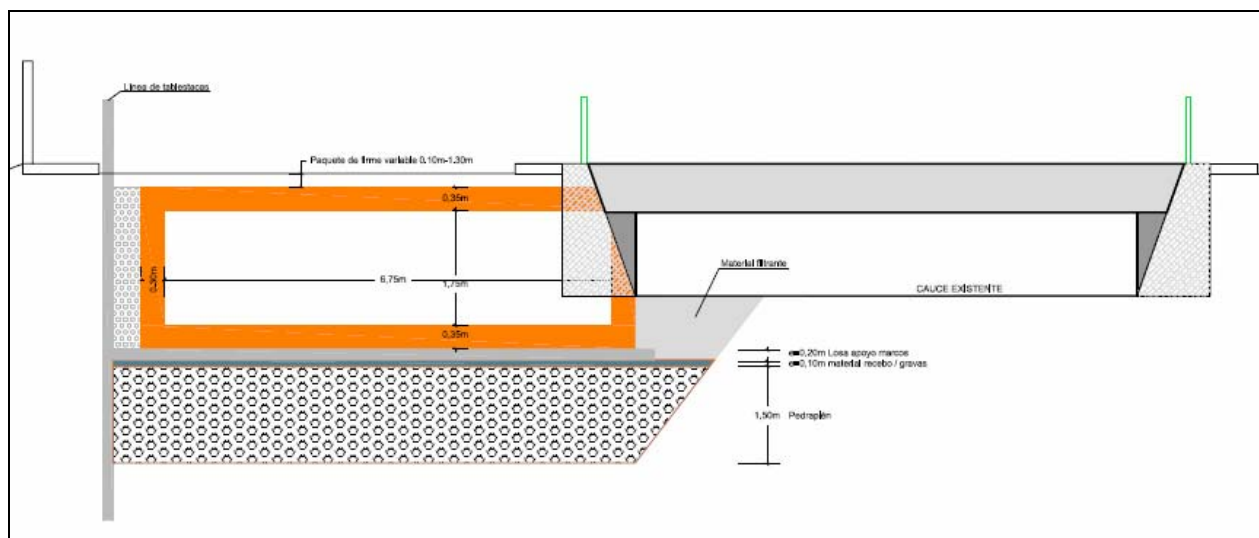


Figura 244: Sección tipo paso inferior para el desagüe de los barrancos



Foto 23: Foto de la salida del barranco de Quisi y del paso inferior a la izquierda

Las dimensiones y coeficientes que la caracterizan el paso inferior que conecta la salina con el mar mediterráneo son los siguientes.

- Cota entrada = 0.429 msnm
- Cota salida = -0.104 msnm
- Longitud = 222 m
- Area = 7.1 m²
- C= 0.8
- C_w = 0.8

Los coeficientes de pérdida de vertido (C_w) y descarga sumergida (C) tienen en cuenta las pérdidas por entrada, salida y por fricción a lo largo del paso y son utilizados según el modo de funcionamiento de la estructura.

En la siguiente figura se muestra una foto del paso inferior que conecta la salina con el mar con tres vanos de 1 x 1.7 m.



Foto 24: Foto de la construcción del paso inferior que conecta la salina con el mar



Foto 25: Foto de la entrada del culvert de desagüe de la salina al mar

6.11.3.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de manning para cada uno de los usos.

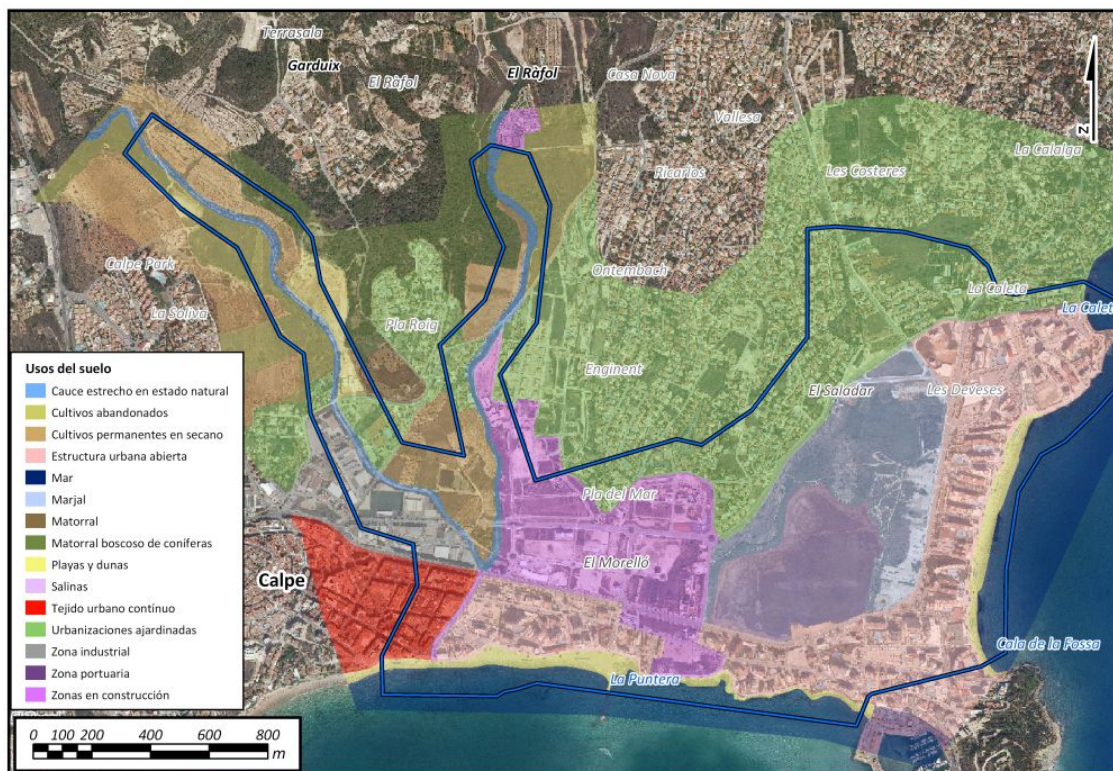


Figura 245: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de Bridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 46: Relación usos del suelo manning.

6.11.4.- Condiciones iniciales y de contorno

El modelo tiene como entradas los caudales del barranco Pou Roig (Calpe06) y un afluente Calpe05N, la entrada del barranco Quisi (Calpe07) y lo barrancos que desembocan a la salina Caple08 y Calpe01. Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.



Figura 246: Condiciones de contorno e iniciales

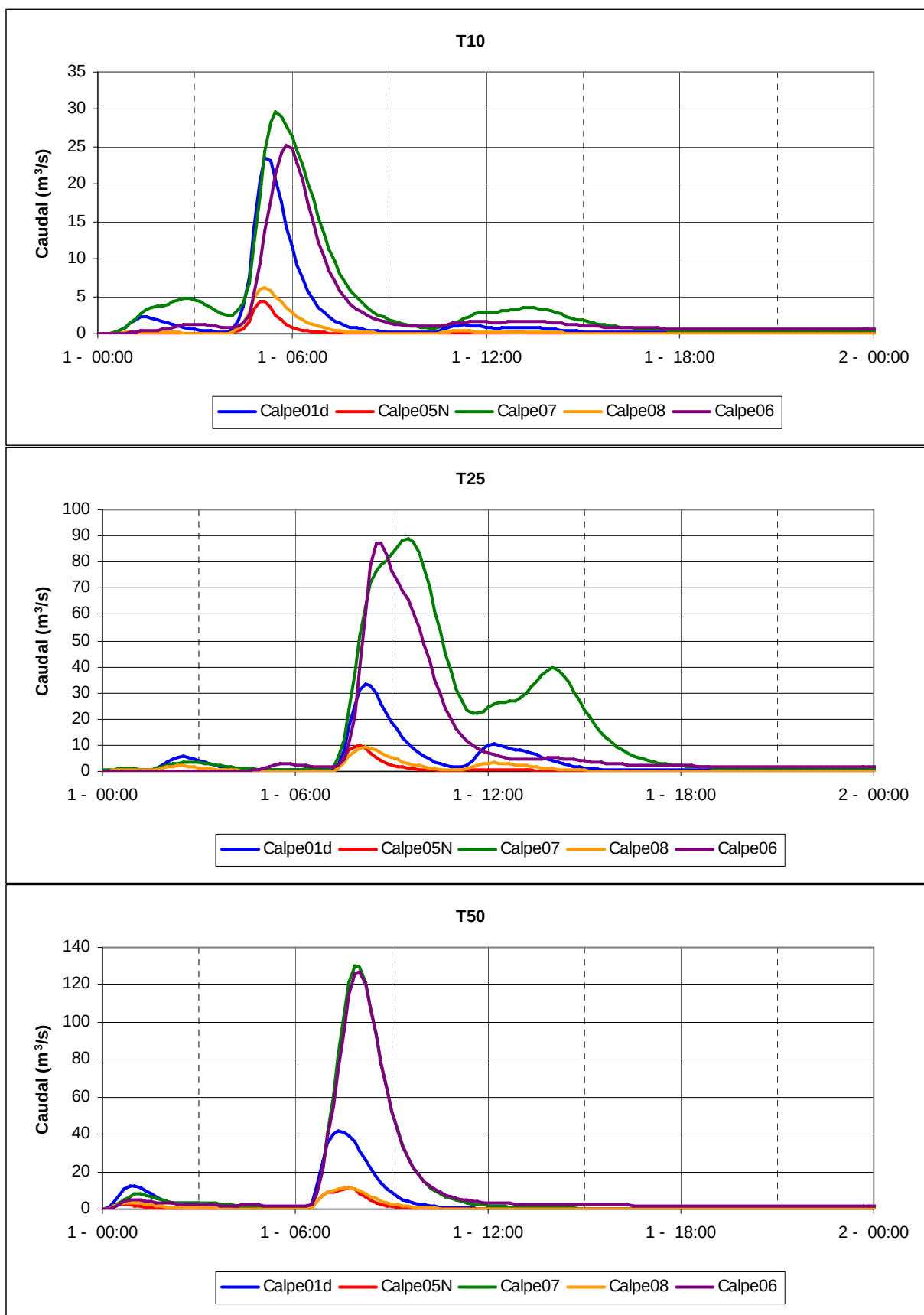
Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio, y en el mar se definen los siguientes niveles de marea, también utilizados como condición inicial, para los 5 períodos de retorno analizados.

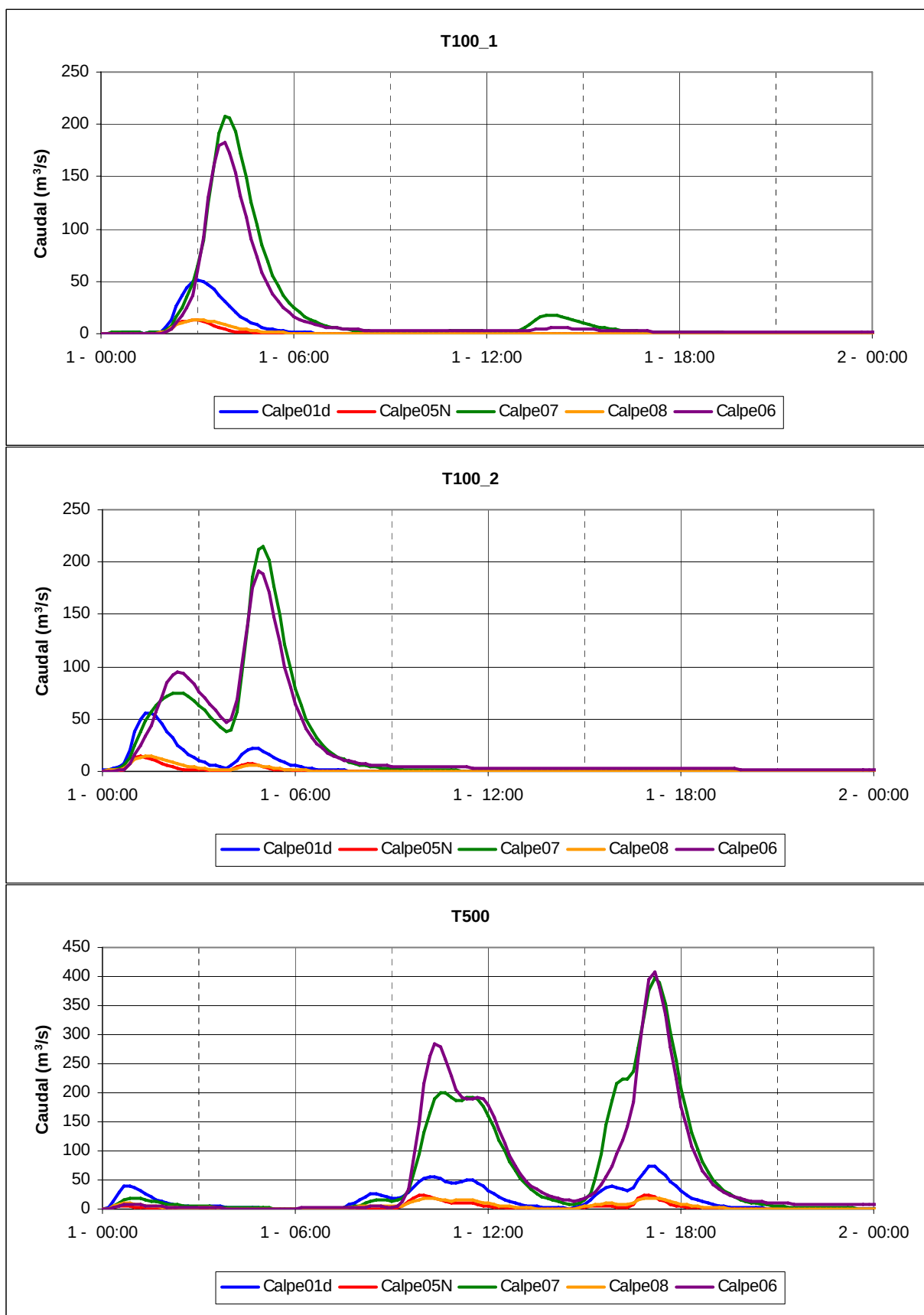
Período de retorno	Nivel de marea (cm)
T10	70
T25	72
T50	74
T100	75
T500	80

Tabla 47: Condición inicial de marea

La salina se considera con nivel de agua constante para todos los períodos de retorno e igual a 0.6 m.

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.





En la siguiente tabla se identifican los eventos pluviológicos correspondientes a cada período de retorno junto con los caudales máximos.

Evento:	3-1-227	2-3-032	3-2-097	2-2-118	1-2-200	2-3-004
	Caudal máximo (m ³ /s)					
	T10	T25	T50	T100_1	T100_2	T500
Calpe01d	23.5	33.6	41.4	51.1	56.0	72.4
Calpe05N	4.4	9.7	11.3	12.7	14.4	24.6
Calpe06	25.3	87.1	127.0	182.9	191.1	407.7
Calpe07	29.6	88.8	129.9	207.3	215.6	398.2
Calpe08	6.2	9.1	11.3	13.5	14.1	19.6

Tabla 48: Resumen de los caudales pico para todos los períodos de retorno y puntos de entrada al modelo.

6.11.5.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

La capacidad de desagüe del barranc de Quisi no supera los 90 m³/s teniendo en cuenta que el canal a cielo abierto permite desaguar sin desbordar un máximos de 50 m³/s y el paso inferior 40 m³/s. esto hace que se produzcan desbordamientos a partir de períodos de retorno de 25 años. En lo que respecta a la salina, su cuenca drenante no está encauzada por lo que las aguas que drenan hacia la salina lo hacen escurriendo libremente por las calles. Los desbordamientos de la salina se generan a partir de períodos de retorno de 100 años, teniendo en cuenta la condición inicial utilizada en estas simulaciones.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las simulaciones realizadas.

6.11.5.1.- T10

Para el período de retorno de 10 años se observan inundaciones de diversa importancia, en la siguiente figura tenemos la envolvente de calados máximos calculados.



Figura 247: Simulación modelo Calp para periodo de retorno T10.

En la parte occidental del modelo se pueden observar afecciones a alguna vivienda con calados inferiores a 40 cm. Los desbordamientos generados en la desembocadura del Barranc de Quisi son insignificantes con calados apenas de 10 cm.

En la parte este se pueden observar inundaciones generadas por las precipitaciones de la cuenca drenante a la salina debido a la falta de un cauce definido escurriendo las aguas por las calles. Las lluvias provenientes de la cuenca al noreste de la salina escurren por la Avenida Costa Blanca sin tener salida al mar accediendo a la salina por la zona sureste de la misma. Se generan inundaciones sobre la Avenida Polonia al oeste de la salina.

Seguidamente se identifican las calles y las avenidas nombradas anteriormente.

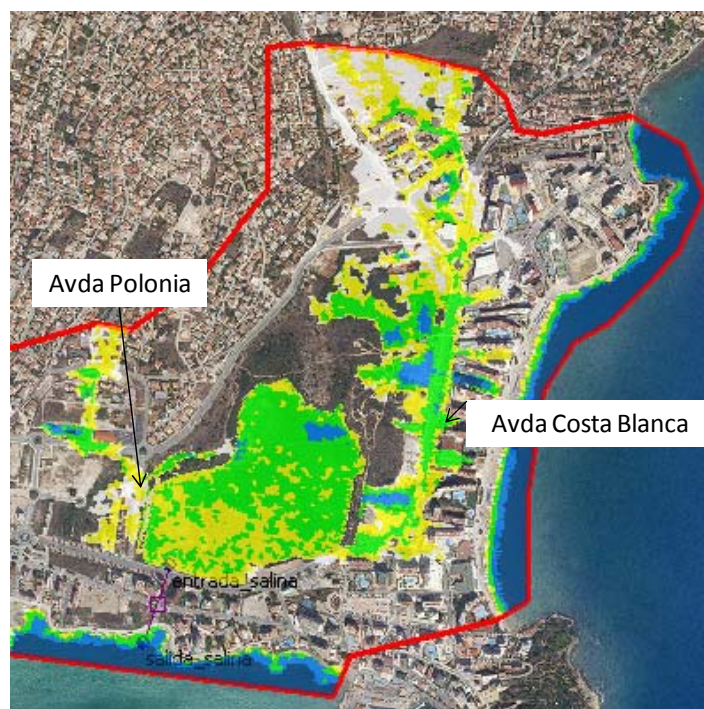


Figura 248: Simulación modelo Calp para periodo de retorno T10. Detalle salinas de Calp.

6.11.5.2.- T25

En la siguiente figura se puede observar la envolvente de calados máximos calculados para este evento.

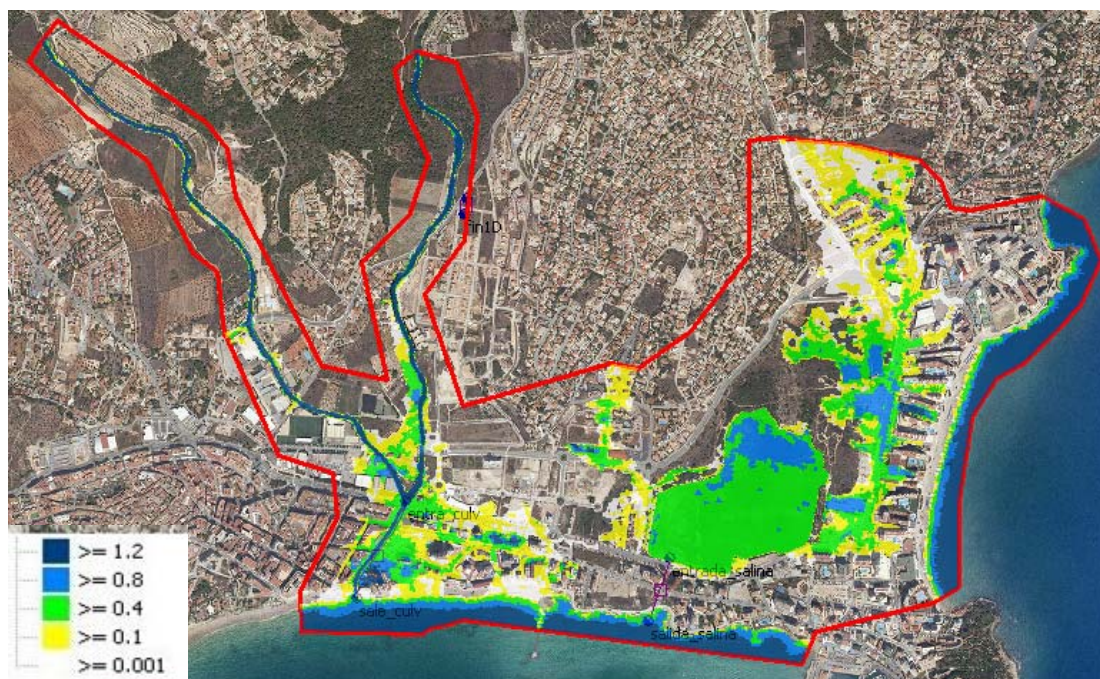


Figura 249: Simulación modelo Calp para periodo de retorno T25.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Para el período de retorno de 25 años la zona de la salina se comporta de manera muy similar a los 10 años de período de retorno, aumentando los calados máximos en algunas zonas pero afectando a las mismas calles y las mismas zonas descritas anteriormente.

En la zona oeste del modelo se produce el desbordamiento del Barranc de Quisi en las inmediaciones de la urbanización Placita Roig I, afectando hasta la confluencia con el Barranc del Pou Roig, a su vez, el encauzamiento del Carrer de la Niña no tiene suficiente capacidad para absorber el caudal que le llega, desbordando el agua por la Avenida de los Ejércitos Españoles dirigiéndose hacia la salina.



Figura 250: Detalle desborde barrancos Pou Roig y Quisi por su derecha a través Avda. Ejércitos Españoles.

En la siguiente figura se muestran tres líneas (rojas) de medida que permiten medir el caudal de paso por las mismas. La imagen muestra los calados en el instante que empiezan los desbordamientos en la desembocadura de los barrancos.



Figura 251: Puntos de medida de caudal en los cauces (líneas rojas).

Seguidamente se muestran los hidrogramas medidos donde con la línea vertical roja se indica el instante de la simulación de la figura anterior. Se puede observar que los caudales de inicio de desbordamiento en el encauzamiento de la Niña no superan los $40 \text{ m}^3/\text{s}$, la capacidad del culvert tampoco supera los $40 \text{ m}^3/\text{s}$ por lo que puede decir que la capacidad de desagüe de los barrancos, sin ocasionar afecciones, es de $80 \text{ m}^3/\text{s}$.

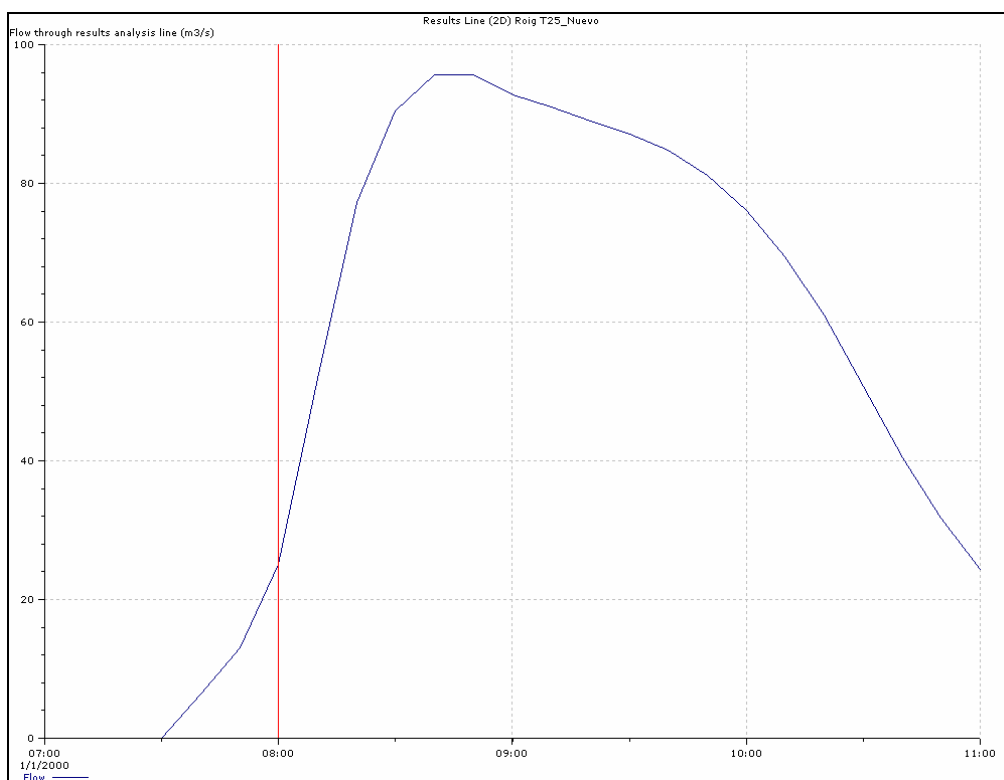


Figura 252: Hidrograma en línea de medida del barranco de Pou Roig

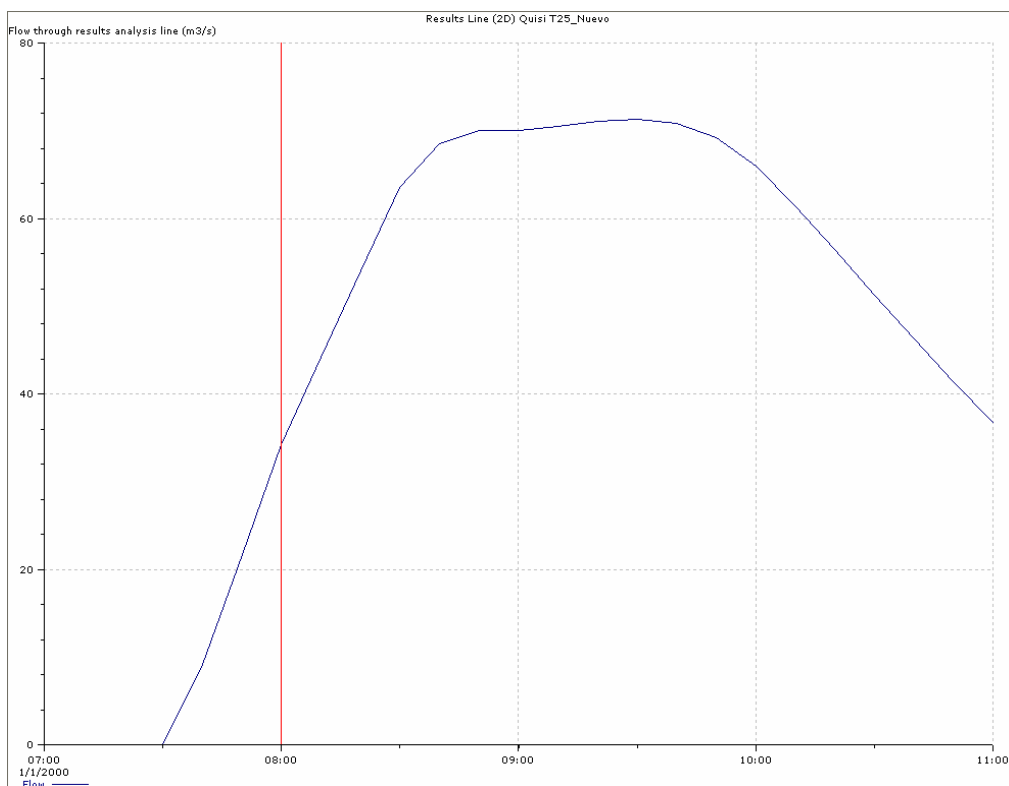


Figura 253: Hidrograma en línea de medida del barranco de Quisi

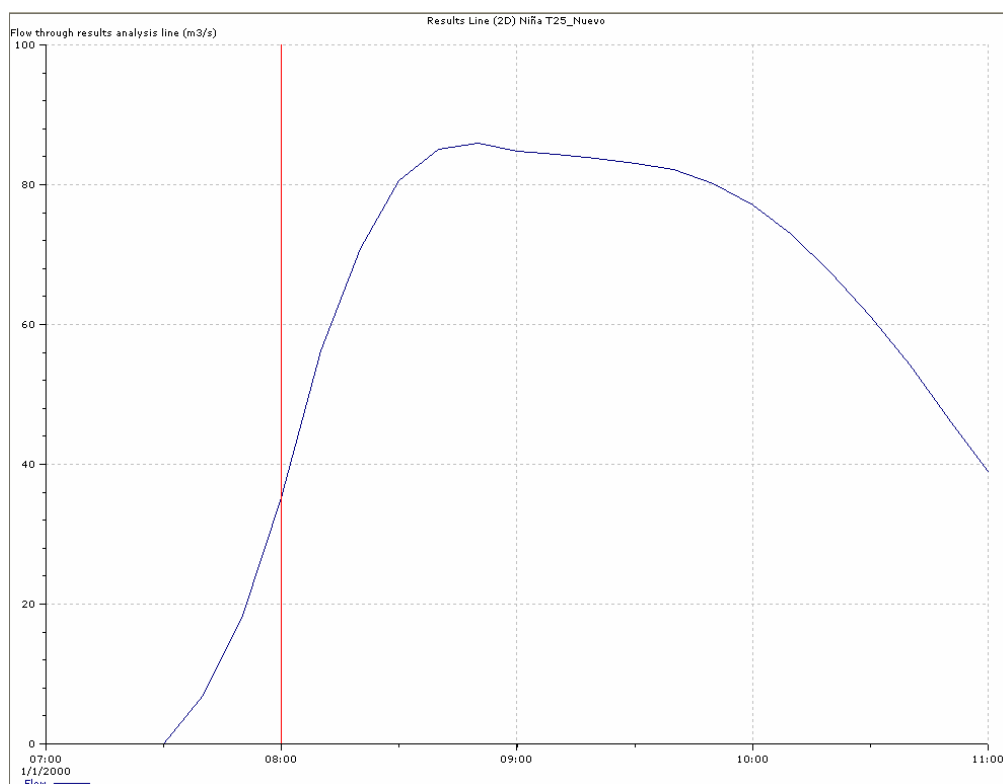


Figura 254: Hidrograma en línea de medida del el encauzamiento aguas debajo de la confluencia de los barrancos

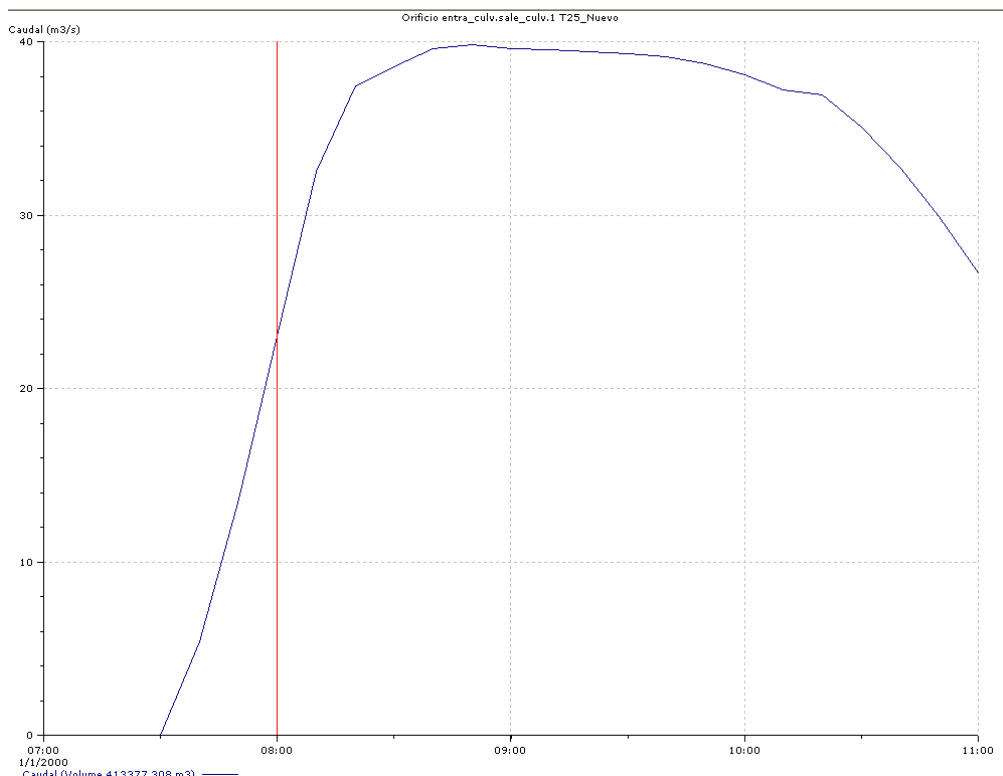


Figura 255: Hidrograma en del encauzamiento subterráneo.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

En la figura siguiente se puede una fotografía aérea del año 57 cuando no existían las urbanizaciones.

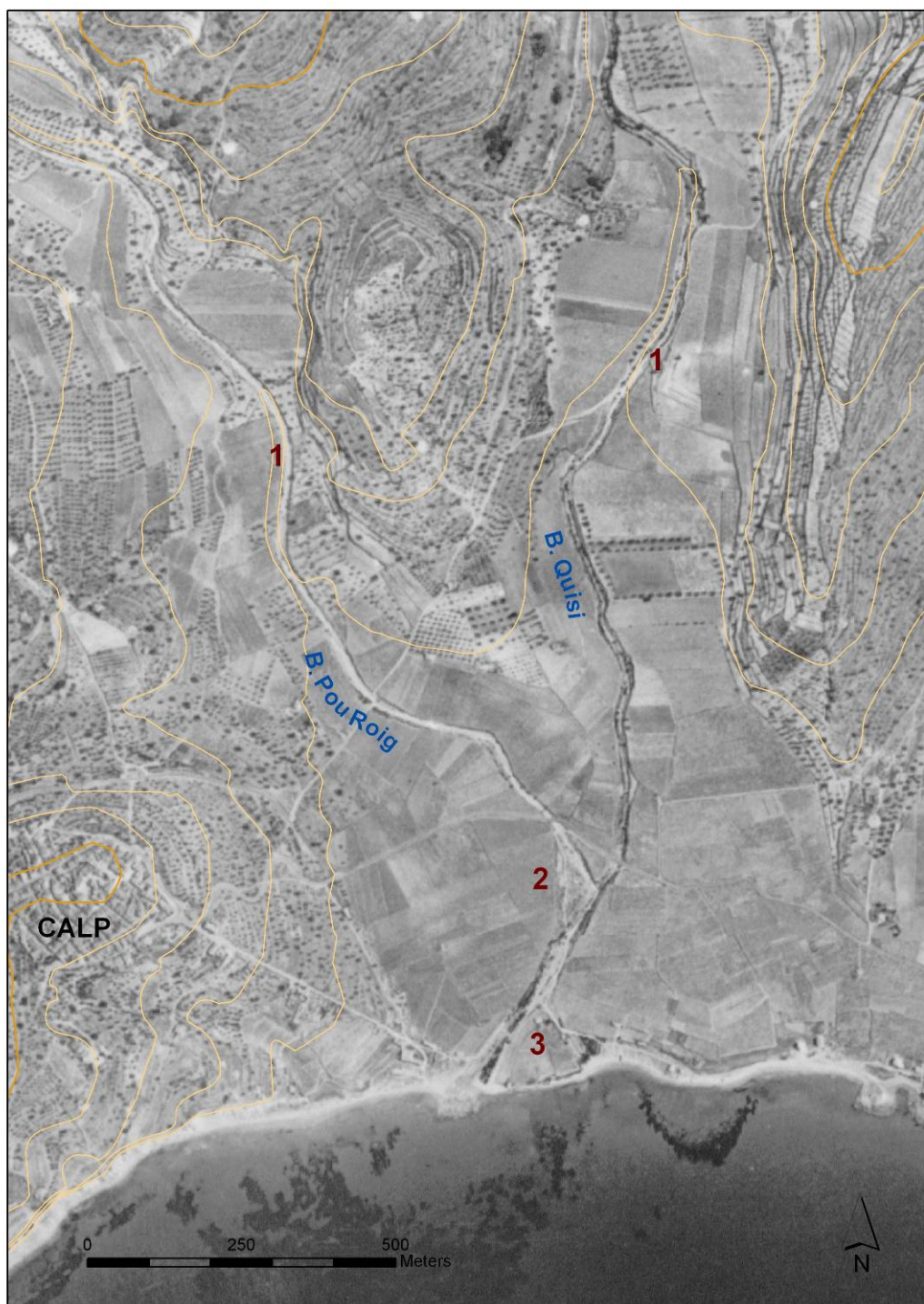


Figura 256: Imagen aérea de 1957 en la que se observa claramente el contraste del llano de inundación con los relieves adjuntos. Se señala el punto donde se inician los desbordamientos sobre el llano aluvial (1), el depósito de deyección del barranco del Pou Roig (2) y el posible cono de la desembocadura (3).

En la siguiente foto se muestra la desembocadura del encauzamiento para el evento del 2007 donde se pueden observar los desbordamientos en el cono de desagüe.



Foto 26: Calle la Niña inundada en evento de octubre 2007.

6.11.5.3.- T50

Para este período de retorno se observan mayores inundaciones en el cono de la desembocadura del barranco y un claro aumento de los calados sobre las avenidas Costa Blanca y de Polonia generados por los caudales provenientes de las cuencas drenantes a la salina. El paso inferior que conecta la salina con el mar entra en funcionamiento desaguando hasta 5 m³/s. En la siguiente figura se puede observar la envolvente de calados máximos calculados para este evento.



Figura 257: Simulación modelo Calp para periodo de retorno T50.

También se puede observar y se señala como las aguas desbordadas de los barrancos del Quisi y del Pou Roig circulan por la Avenida de los Ejércitos Españoles hasta llegar a la salina.

En la siguiente fotografía se muestra el culvert de salida de la salina



Foto 27: Salida al mar del drenaje de las salinas mediante tres marcos.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

6.11.5.4.- T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 2-2-118 (primera imagen) y 1-2-200 (segunda imagen) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes donde se muestra la envolvente de calados máximos calculados para estos eventos.

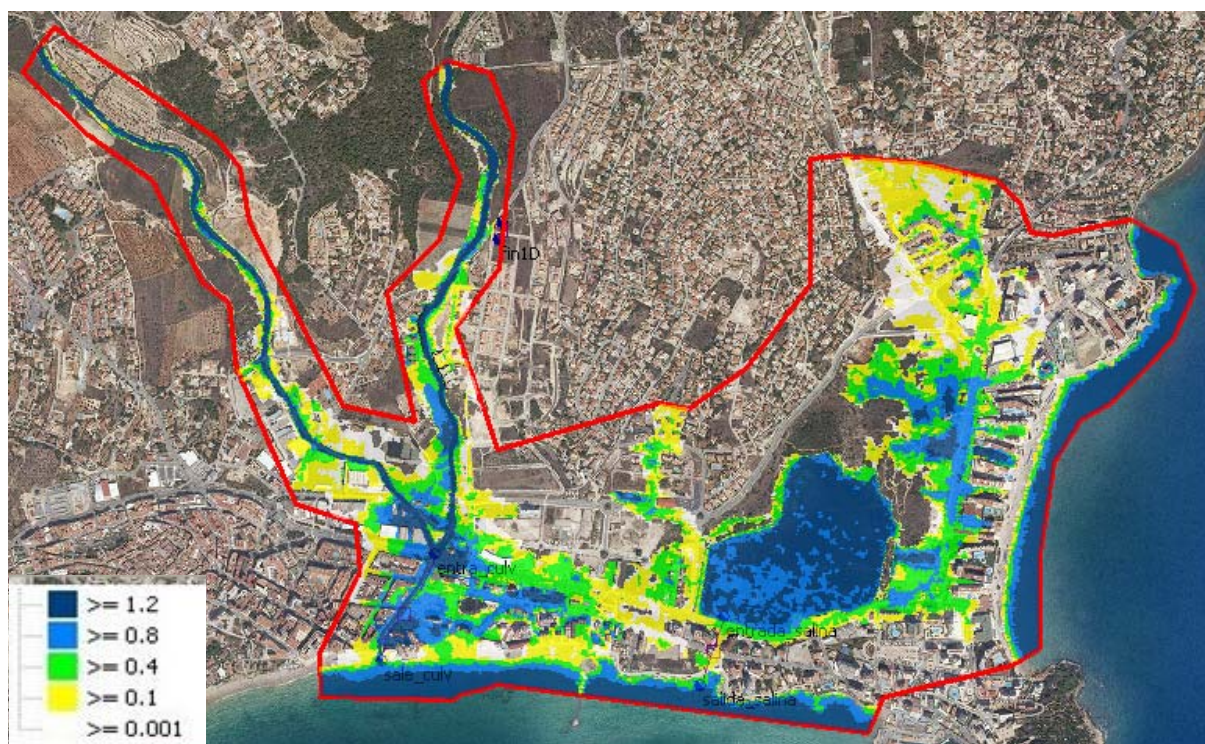


Figura 258: Simulación modelo Calp para periodo de retorno T100. Evento 2-2-118. 1-2-200

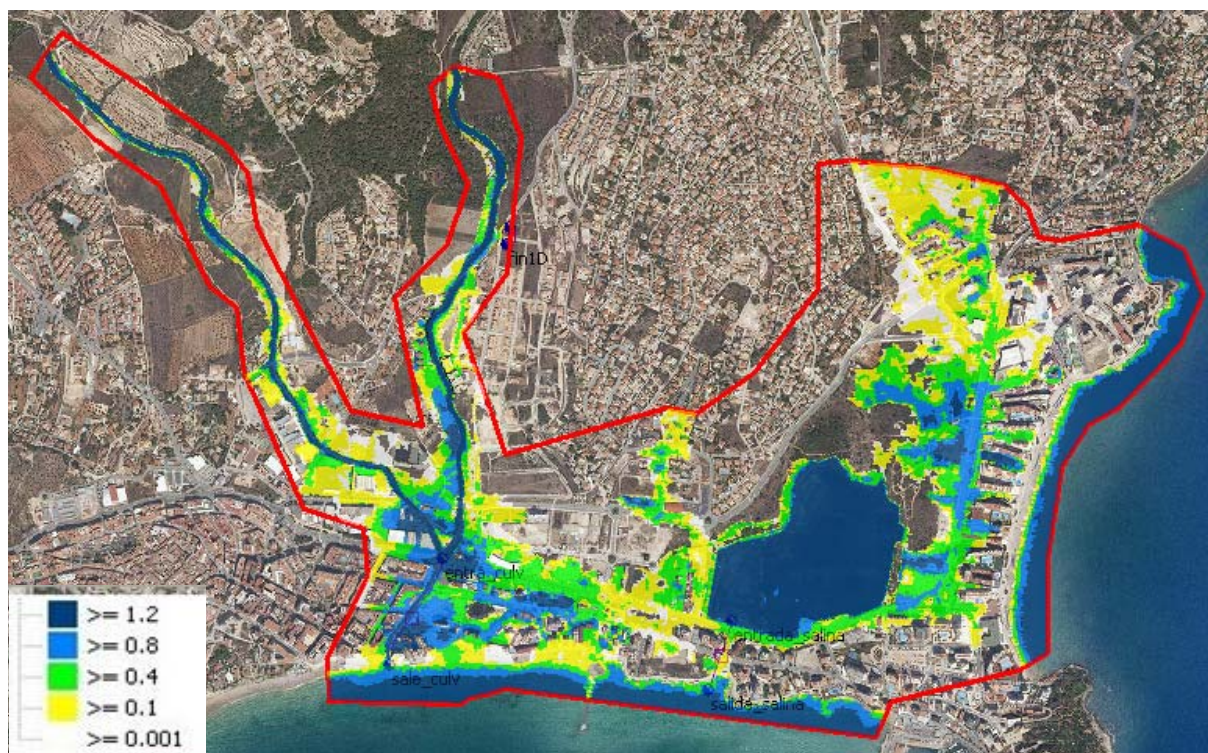
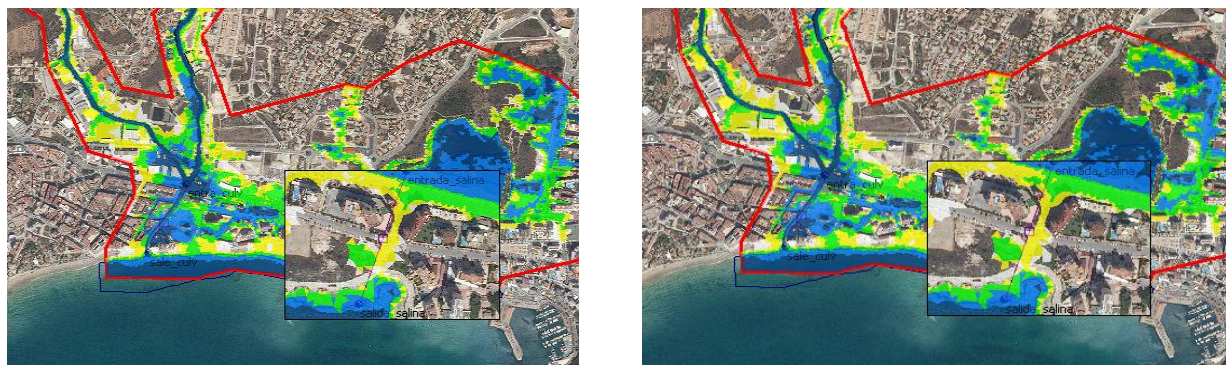


Figura 259: Simulación modelo Calp para periodo de retorno T100. Evento 1-2-200.

En estas dos imágenes se puede observar como se desborda la salina inundando la calle Luxemburgo sobre el culvert para el evento 2-2-118, imagen izquierda y 1-2-200, imagen derecha. En los dos casos el culvert desagua unos 10 m³/s.



Figuras 260 y 261: Detalle inundación calle Luxemburgo en eventos T100.

En la siguiente fotografía se muestra uno de los accesos al paseo de la playa en la zona este del modelo, donde se aprecia porque no es posible que el desagüe al mar de las aguas provenientes de las cuencas drenantes a la salina.



Foto 28: Escalones de acceso al paseo marítimo que impiden desaguar desde las salinas.

6.11.5.5.- T500

Los problemas de desbordamientos para este período de retorno se concentran en las mismas zonas descritas pero con calados superiores. En la siguiente figura se pueden ver los calados máximos en toda la extensión del modelo.

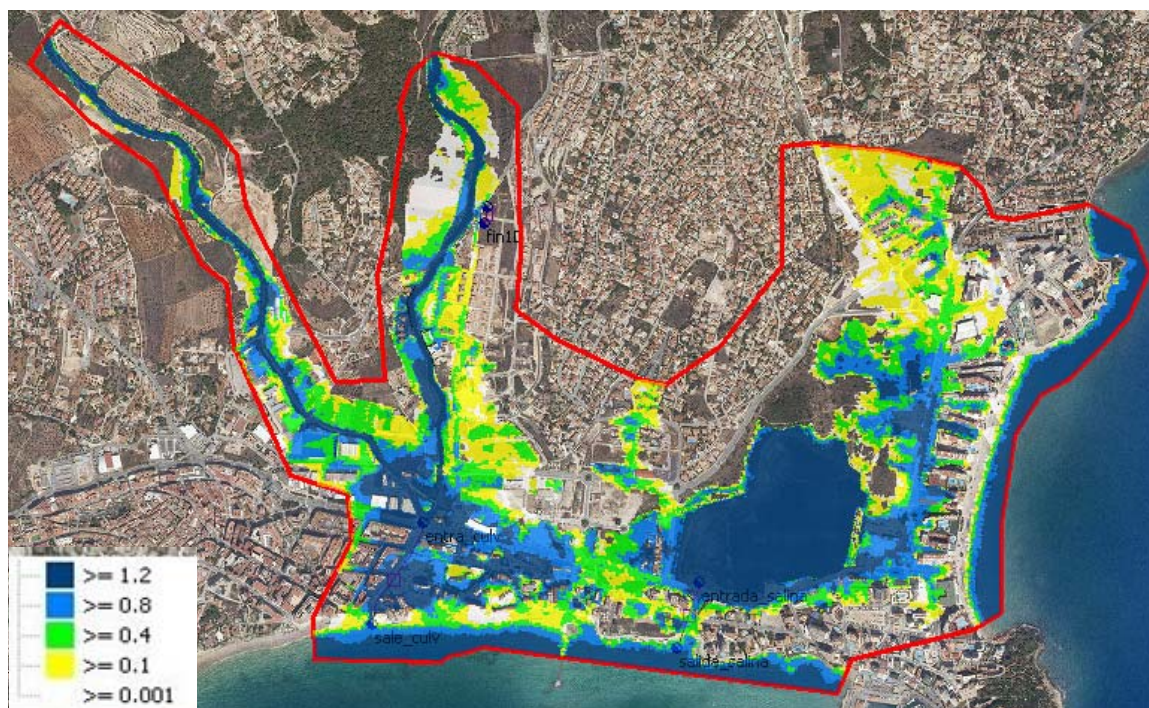


Figura 262: Simulación modelo Calp para periodo de retorno T500.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Para este período de retorno el caudal desaguado por la infraestructura del Carrer de la Niña se distribuye de la siguiente manera, por el culvert pasa un caudal máximo unos $50 \text{ m}^3/\text{s}$ y por el cauce $40 \text{ m}^3/\text{s}$.

El culvert de salida de la salina en este evento desagua $24 \text{ m}^3/\text{s}$.

6.12.- PEGO

El modelo hidráulico Pego abarca el Barranc de la Canal o de la Horta, el Barranc de Benituba y el Barranc de Rupais, que forman parte de la cuenca del Río Vedat. El Barranc de la Horta cruza el centro urbano del poblado de Pego, mientras que los otros dos barrancos afectan a un polígono industrial. En la figura siguiente se muestra la situación y límites del modelo hidráulico.

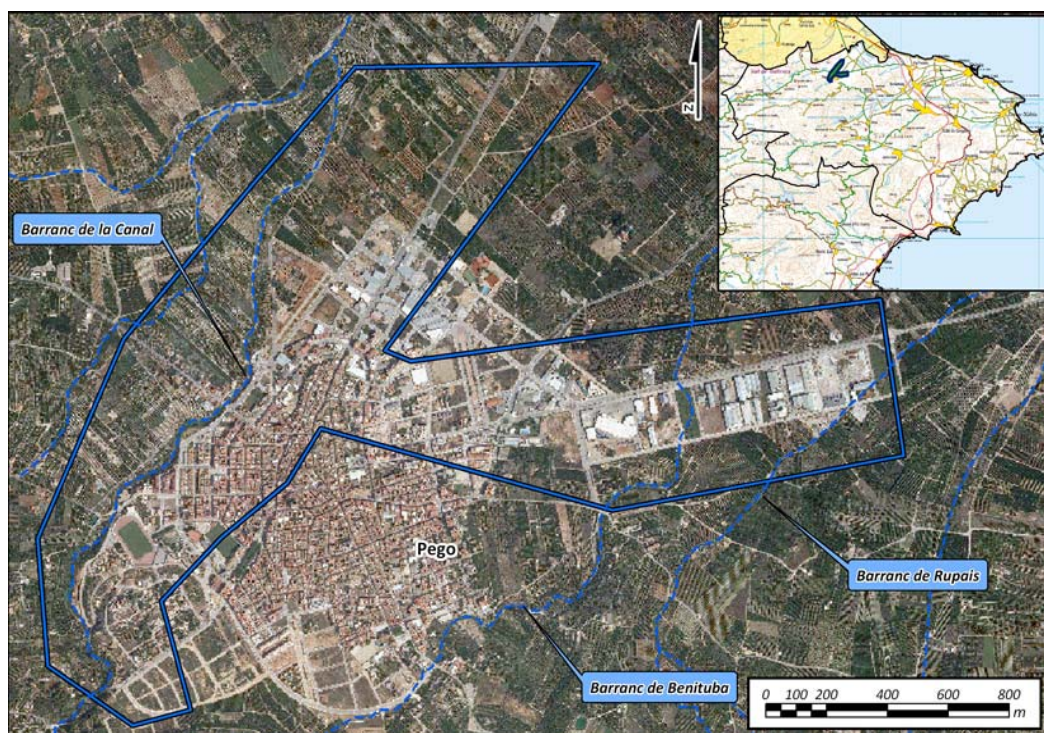


Figura 263: Extensión y situación del modelo hidráulico

6.12.1.- Topología del modelo

A continuación, como se ha explicado en la introducción del presente estudio, se muestran los elementos que definen la topología del modelo hidráulico.

El polígono de simulación define la extensión de simulación hidráulica y los tamaños máximos y mínimos de los elementos del mallado (100 m^2 y 20 m^2 respectivamente). El polígono de malla define las zonas que requieren de mayor precisión con elementos triangulares menores. El polígono de los barrancos con un máximo de 20 m^2 y un mínimo de 10 m^2 y el de la mota que bordea la salina con un

máximo de 4 m² y un mínimo de 1 m² y en la desembocadura de los barrancos desde la confluencia se utiliza un máximo de 5 m² y un mínimo de 1 m². En la siguiente figura se muestra el modelo digital del terreno (Lidar 1mx1m) utilizado para la obtención de las cotas de cada uno de los elementos del mallado y los polígonos de simulación 2d y de malla.

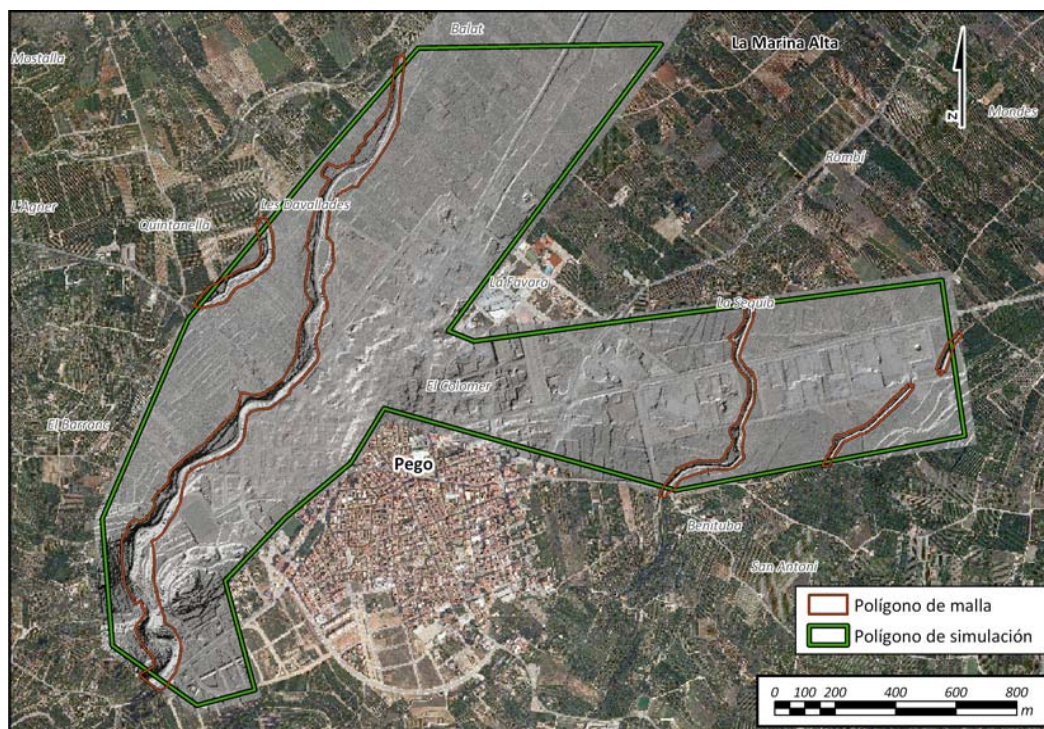


Figura 264: Polígono de malla y polígono de simulación.

En las siguientes imágenes se muestran los polígonos de edificios, las líneas de rotura, los muros y el mallado utilizado para la modelación con un total de 169574 triángulos y 90429 vértices. El área total del modelo es de 2.35 km².

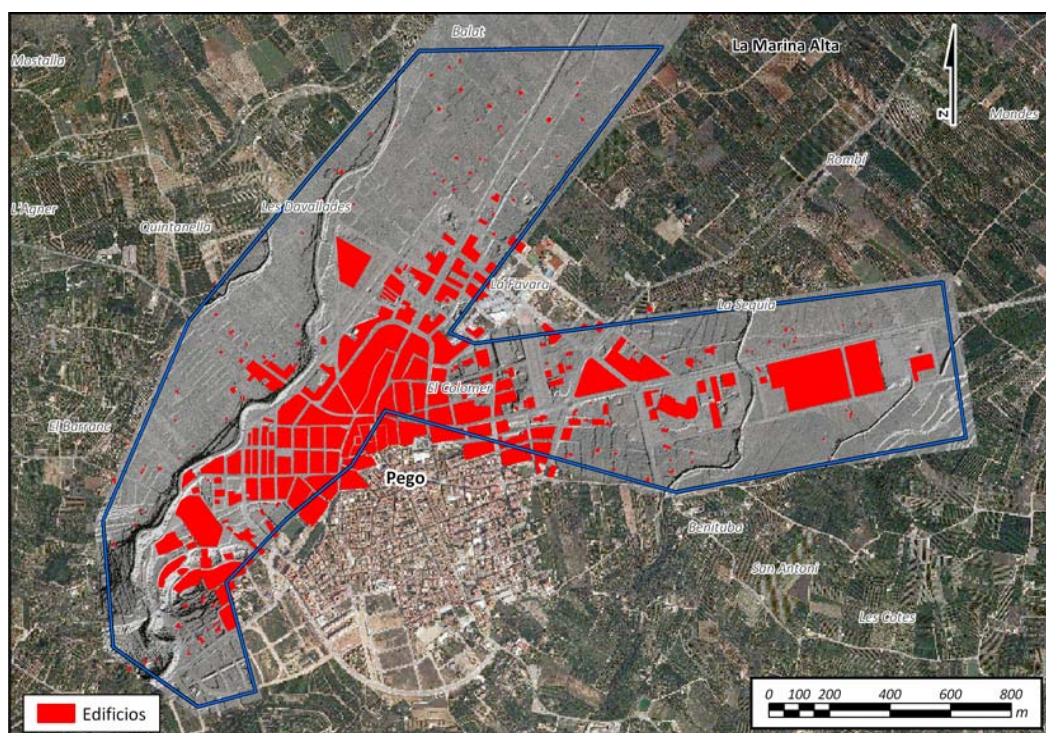


Figura 265: Polígono de edificios “Voids” y modelo digital del terreno.

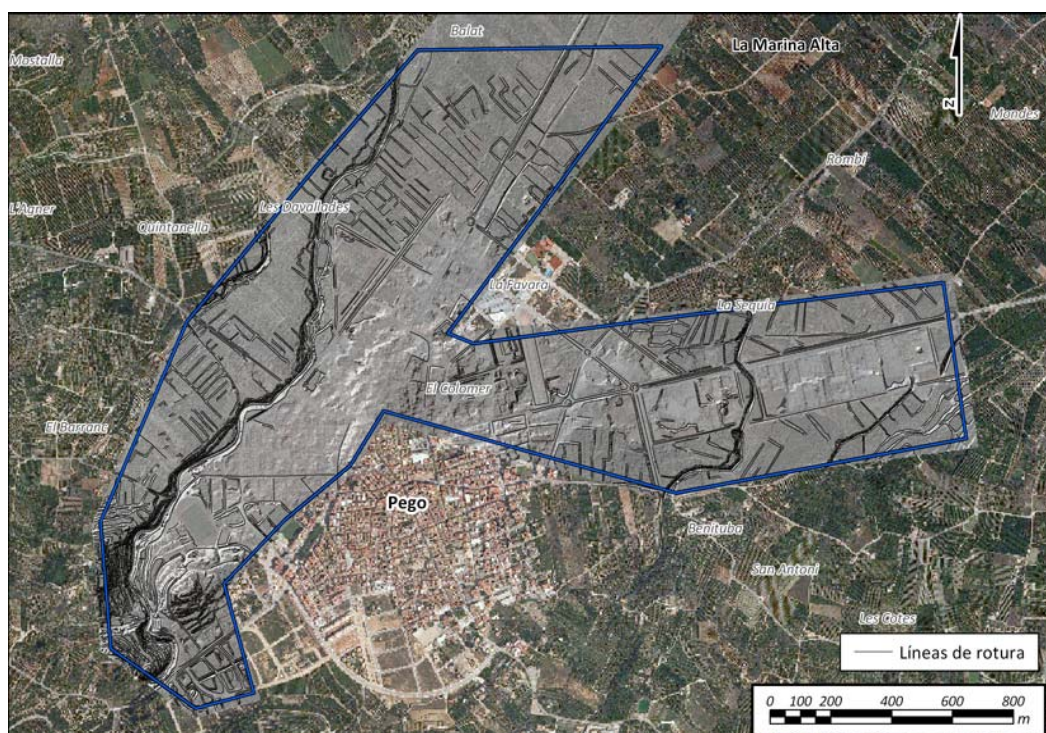


Figura 266: Líneas de rotura.

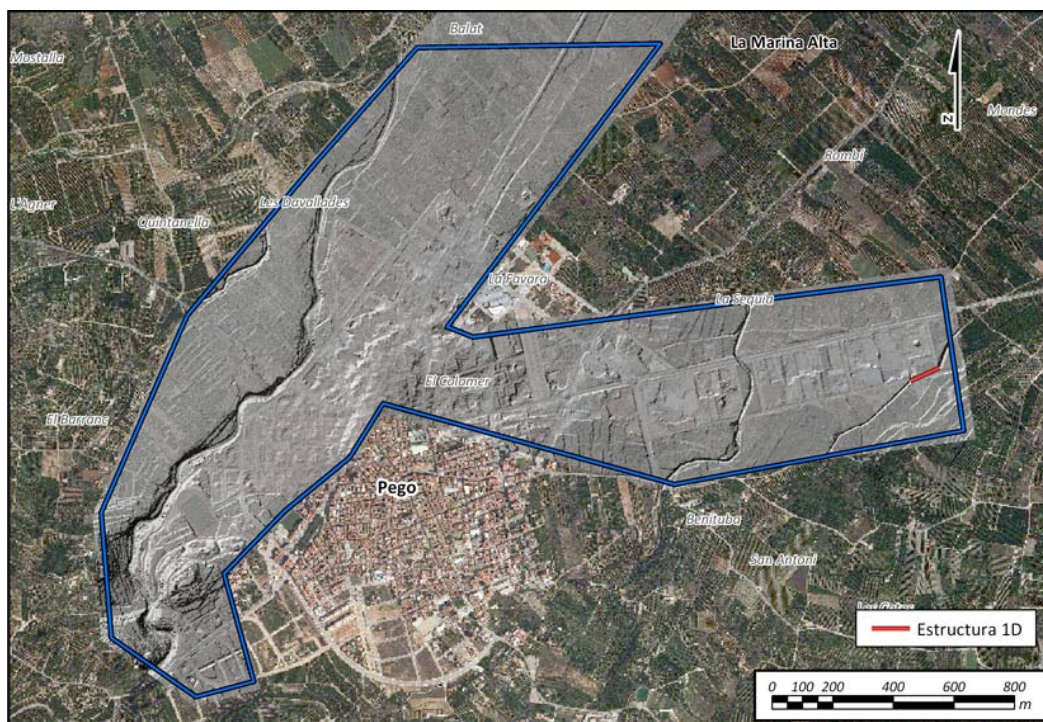


Figura 267: Estructuras.

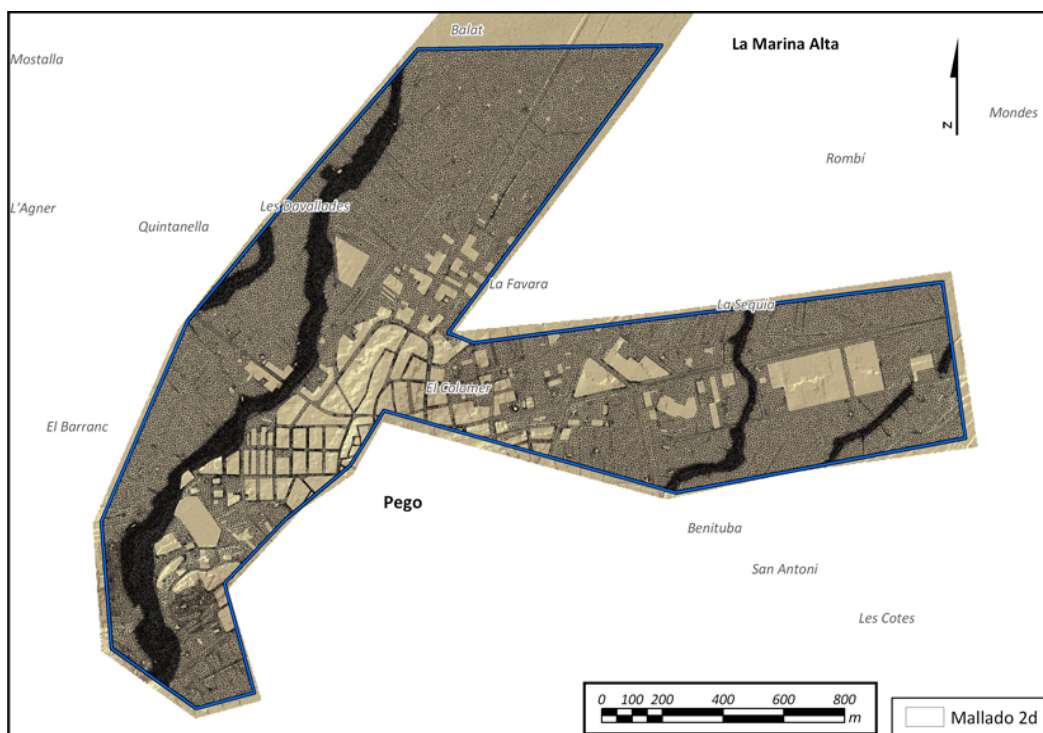


Figura 268: Malla triangular de simulación.

6.12.2.- Estructuras

Se ha modelado el colector del paso inferior del barranco de Rupais en el Polígono Industrial de Pegó por debajo de la calle de Beniganim mediante una

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

estructura unidimensional cuyo funcionamiento se explica en la introducción del presente estudio. Se trata de una estructura compuesta por dos marcos de dimensiones 2 x 2 metros, como se puede observar en la figura a continuación.



Foto 29: Imagen de la entrada al colector

El barranco de Benituba cruza el polígono industrial a través de dos pasos muy similares al paso del barranco de Rupais, es decir dos marcos de 2x2 metros. Estos pasos no han sido modelados para periodos de retorno hasta 50 años, ya que son ampliamente suficientes para desaguar los caudales correspondientes, mientras que para T100 y T500 han sido introducidos en el modelo a través de dos elementos 1D.

6.12.3.- Rugosidad

La rugosidad se define en toda la extensión del modelo partiendo de la información obtenida de los usos del suelo del Corine 2006 adaptándola según la ortofoto de la zona. En la siguiente figura se muestra el polígono de rugosidad seguido de la tabla que define el número de Manning para cada uno de los usos.

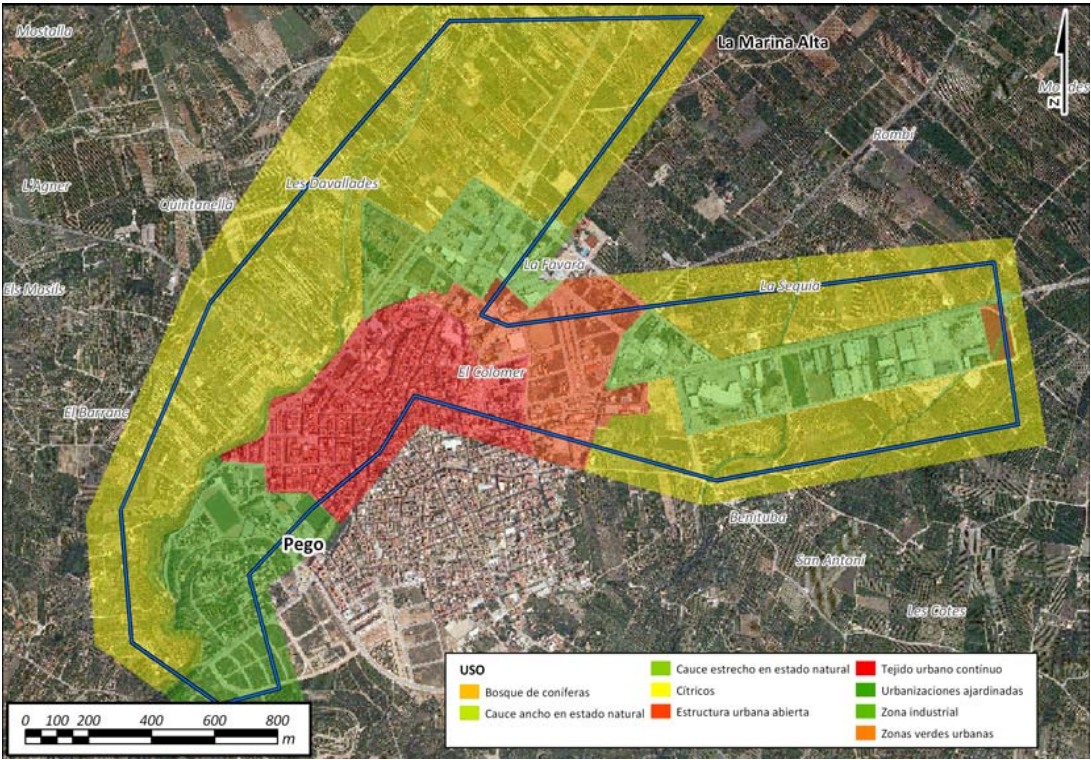


Figura 269: Polígono de rugosidad

Descripción	Rugosidad Máxima
Bosque de coníferas	0.0700
Espacios orófilos altitudinales con vegetación es	0.0250
Estructura urbana abierta	0.0600
Formaciones de matorral denso	0.1000
Frutales en regadío	0.0450
Frutales secano	0.0450
Instalaciones deportivas	0.0250
Mar	0.0020
Marjal	0.0050
Matorral	0.0750
Matorral boscoso de coníferas	0.0850
Campo de golf	0.0280
Playas y dunas	0.0200
Salinas	0.0050
Tejido urbano continuo	0.0600
Urbanizaciones ajardinadas	0.0500
Vegetación de ribera	0.0550
Viñedos en secano	0.0400
Zona de extracción de bridos	0.0250
Zona industrial	0.0600
Zona portuaria	0.0130
Zonas de extracción de áridos	0.0250
Carretera pavimentada	0.0130
Zonas en construcción	0.0250
	0.0280
Cauce ancho en estado natural	0.0250
Cauce estrecho en estado natural	0.0350
Cultivos abandonados	0.0400
Cultivos permanentes en secano	0.0450
Cítricos	0.0450
Encauzamiento artificial	0.0180

Tabla 49: Relación usos del suelo – Coeficiente de Manning.

6.12.4.- Condiciones iniciales y de contorno

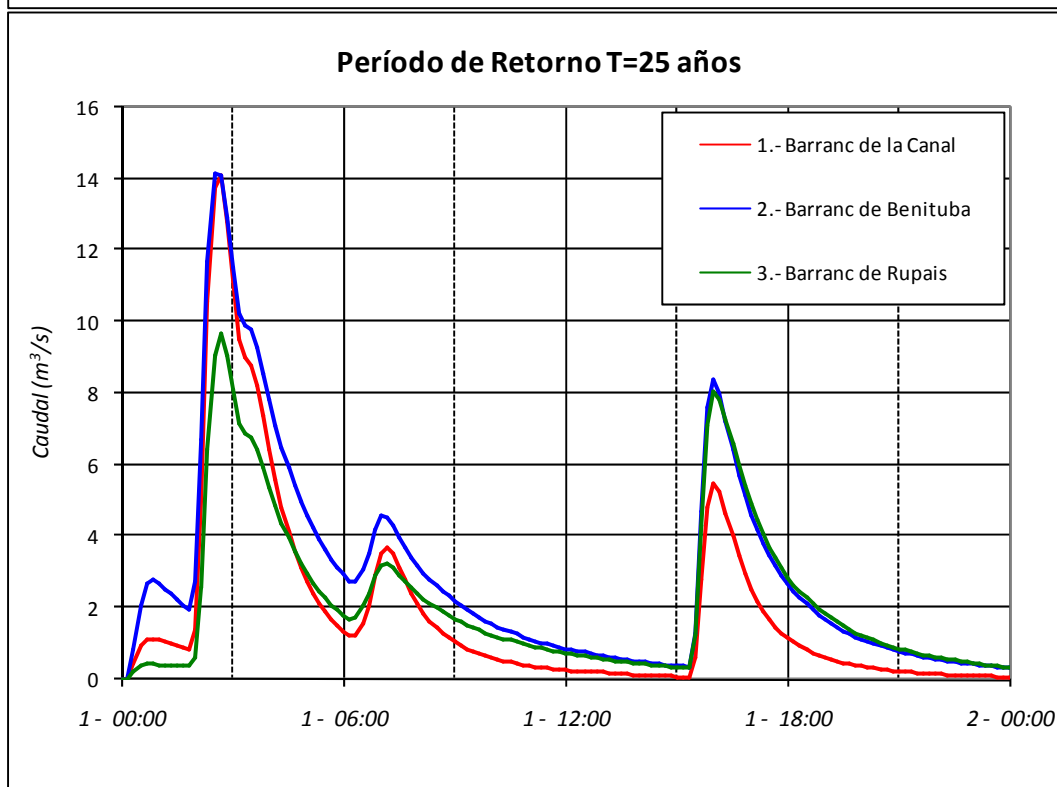
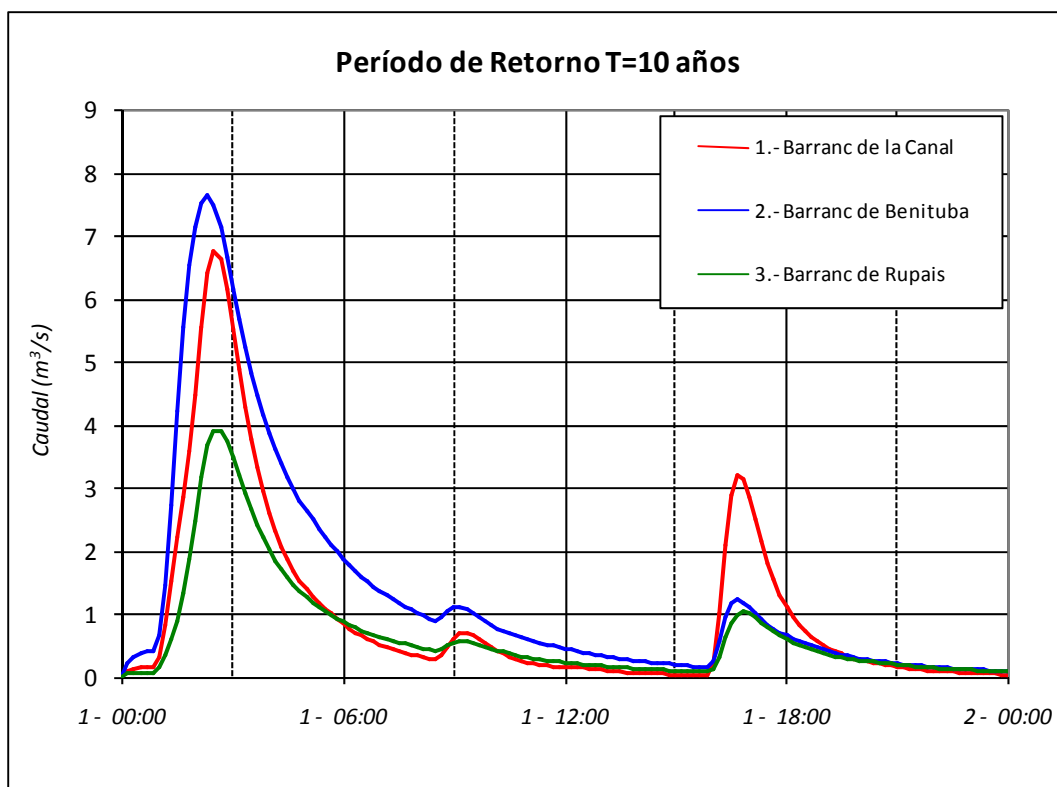
El modelo tiene como entradas los caudales del barranco de la Canal (Pego 01), del Barranc de Benituba (Pego02) y del Barranc de Rupais (Pego03). Se eligen del estudio hidrológico 6 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 (2 episodios) y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.

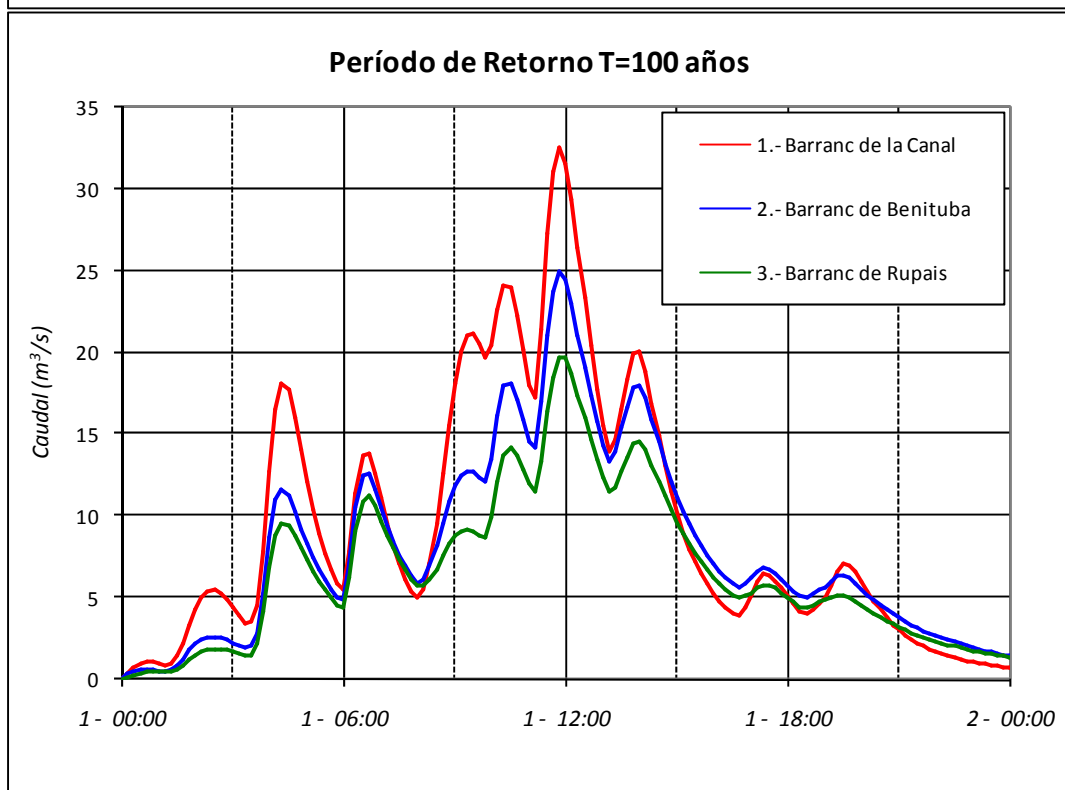
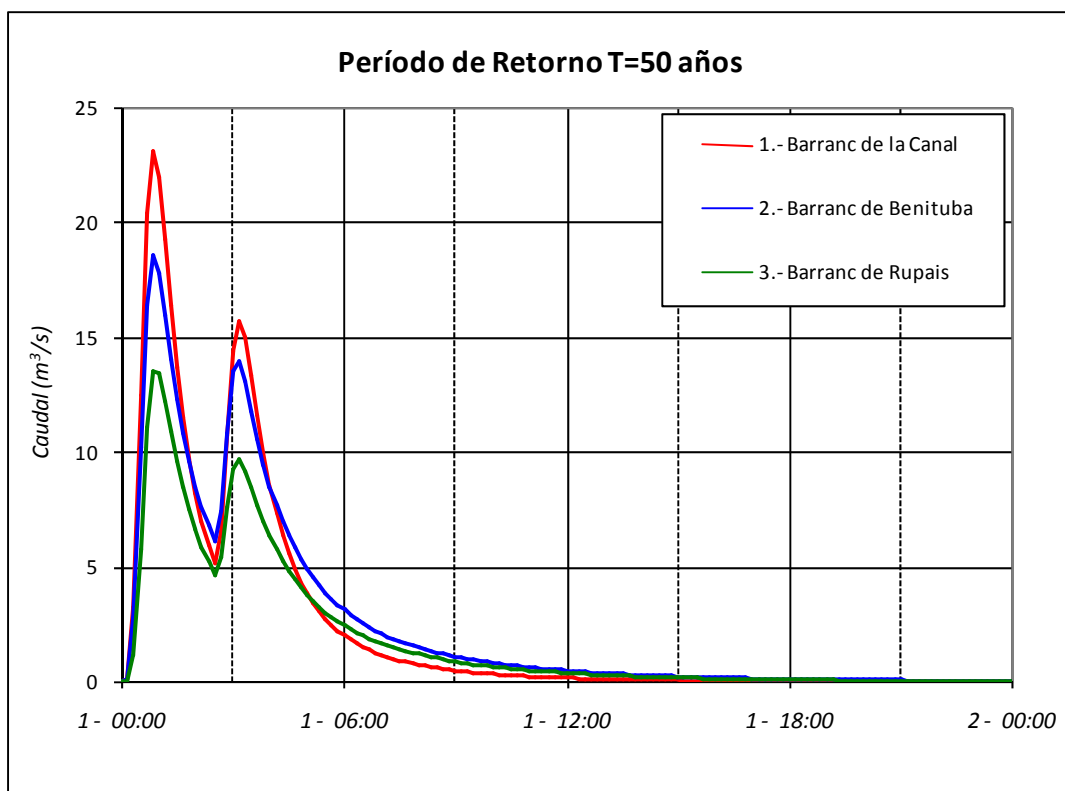


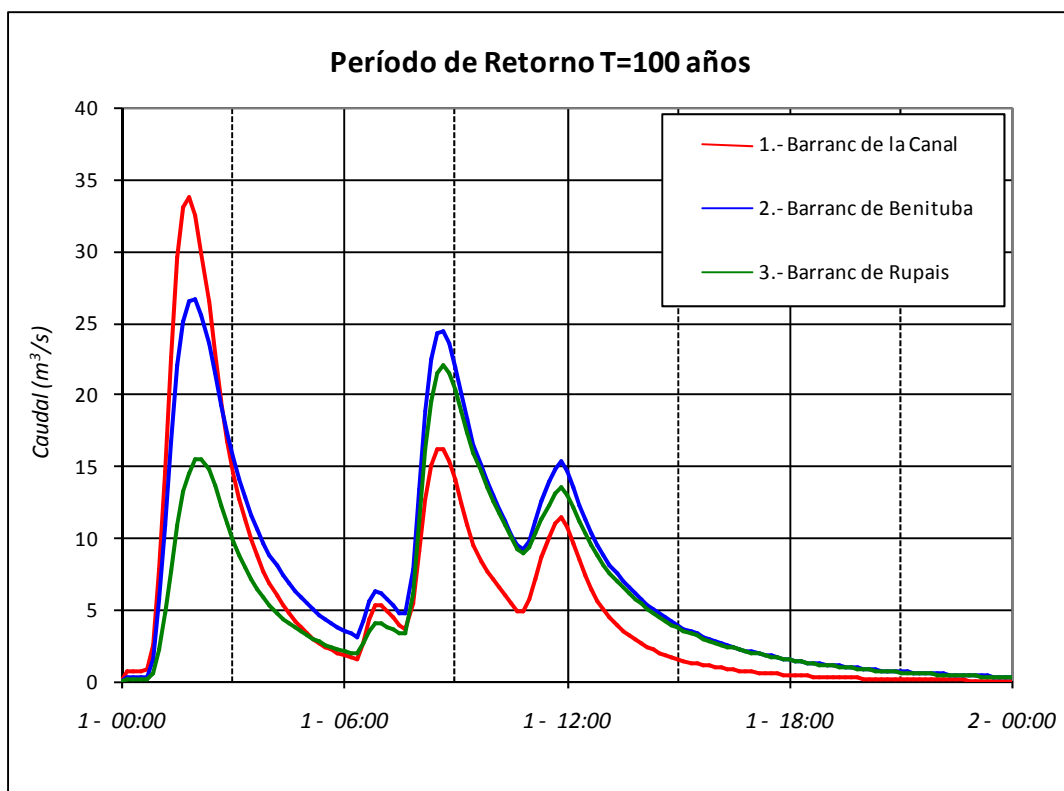
Figura 270: Condiciones de contorno e iniciales

Como condición de contorno en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal, como se ha explicado en la introducción de este estudio.

En las siguientes figuras se muestran los hidrogramas de entrada al modelo utilizados para las seis simulaciones realizadas.







6.12.5.- Resultados

En los siguientes apartados se describirán las simulaciones realizadas para los períodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años.

La capacidad de desagüe del Barranc de la Canal no supera los 25 m³/s, aunque en su paso por el pueblo de Pego la capacidad del cauce es mayor, y puede contener la avenida de 500 años de periodo de retorno ($Q_{max} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$). La capacidad del Barranc de Benituba alcanza los 25 m³/s, lo cual hace esperar que no desborde en ocasión de crecidas con un periodo de retorno inferior a los 100 años. El Barranc de Rupais empieza a desbordar en correspondencia de un caudal de 8 m³/s, que corresponde con un periodo de retorno inferior a 25 años.

En los planos “ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS EN LA ZONA PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE ...” se muestran los calados máximos para las simulaciones realizadas.

6.12.5.1.- T10

Para el período de retorno de 10 años no se observan inundaciones ni desbordamientos en ninguno de los tres cauces considerados, ya que los cursos de agua pueden desaguar los caudales recibidos. En la siguiente figura se pueden observar los calados máximos calculados para este evento.



Figura 271: Simulación del modelo Pego para periodo de retorno T10.

6.12.5.2.- T25

En la siguiente figura se puede observar la envolvente de calados máximos calculados para este evento.



Figura 272: Simulación del modelo Pego para periodo de retorno T25.

Para el período de retorno de 25 años se observa un ligero desbordamiento en la entrada al colector del Polígono Industrial de Pego, con calados de hasta 20 cm en margen derecha del Barranc de Rupais que afectan sobre todo a zonas rurales.

En la siguiente figura se muestra en detalle la zona de desbordamiento; la línea roja indica la sección en la que se han medido los caudales que se muestran a continuación.

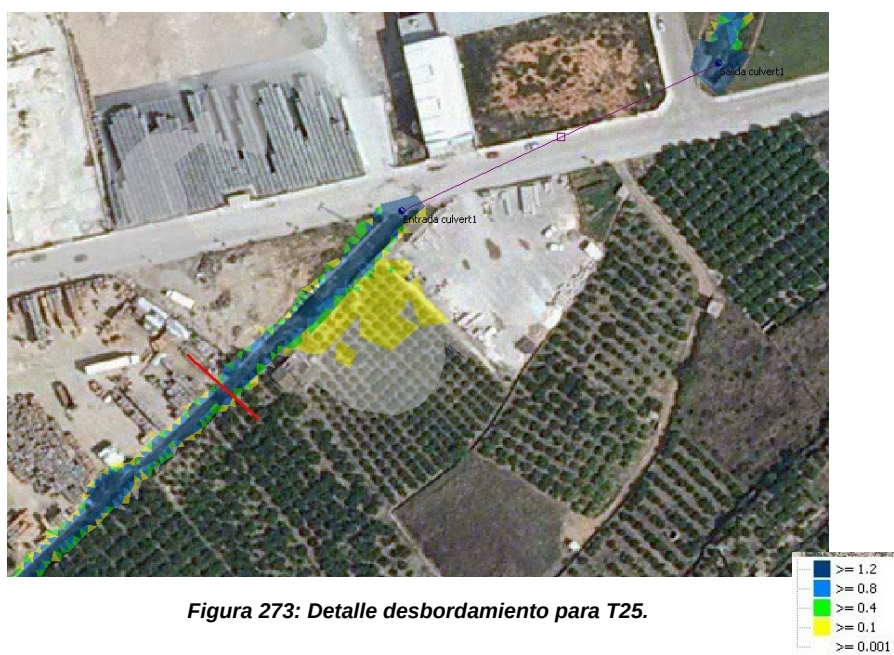


Figura 273: Detalle desbordamiento para T25.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

Seguidamente se muestran los hidrogramas medidos. Se puede observar que los caudales de inicio de desbordamiento en el encauzamiento de la niña no superan los $40 \text{ m}^3/\text{s}$, la capacidad del culvert tampoco supera los $40 \text{ m}^3/\text{s}$ por lo que puede decir que la capacidad de desagüe de los barrancos, sin ocasionar afecciones, es de $80 \text{ m}^3/\text{s}$.

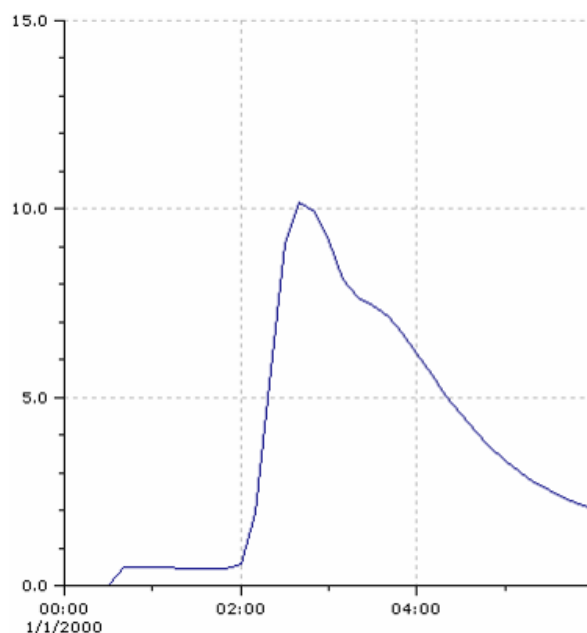


Figura 274: Hidrograma en línea de medida del barranco de Rupais, en m^3/s

6.12.5.3.- T50

Para este período de retorno se observan mayores inundaciones localizadas en el mismo punto de desbordamiento localizado en el apartado anterior, es decir en margen derecha del Barranco de Rupais, justo aguas arriba de la entrada al colector del Polígono Industrial de Pego. Como precisado anteriormente, el caudal de desbordamiento es aproximadamente $8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Además, se aprecia una salida de caudal del mismo barranco 350 m más aguas arriba, que afecta con calados reducidos, del orden de 10 cm, al polígono industrial.



Figura 275: Simulación del modelo Pegu para periodo de retorno T50.

En la siguiente figura se aprecia el desbordamiento descrito anteriormente.



Figura 276: Desbordamiento para T50 en inmediaciones polígono industrial.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

6.12.5.4.- T100

Para 100 años se han simulado dos eventos 3-3-071 (primera imagen) y 1-3-78 (segunda imagen) con caudales picos correspondientes a los 100 años pero con volúmenes diferentes. Esta doble simulación se realiza para comparar y analizar diferentes eventos que correspondan al mismo período de retorno pero que podrían causar inundaciones diferentes. En este caso los resultados son casi idénticos como se puede observar en las siguientes imágenes donde se muestra la envolvente de calados máximos calculados para estos eventos.





Figura 277: Simulación del modelo Pego para dos eventos de periodo de retorno T100.

En la siguiente imagen se puede apreciar la presencia de una pequeña zona de inundación en margen derecha del barranco de la Canal, aguas abajo del poblado de Pego. Los calados de inundación rondan los 20 cm.

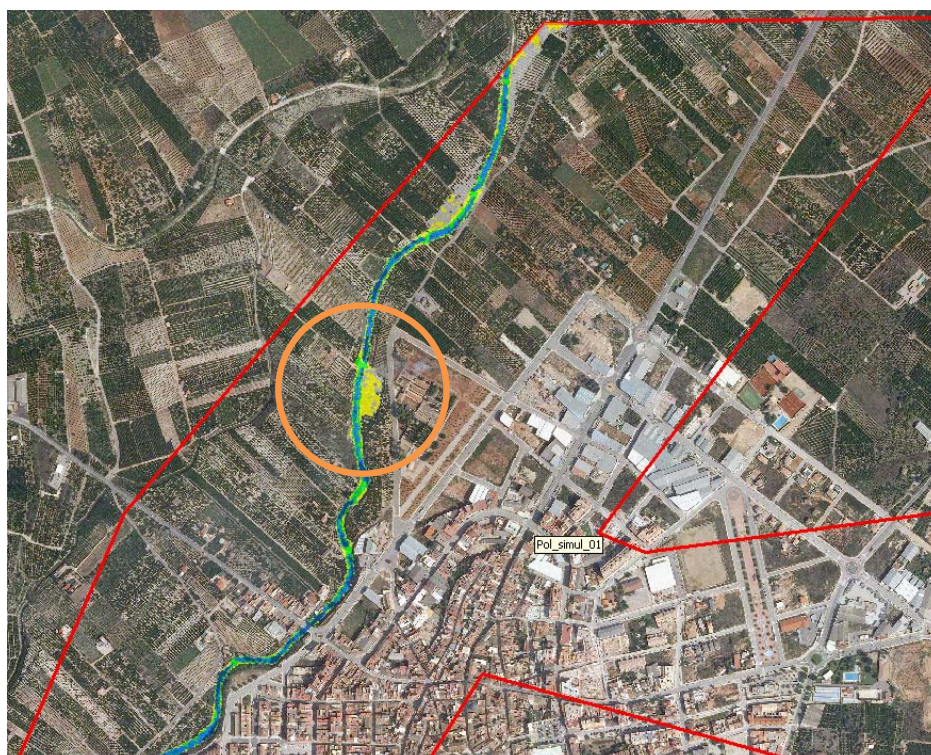


Figura 278: Detalle desbordamientos para T100.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

En ningún punto del centro urbano de Pego se observa desbordamiento.

En la zona del Polígono Industrial de Pego se observa la presencia de desbordamientos; la zona inundada se extiende en gran parte del polígono mismo, desde la calle Bañuels, que divide en dos la zona, hasta el Paseo de los Sequés, situado en la parte oeste del mismo polígono, como se puede apreciar en la siguiente imagen. Los calados son contenidos, del orden de 10 – 20 cm.

En el barranco de Benituba no se observan desbordamientos.



Figura 279: Detalle barranco de Benituba junto al polígono industrial.

6.12.5.5.- T500

Los problemas de desbordamientos para este período de retorno se concentran en las mismas zonas descritas pero con calados superiores. En la siguiente figura se pueden ver los calados máximos en toda la extensión del modelo.



Figura 280: Simulación del modelo Pegu para periodo de retorno T500.

Se observan calados de desbordamiento entre 10 y 30 cm aguas abajo de Pego, causados por el Barranc de la Canal, y entre 10 y 20 en el polígono industrial, provocados por el Barranc de Rupais y el Barranc de Benituba. En concreto, en este último caso, los marcos resultan ser insuficientes para desaguar el caudal correspondiente al periodo de retorno de 500 años, aunque los calados de flujo desbordado que se observan son bastante reducidos.



Figura 281: Detalle zona inundada en polígono industrial para periodo de retorno T500.