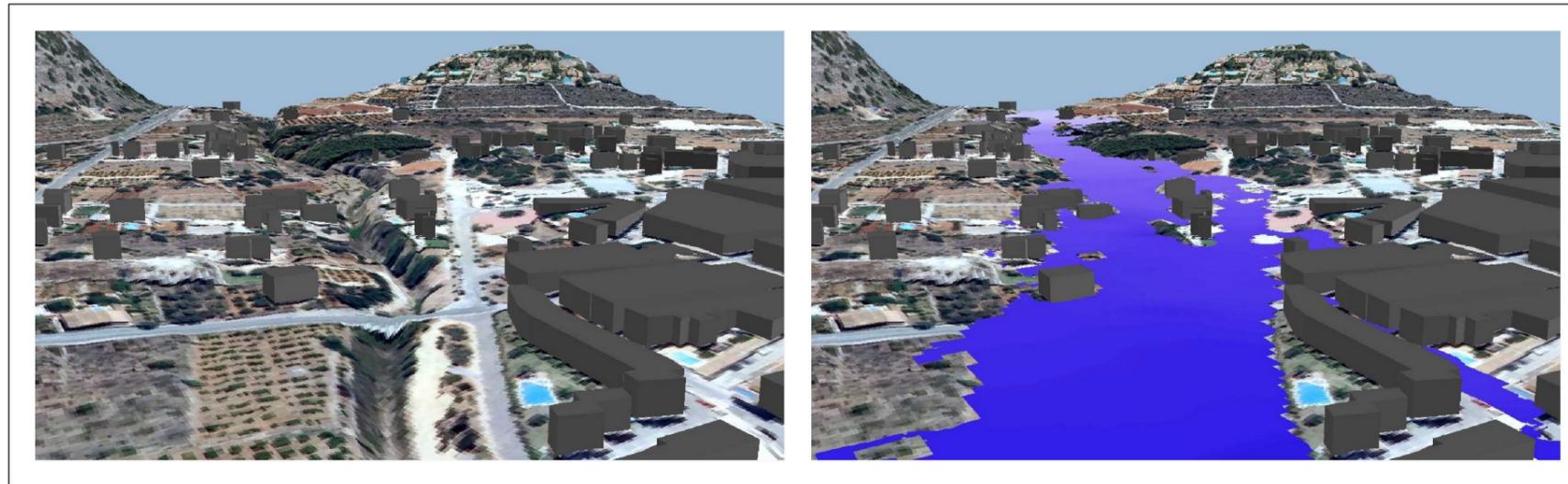


ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR PINARET EN LAXARA, DENIA (ALICANTE)

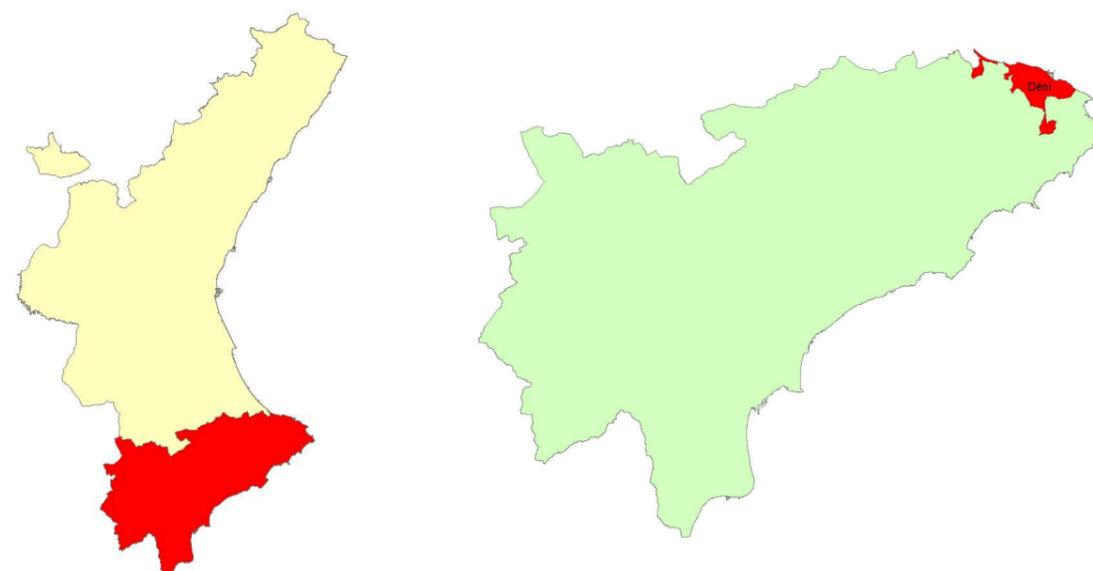


ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO
2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL E INUNDACIONES HISTÓRICAS
3. ESTUDIOS PREVIOS
4. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO
 - 4.1. INTRODUCCIÓN
 - 4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO
 - 4.3. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO
5. ESTUDIO HIDROLÓGICO
 - 5.1. INTRODUCCIÓN
 - 5.2. ESTUDIO PLUVIOMÉTRICO
 - 5.2.1. *Precipitación Máxima de 24 Horas*
 - 5.2.2. *Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (I-D-F)*
 - 5.3. MODELO DE INFILTRACIÓN
 - 5.3.1. *Estimación del Parámetro Umbral de Escorrentía P0. Número de Curva CN*
 - 5.4. MODELO DE TRANSFERENCIA LLUVIA – ESCORRENTÍA
 - 5.5. MODELO DE PROPAGACIÓN HIDROLÓGICA EN CAUCES
 - 5.6. ESQUEMA DEL MODELO HIDROLÓGICO. RESULTADOS
6. CARTOGRAFÍA
 - 6.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO
 - 6.1.1. *Introducción*
 - 6.1.2. *Sistema de Referencia*
 - 6.1.3. *Especificaciones Técnicas del vuelo LiDAR*
 - 6.1.4. *Tratamiento de la Información*
7. ESTUDIO HIDRÁULICO
 - 7.1. INTRODUCCIÓN
 - 7.2. MODELACIÓN BIDIMENSIONAL. MODELO IBER
 - 7.2.1. *Fundamentos Hidráulicos*
 - 7.3. TOPOLOGÍA DEL MODELO
 - 7.4. ESTRUCTURAS
 - 7.5. RUGOSIDAD
 - 7.6. CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO
 - 7.7. RESULTADOS
 - 7.7.1. *Envolventes de calados*
 - 7.7.2. *Niveles de peligrosidad de inundación*
 - 7.7.3. *Zona de flujo preferente*
8. PLANOS
9. CONCLUSIONES

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio de inundabilidad es evaluar el riesgo de inundación, en función del artículo 19 de la normativa del PATRICOVA, en el Sector Pinaret del Plan General Estructural de Denia (actualmente suelo no urbanizable, afectado por riesgo de inundación).



Como marco comparativo del presente estudio, se han analizado estudios anteriores realizados por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), los estudios de inundabilidad realizados por el PATRICOVA, así como el Plan Director de Defensa contra las Avenidas en la Comarca de la Marina Alta (Alicante) realizado por la Confederación Hidrográfica del Júcar. Los planos de inundabilidad de los citados estudios se presentan en el apartado 2 del presente estudio.

El sector situado en La Xara linda con el barranco de El Regatxo, del cual, tanto la Confederación Hidrográfica del Júcar como el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente tan solo aportan estudios hidráulicos de la zona de su desembocadura en la Playa de Les Marines. El PATRICOVA sí aporta sus mapas de Niveles de Peligrosidad de Inundación, en los que puede observarse cómo el ámbito de La Xara está catalogado por este organismo como de peligrosidad geomorfológica.

Es por esto que la elaboración de un plan urbanístico requiere de un estudio hidráulico detallado que defina las condiciones de la zona objeto en relación a su comportamiento contra posibles episodios de lluvia que puedan producir desbordamientos en el barranco de El Regatxo.

En base a la Normativa del PATRICOVA, el Planeamiento Urbanístico que afecte a la ordenación estructural deberá analizar las condiciones de drenaje superficial del territorio, tanto de las aguas caídas en su ámbito de actuación como de las cuencas vertientes que le afecten.

Para ello se deberán analizar las zonas de peligrosidad de inundación, definidas por el PATRICOVA, en seis niveles de peligrosidad, más la peligrosidad geomorfológica:

- Peligrosidad de nivel 1: cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación superior a 0,04 (equivalente a un periodo de retorno inferior a 25 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).
- Peligrosidad de nivel 2: cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación que se encuentra entre 0,04 y 0,01 (equivalente a un periodo de retorno entre 25 y 100 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).
- Peligrosidad de nivel 3: cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación superior a 0,04 (equivalente a un periodo de retorno inferior a 25 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).
- Peligrosidad de nivel 4: cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación que se encuentra entre 0,04 y 0,01 (equivalente a un periodo de retorno entre 25 y 100 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).
- Peligrosidad de nivel 5: cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación que se encuentra entre 0,01 y 0,02 (equivalente a un periodo de retorno entre 100 y 500 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).
- Peligrosidad de nivel 6: cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación que se encuentra entre 0,01 y 0,02 (equivalente a un periodo de retorno entre 100 y 500 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).
- Peligrosidad geomorfológica: en este nivel de peligrosidad de inundación se han identificado diferentes procesos geomorfológicos que, por sus características, actúan como un indicador de la presencia de inundaciones históricas, no necesariamente catalogadas, debiéndose identificar la probabilidad de reactivación de los fenómenos geomorfológicos y, en su caso, los efectos susceptibles de generarse.

El Planeamiento no podrá dar lugar a un incremento significativo del riesgo de inundación en su término municipal o en el de otros municipios potencialmente afectados, considerando como incremento significativo del riesgo de inundación un aumento de calado máximo o de la velocidad de más de un 10% y de más de 10 centímetros para

cualquier periodo de retorno comprendido entre 25 y 500 años, provocado por cualquier nuevo elemento artificial situado en la zona inundable.

Para evaluar las limitaciones impuestas por la legislación vigente a nivel estatal (Art. 9 del RDPH) se ha procedido además a delimitar las zonas de flujo preferente.

Se considerará que un punto pertenece a una zona de flujo preferente cuando cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- Que el calado alcanzado, para precipitaciones de un periodo de retorno de 100 años, sea igual o superior a 1,00 metros.
- Que la velocidad del flujo de agua, para precipitaciones de un periodo de retorno de 100 años, sea igual o superior a 1,00 m/s.
- Que el producto de las dos variables anteriores supere un valor de 0,50.

En la zona de flujo preferente no se permiten nuevas edificaciones, pero sí obras de canalización subterránea y de mejora y protección de infraestructuras ya existentes.

El Plan General Estructural de Dènia contempla crear un ensanche ordenado del núcleo urbano de La Xara, con una superficie de 50.109 m², superficie ésta que se ha reducido a raíz de los resultados del presente estudio de inundabilidad, que se expondrán en apartados posteriores, ya que se trata actualmente de una zona no urbanizable y por tanto no puede estar afectada por ninguno de los niveles de peligrosidad de inundación establecidos por el PATRICOVA.

Entre los objetivos de esta actuación urbanística también está el posibilitar la futura conexión CV-735 y CV-724 mediante una vía central (3 A + 2,5 P + 3,5 C + Andén central ajardinado, no arbolado, de 10 metros no computables como zona verde, + 3,5 C + 2,5 P + 3 A). Además se prevé una rotonda en el encuentro de la vía central con la prolongación de la c/ Camí Morxama, que deberá asumir una conexión directa con la CV-735.

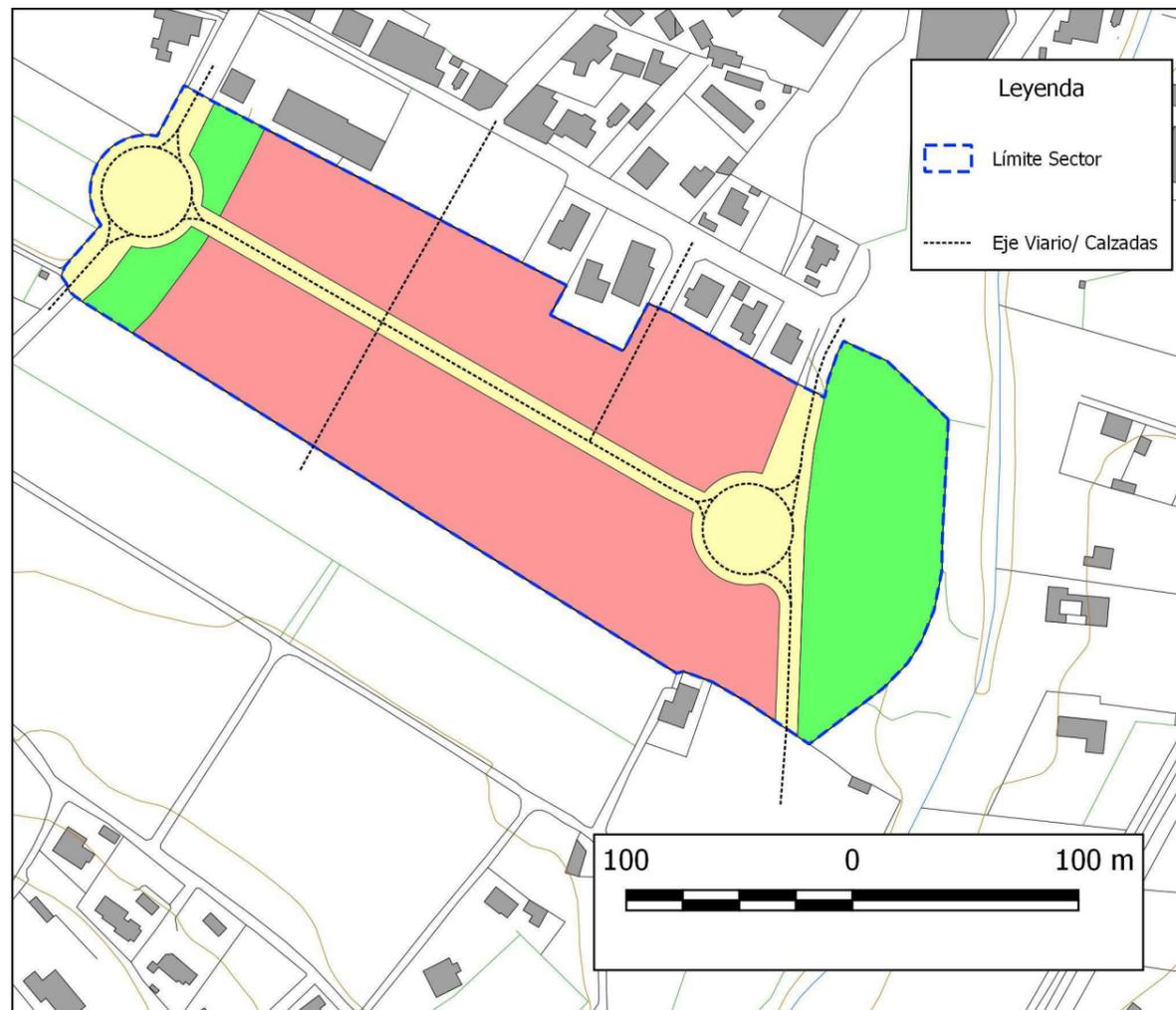
El sector se completará con una zona verde adosada a la zona de protección de la CV-724, con una extensión mínima del 10 % de la superficie del sector.

Para ello, el presente documento estudiará la viabilidad de las citadas actuaciones, considerando las especificaciones del PATRICOVA en relación a los niveles de peligrosidad de inundación y del RDPH en relación a las zonas de flujo preferente e inundabilidad.

Las fases en que se divide el estudio son las siguientes:

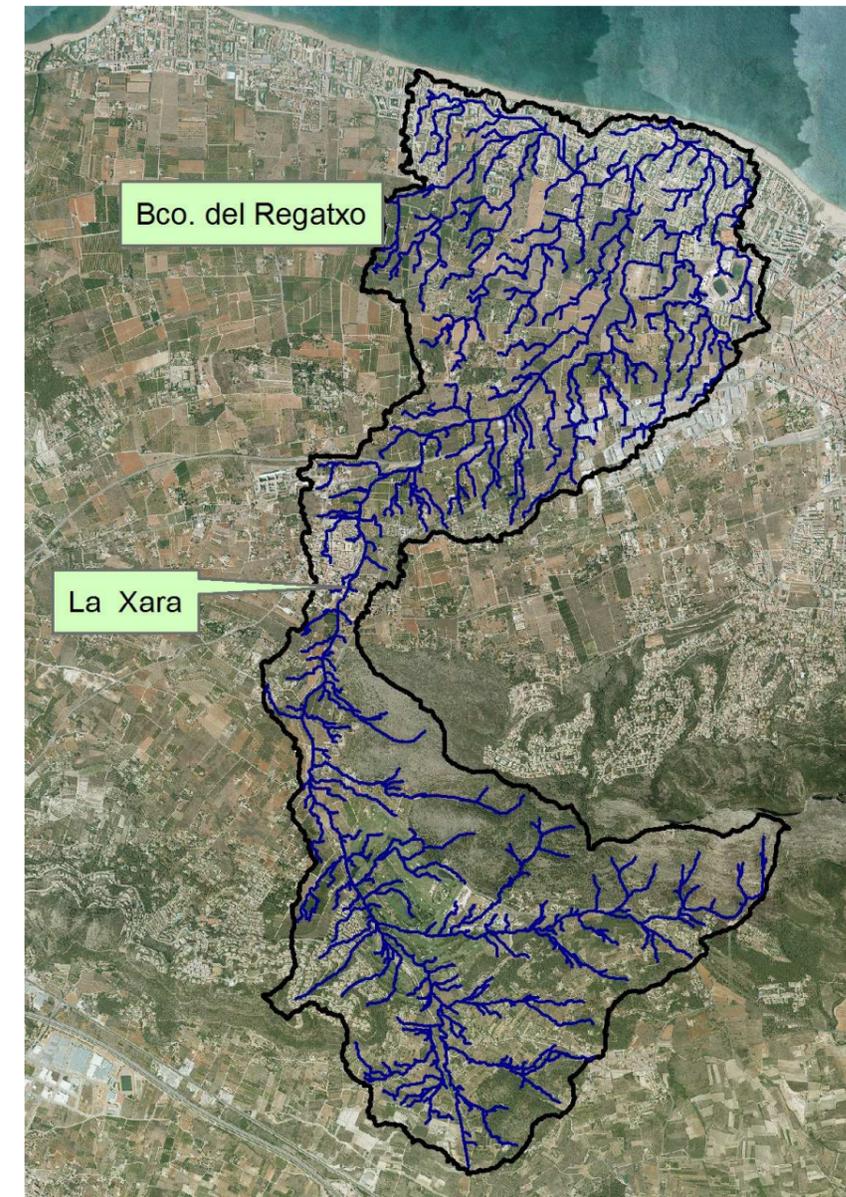
- Estudio geomorfológico, donde se analizan las distintas áreas de estudio en función de los caminos preferentes de flujo, cuencas vertientes, zonas de mayor susceptibilidad a ser inundadas, etc.
- Estudio hidrológico, donde se determinan y analizan las distintas cuencas vertientes a la zona de afección, con el correspondiente estudio pluviométrico, infiltración, transformación lluvia – escorrentía y propagación en cauce de cada una de ellas, con la obtención final de los hidrogramas de entrada al modelo hidráulico.
- Estudio cartográfico – hidráulico, donde se determinan las áreas inundables, caudales en los desagües, volúmenes, calados, etc. En la situación actual y en la futura.

Los resultados de este estudio permitirán conocer el funcionamiento hidráulico del sector y aguas abajo del mismo hasta la desembocadura en el mar. El estudio hidráulico se realizará para la situación actual y para la situación futura que generaría la actuación de estudio.



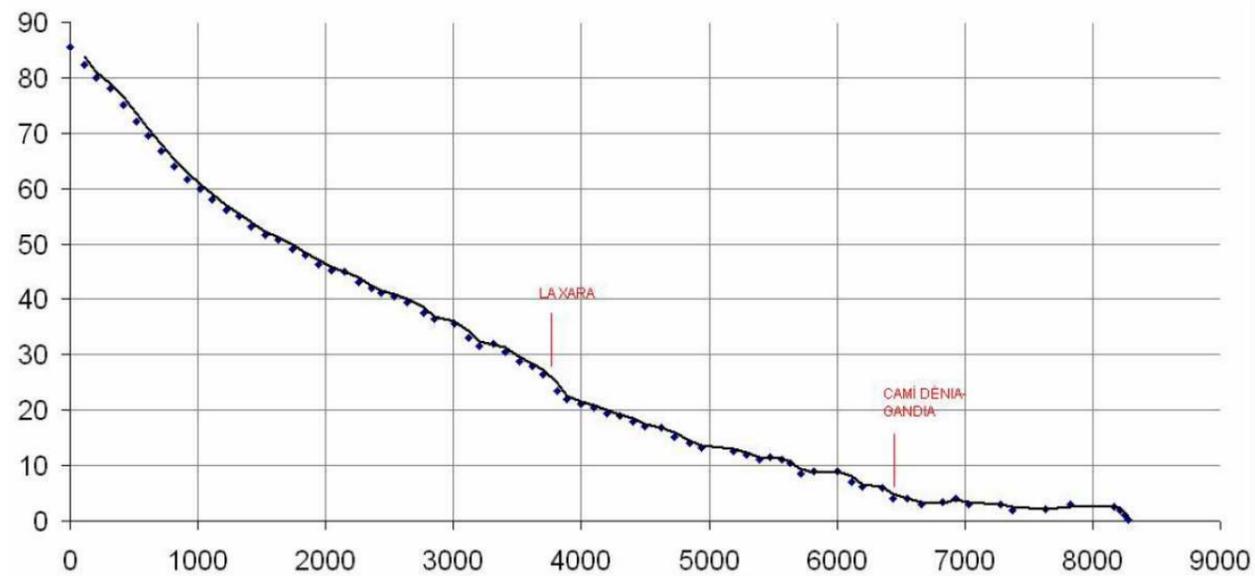
2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL E INUNDACIONES HISTÓRICAS

El sector objeto de estudio se ubica junto al cauce central de la cuenca del barranco de El Regatxo, al oeste del casco urbano histórico de Dènia.

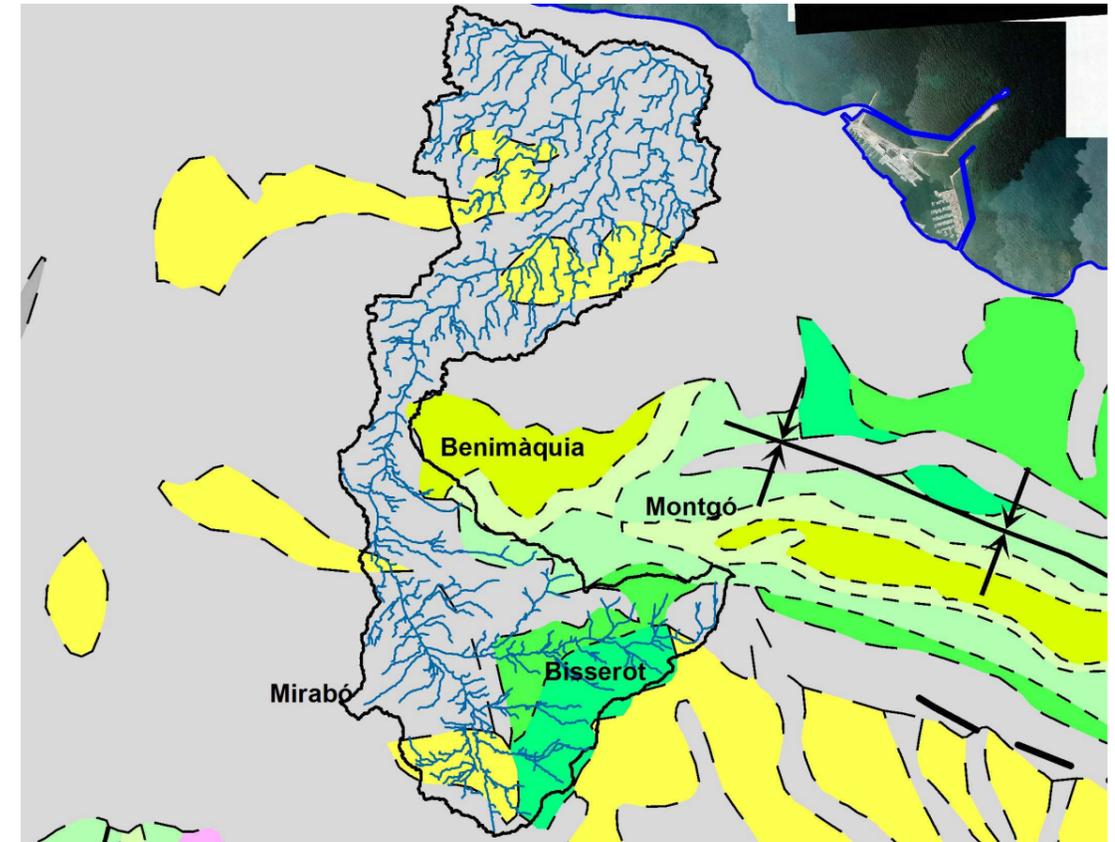


Cuenca del Barranco del Regatxo

Desde un punto de vista geomorfológico, en el barranco de El Regatxo se pueden diferenciar dos ambientes. El primero es un sector estrictamente fluvial, entre la cabecera del barranco (partida del Bisserot) y el antiguo camino de Dènia a Gandia (La Feredat), mientras que el segundo corresponde a la costa de restinga y albufera, en avanzado estado de colmatación e intensamente urbanizada, que se extiende entre Dènia y la cuenca del barranco vecino de l'Alter.



Perfil longitudinal del barranco del Regatxo



Litología en la cuenca del Regatxo

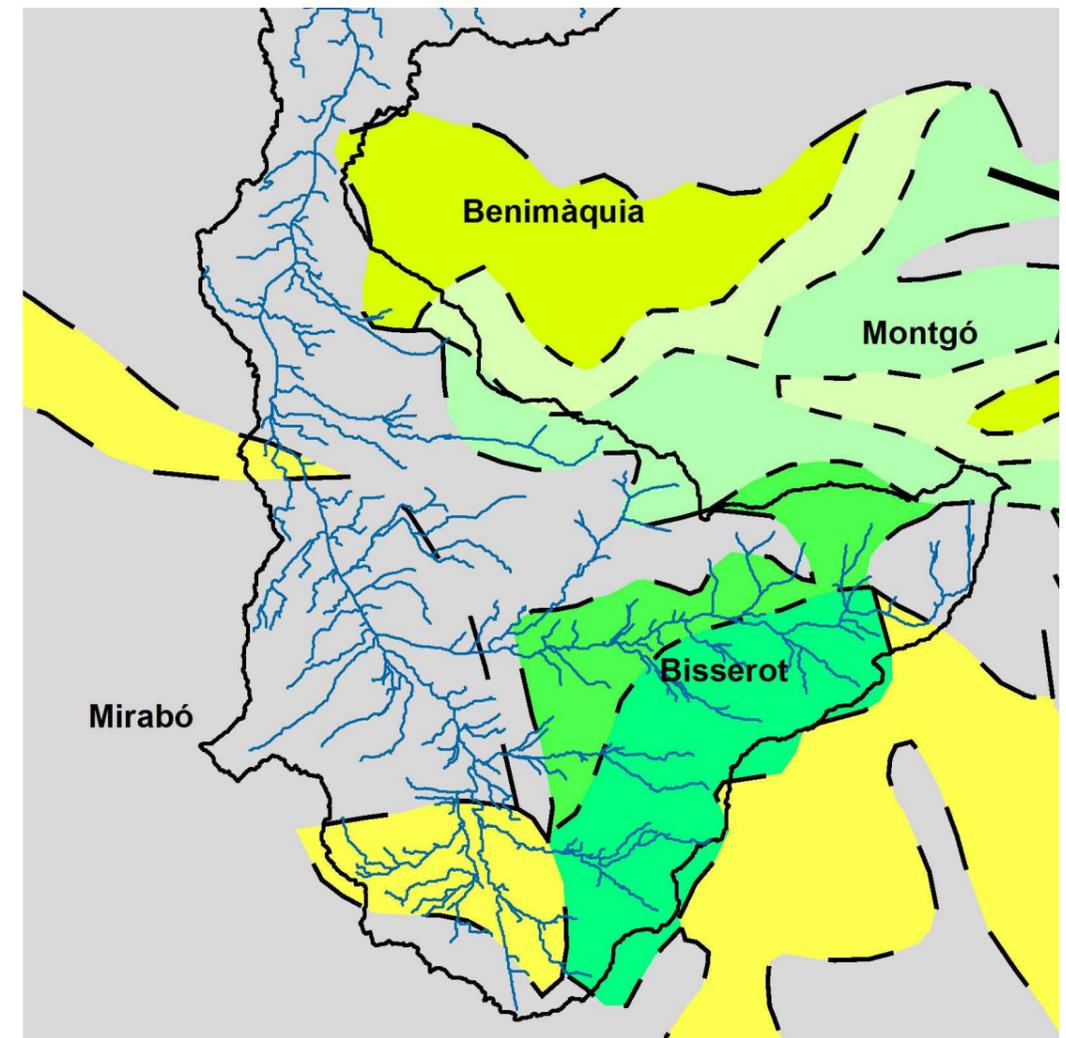
- Calizas y margas con arcillas verdes
- Arenas, lutitas, marga y calizas bioclásticas
- Limos arcillosos, conglomerados, areniscas, calizas y margas lacustres
- Caliza con Toucasia, Orbitolinas, Biomicritas, margas y areniscas
- Calizas y margas, caliza dolomítica y brechas
- Arenas, areniscas, arcillas, margas y calizas bioclásticas
- Playas, dunas, arenas y gravas. Cordón litoral

La cabecera del barranco se emplaza en las partidas del Bisserot y Mirabó, en el macizo suroccidental del Montgó. Se trata de dos pequeñas depresiones drenadas por sendos cauces que hoy en día confluyen en las instalaciones del Golf La Sella. El primero es un valle flanqueado por los relieves calcáreos del Montgó y el Bisserot, al pie del cual aparecen depósitos aluviales y coluviales de arcillas, gravas y cantos angulosos y cuyo fondo lo ocupan cultivos de regadío y algunas edificaciones dispersas. La sección del cauce presenta un

progresivo encajamiento, que alcanza un máximo a la salida de esta pequeña depresión. Es probablemente el sector en el que las condiciones naturales del cauce han sido menos alteradas.

Por su parte, desde los relieves calcáreos del Mirabó y el Tossal dels Molins, y las margas del Montroig, desciende una suave rampa cuyo fondo aparece también relleno de arcillas y cantos angulosos, pese a que en este caso, la pendiente es mucho menor y el cauce es prácticamente inexistente o, al menos, resulta difícil reconocer el tálveg entre la red de caminos, los campos de cultivo y la vía del ferrocarril.

La confluencia de estas dos subcuencas se sitúa en las instalaciones del Golf La Sella, donde se han modificado las condiciones de drenaje. Por un lado, el cauce que desciende del Bisserot, pese a sus nueve metros de anchura y tres de profundidad, es sustituido por una conducción subterránea que atraviesa parte de las instalaciones deportivas, para emerger como canal de drenaje de cuatro metros de ancho. En segundo lugar, las construcciones cercanas al golf ocupan casi por completo un cono sobre el que se dispersan los flujos de un pequeño barranco que desciende del Montgó. Por último, el drenaje de la partida del Mirabó se efectúa mediante un canal artificial que confluye con el de Bisserot a la salida del campo de golf.



Litología en la cabecera de la cuenca, aguas arriba de La Xara

- Calizas y margas con arcillas verdes
- Arenas, lutitas, marga y calizas bioclásticas
- Limos arcillosos, conglomerados, areniscas, calizas y margas lacustres
- Caliza con Toucasia, Orbitolinas, Biomicritas, margas y areniscas
- Calizas y margas, caliza dolomítica y brechas
- Arenas, areniscas, arcillas, margas y calizas bioclásticas
- Playas, dunas, arenas y gravas. Cordón litoral

El cauce como tal desaparece en dicho punto y discurre sobre un camino asfaltado durante unos 400 metros, en paralelo a la vía férrea Alicante – Dènia, hasta que una acequia recoge los aportes, para encajarse posteriormente entre los cultivos. En el paso inferior del ferrocarril, sobre un lecho de gravas, cantos y arcilas, recupera el ancho de 8 metros y se incorpora al glacis del llano de Dènia, a lo largo del cual va incrementando su sección. En este sector, anterior a La Xara, el glacis presenta retazos de una costra calcárea, desmantelada en las zonas cultivadas, pero que se observa perfectamente en la margen izquierda del barranco.

A la altura de La Xara, la proximidad del Puntal de Benimàquia y los resaltes miocenos próximos establecen un umbral topográfico que obliga al barranco a encajarse más de 7 metros sobre el nivel del glacis. El ancho natural del cauce no ha sido respetado en este sector, y se observa una intensa ocupación que comprende cultivos abancalados en el interior del cauce, caminos de acceso a viviendas diseminadas, instalaciones pecuarias o zonas ajardinadas de reciente construcción. Incluso el puente de acceso a la carretera provincial La Xara – Jesús Pobre no respeta el ancho del cauce.

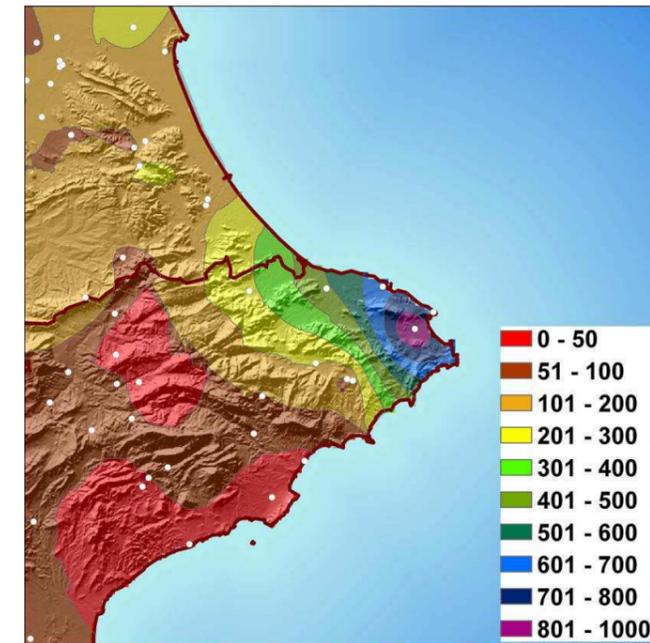
2.1. INUNDACIONES HISTÓRICAS

No se dispone de datos de inundaciones en el ámbito de La Xara concretamente, pero si existe una amplia bibliografía que hace referencia a inundaciones históricas en la comarca y de las que se puede hacer una extrapolación con nuestra zona de estudio en cuanto a intensidades de lluvias torrenciales.

Los siguientes episodios de inundación están extraídos del Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas:

- 30 de septiembre de 1919: Crecida del río Girona, que afectó especialmente a Beniarbeig, donde las aguas socavaron los cimientos de algunas casas al alcanzar el río los 5 metros de altura, y también causó daños importantes en Vergel y Els Poblets.
- Noviembre de 1941: Desbordamiento del río Girona, afectando a varios municipios.
- 2 y 3 de octubre de 1957: Es el episodio más importante conocido con registros oficiales de 878 mm en 24 horas, además de superarse los 400 mm en otros puntos como el observatorio de Cap de Sant Antoni. En este episodio, el río Gorgos desbordó en su tramo final, inundando la vega hasta la misma playa del arenal. La avenida arrastró infinidad de casas del pueblo, de dentro y fuera del casco de Xàbia, destruyó rebaños completos, unas 200 hectáreas de tierras cultivadas, parte del poblado marítimo de Aduanas del Mar, etc. El río Gorgos se desbordó anegando centenares de hectáreas de tierras de cultivo, cubriendo las aguas los propios frutales. Miles de árboles fueron arrancados de cuajo por la riada. Rebaños enteros de ganado lanar y cabrío perecieron al verse inundados en los corrales. En Dènia hubo una víctima mortal y numerosos hogares destruidos, la zona más afectada

fue El Saladar, donde las aguas llegaron a sobrepasar los 2 metros de altura y más de 1 metro en el interior de las casas.



Precipitación acumulada en octubre de 1957

- 27 de octubre de 1958: El barranco de El Riactol inundó la partida de El Saladar, donde el agua cubrió grandes zonas. Las aguas desbordadas alcanzaron 80 centímetros de altura en la calle Patricio Ferrándiz, quedando incomunicada Dènia con Les Marines.
- 28 y 29 de octubre de 1985: Corta la carretera de Gata de Gorgos a Xàbia. Seis personas perdieron la vida por el arrastre de sus vehículos en este sector. En Xàbia se desbordó el Gorgos y sus afluentes, inundando su casco antiguo, así como la zona costera de El Arenal, donde el agua alcanzó más de medio metro de altura, quedando convertida esta zona en un aguazal. Sin embargo, los daños materiales de mayor consideración se produjeron en las viviendas próximas a las torrenteras que descienden por las laderas del Montgó. El barranco de La Barranquera (l'Hedra) se desbordó en el cruce de la carretera que conduce al núcleo urbano, arrastrando dos vehículos y causando la muerte a tres personas. Fueron anegadas extensas áreas de El Saladar y El Arenal.
- 15 de noviembre de 1985: en este episodio se temió que la pequeña presa de Isbert pudiera derrumbarse, algo que finalmente no ocurrió. Vuelve a inundarse la zona de El Saladar de Dènia.
- 3 al 10 de octubre de 1987: las lluvias afectaron a numerosos municipios de las cuencas del río Gorgos como, Xaló, Llíber, Gata de Gorgos y Xàbia y también del río Girona. En Dènia, donde la

inundación en la partida de El Saladar alcanza metro y medio en comercios y sótanos del Paseo del Saladar y la calle Patricio Ferrándiz, quedaron incomunicadas la carretera de Les Rotes y la carretera de Les Marines. Se une el efecto del temporal de levante que rompió el canal de desagüe.

- Octubre de 1988: desbordamientos y grandes destrozos en la carretera de Xàbia a Gata de Gorgos.
- 3 a 10 de septiembre de 1989: Xaló, gata de Gorgos, Xàbia, Ondara y Dènia sufrieron los mayores daños.
- 4 de octubre de 1991: en Dènia se inunda la plaza Archiduque Carlos y las carreteras de Les Marines y Les Rotes.
- 20 de agosto de 1995: En Dènia, se inunda el Paseo del Saladar, la Plaza del Archiduque Carlos y la de Jaume I y la calle Patricio Ferrándiz.
- 10 de diciembre de 1995: Vuelven a inundarse el Paseo del Saladar, la Plaza del Archiduque y las calles Patricio Ferrándiz y Sagunto. Cayeron 138 litros/m² en Dènia.
- 8 a 12 de septiembre de 1996: la zona más afectada fue la cuenca baja del río Girona. En Dènia hubo un fallecido por las inundaciones.
- 29 de septiembre a 1 de octubre de 1997: las lluvias torrenciales afectan sobre todo a Benissa, Calpe, Orba y Pego, donde se registra una víctima mortal.
- Diciembre de 1997: desbordamiento del río Gorgos en Xàbia.
- 2 de diciembre de 1998: Desbordamiento del Gorgos.
- 2 y 3 de abril de 2002: Se corta la carretera de Les Planes a Xàbia. El río Gorgos se desborda en Xaló y en el Pont del Llavador en Xàbia, junto a la desaladora.
- 12 y 13 de octubre de 2007: se sobrepasaron los 400 mm de precipitación en varios puntos (Els Poblets, El Verger y Beniarbeig) y causaron la mayor crecida documentada del río Girona. Como consecuencia, el río Girona se desbordó en las citadas localidades y en la zona de Les Marines de Dènia, alcanzando niveles superiores a los de las anteriores inundaciones. Se contabilizaron unos 1.200 inmuebles inundados (la mayoría casas particulares), 1.500 vehículos dañados, decenas de kilómetros de caminos rurales, carreteras locales y tramos de paso marítimo destrozados., así como dotaciones municipales, centros de salud y cívicos anegados. Se registró una víctima mortal en El Vergel.

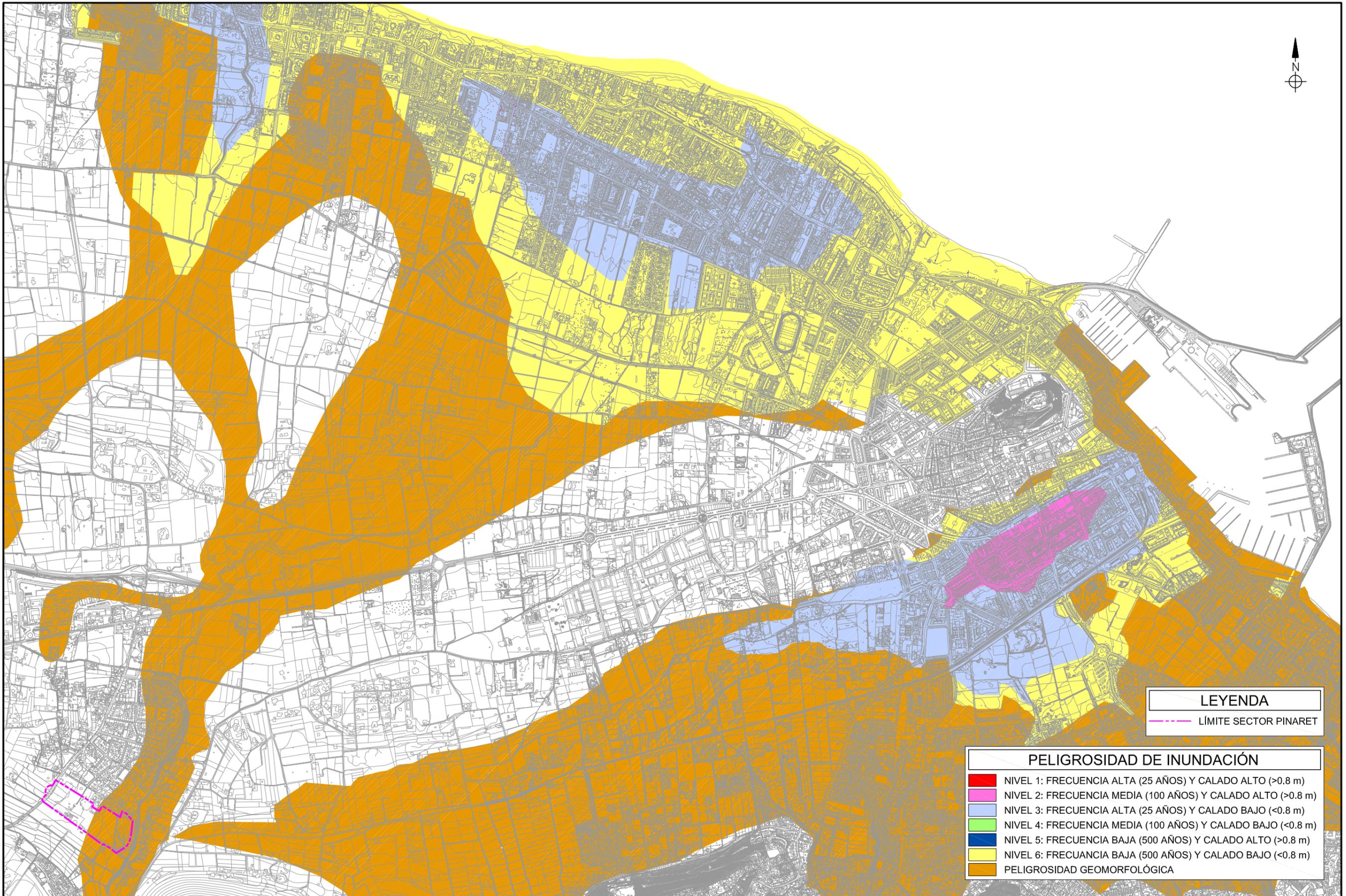
3. ESTUDIOS PREVIOS

Con objeto de tener un marco comparativo entre los resultados obtenidos en este estudio y otros que sirvan de referencia, se incluyen en este apartado los planos de inundación de distintos estudios realizados con anterioridad.

Se ha consultado el “Plan Director de Defensa contra las Avenidas en la Comarca de la Marina Alta”, elaborado por la Confederación Hidrográfica del Júcar, y las “Zonas Inundables Asociadas a Diferentes Periodos de Retorno” del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Ambos trabajos exponen un estudio hidráulico del barranco del Regatxo, pero únicamente en la zona de su desembocadura, por lo que no aportan resultados significativos aguas arriba del ámbito estudiado.

Por su parte, el PATRICOVA (Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana) sí que aporta datos en la zona de estudio, en su plano de “Zonificación de Peligrosidad de Inundación”, en el que cataloga la zona de La Xara como de peligrosidad geomorfológica.

Se exponen por tanto a continuación los planos de Zonificación de Peligrosidad de Inundación publicados en el PATRICOVA.

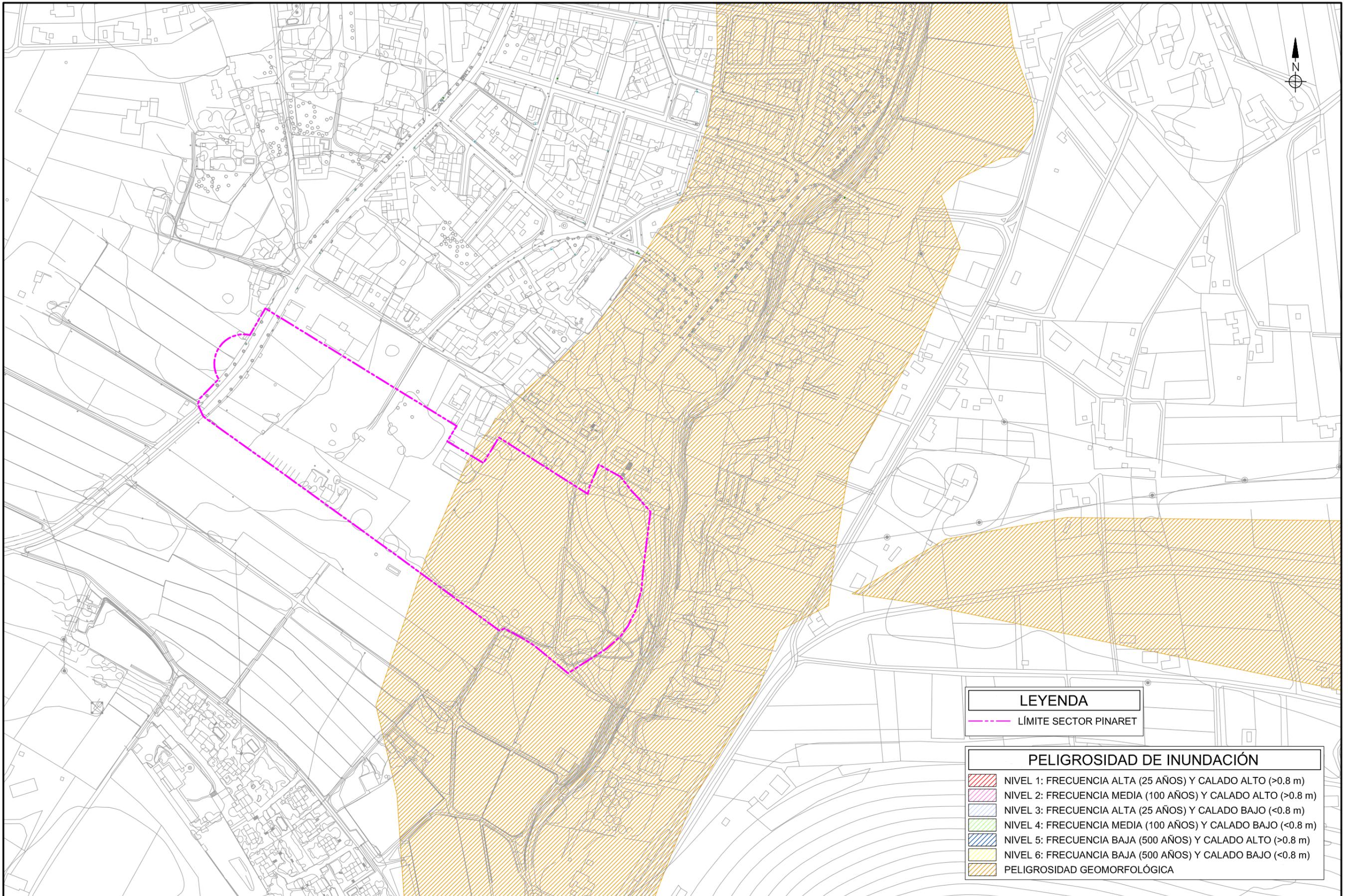


LEYENDA

--- LÍMITE SECTOR PINARET

PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN

- NIVEL 1: FRECUENCIA ALTA (25 AÑOS) Y CALADO ALTO (>0.8 m)
- NIVEL 2: FRECUENCIA MEDIA (100 AÑOS) Y CALADO ALTO (>0.8 m)
- NIVEL 3: FRECUENCIA ALTA (25 AÑOS) Y CALADO BAJO (<0.8 m)
- NIVEL 4: FRECUENCIA MEDIA (100 AÑOS) Y CALADO BAJO (<0.8 m)
- NIVEL 5: FRECUENCIA BAJA (500 AÑOS) Y CALADO ALTO (>0.8 m)
- NIVEL 6: FRECUENCIA BAJA (500 AÑOS) Y CALADO BAJO (<0.8 m)
- PELIGROSIDAD GEOMORFOLÓGICA



LEYENDA
 - - - - - LÍMITE SECTOR PINARET

PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN	
	NIVEL 1: FRECUENCIA ALTA (25 AÑOS) Y CALADO ALTO (>0.8 m)
	NIVEL 2: FRECUENCIA MEDIA (100 AÑOS) Y CALADO ALTO (>0.8 m)
	NIVEL 3: FRECUENCIA ALTA (25 AÑOS) Y CALADO BAJO (<0.8 m)
	NIVEL 4: FRECUENCIA MEDIA (100 AÑOS) Y CALADO BAJO (<0.8 m)
	NIVEL 5: FRECUENCIA BAJA (500 AÑOS) Y CALADO ALTO (>0.8 m)
	NIVEL 6: FRECUENCIA BAJA (500 AÑOS) Y CALADO BAJO (<0.8 m)
	PELIGROSIDAD GEOMORFOLÓGICA

4. ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

4.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de un estudio geomorfológico es la representación de la configuración de los caminos de drenaje naturales que siguen los flujos desbordados en el área de estudio. Dichos caminos se obtienen a partir de un análisis exhaustivo del terreno, mediante técnicas de análisis espacial, empleando metodologías propias de los Sistemas de Información Geográfica.

El área de estudio no se limita únicamente a la superficie de actuación del sector, sino que se amplía incluyendo aquellas áreas que geomorfológicamente estén relacionadas.

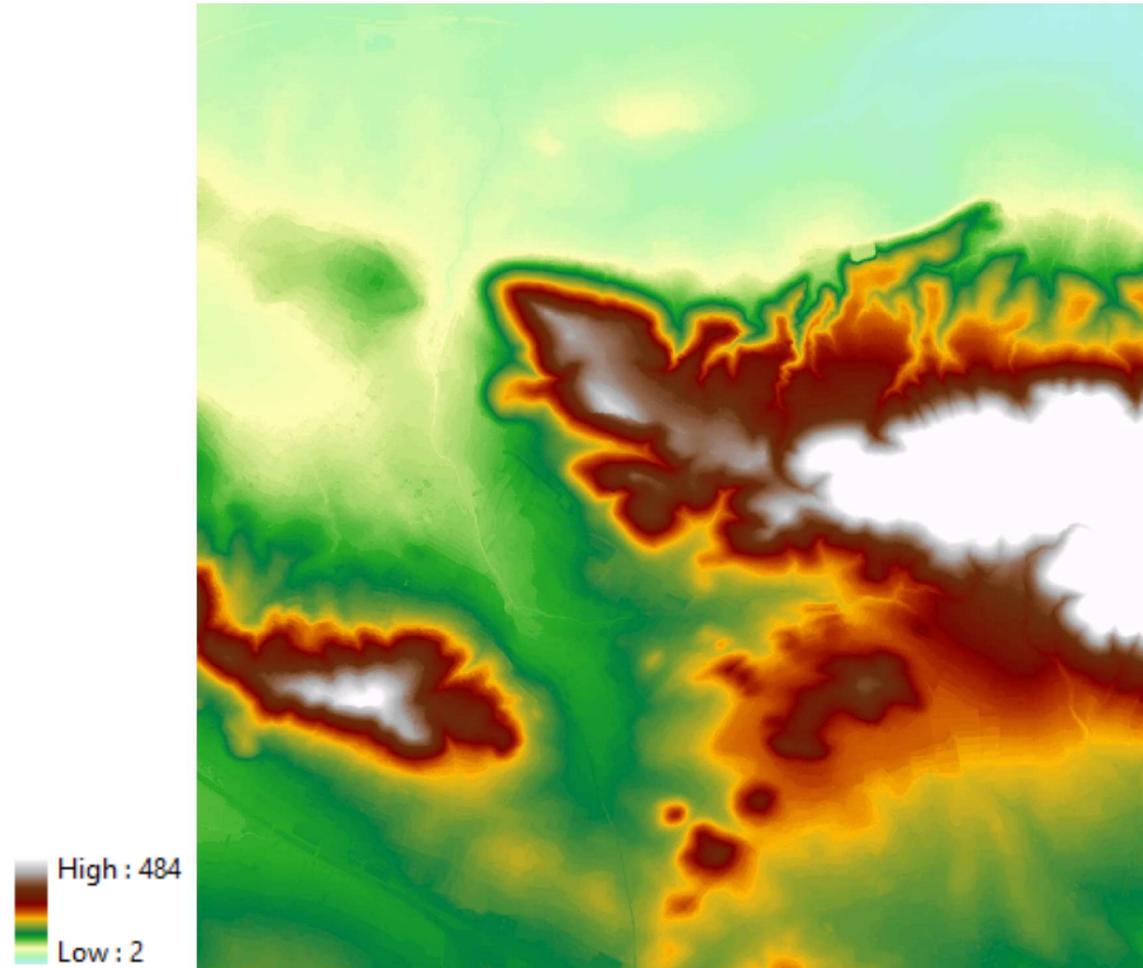
La red de drenaje del barranco del Regatxo, aguas arriba del punto de estudio en las inmediaciones de La Xara, discurre por una zona estrictamente fluvial, que recoge el flujo de agua de varias depresiones provenientes del Montgó y de las partidas del Mirabó y del Bisserot. El recorrido del agua está encauzado, si bien se ve afectado por la aparición de campos de cultivo aterrizados y por canales artificiales que van variando su sección a lo largo del recorrido.

4.2. ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

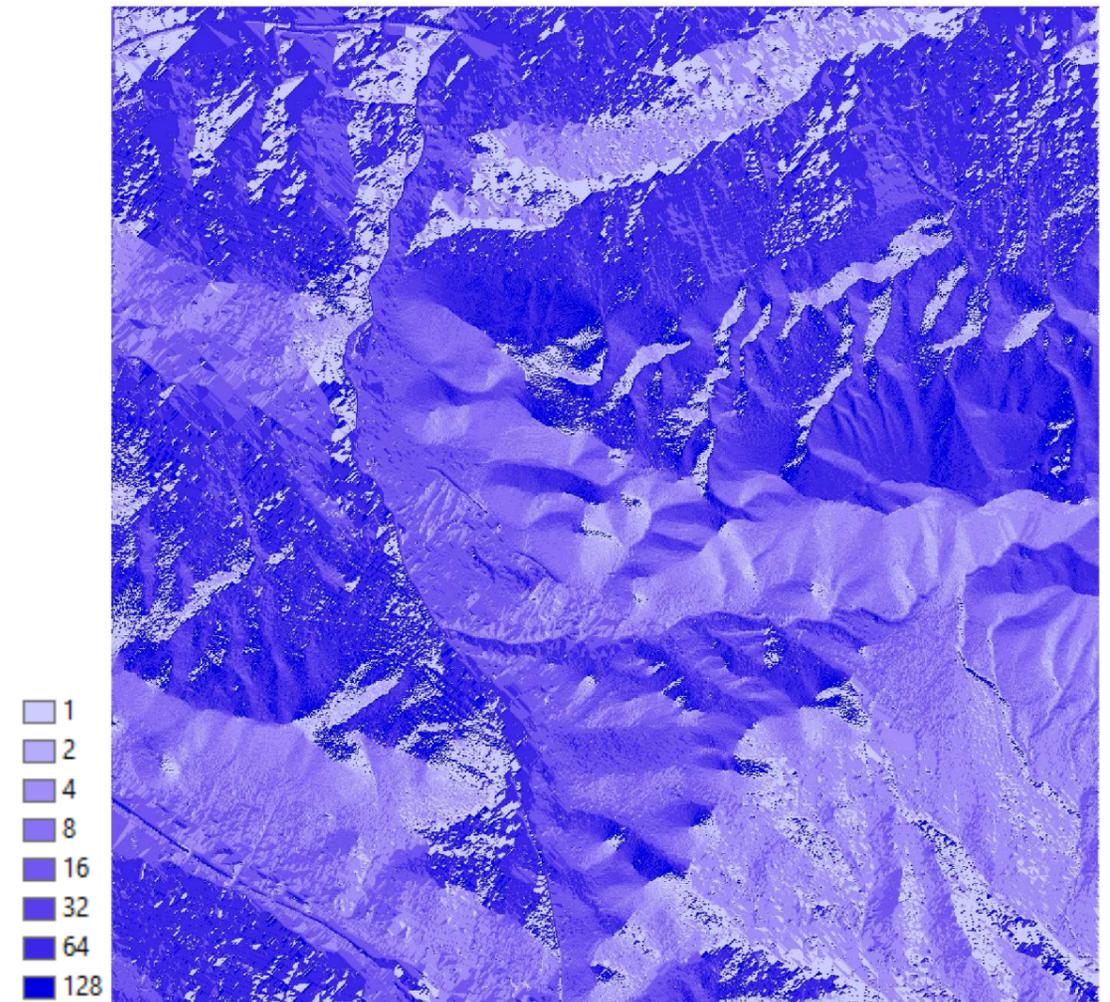
La primera fase del estudio geomorfológico consiste en generar el Modelo Digital del Terreno adecuado sobre el que se calcularán parámetros tales como direcciones de drenaje, celdas drenantes acumuladas, pendientes..., para ello se ha hecho uso de un modelo de elevación digital del terreno con una resolución espacial (tamaño de celdas) de 5x5 m².

Dirección de flujo:

Se calcula para cada celda la dirección con mayor gradiente descendente del terreno. De esta manera, se obtendrá la dirección con mayor gradiente en cada celda y por tanto el campo dirección de un supuesto flujo de agua sobre cada una de las celdas del MDT.



Modelo Digital del Terreno (MDT) en formato ráster

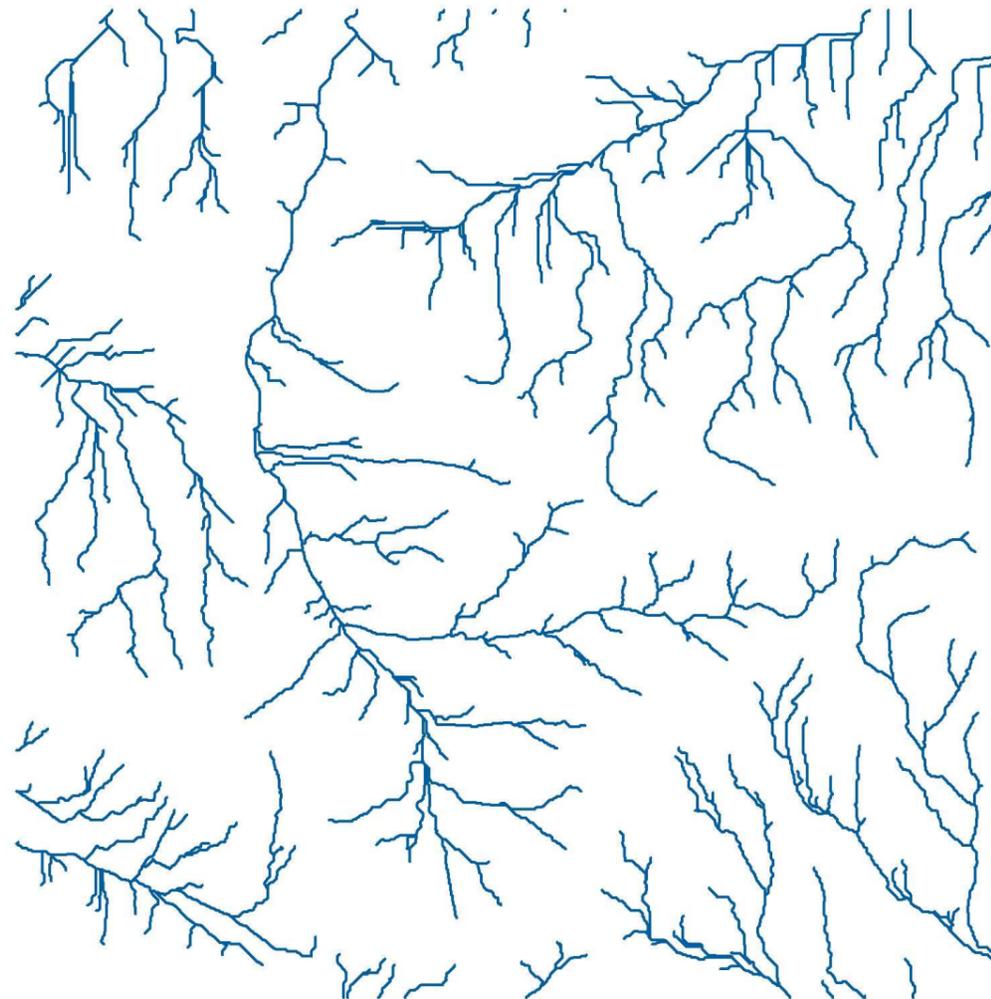


Mapa de direcciones de drenaje en formato ráster

Celdas drenantes acumuladas de flujo y red de drenaje:

Con el mapa de celdas drenantes acumuladas se obtiene fácilmente la red de drenaje. Basta con definir el número de celdas acumuladas a partir del cual se considera que comienza el flujo en canal y termina el flujo en ladera.

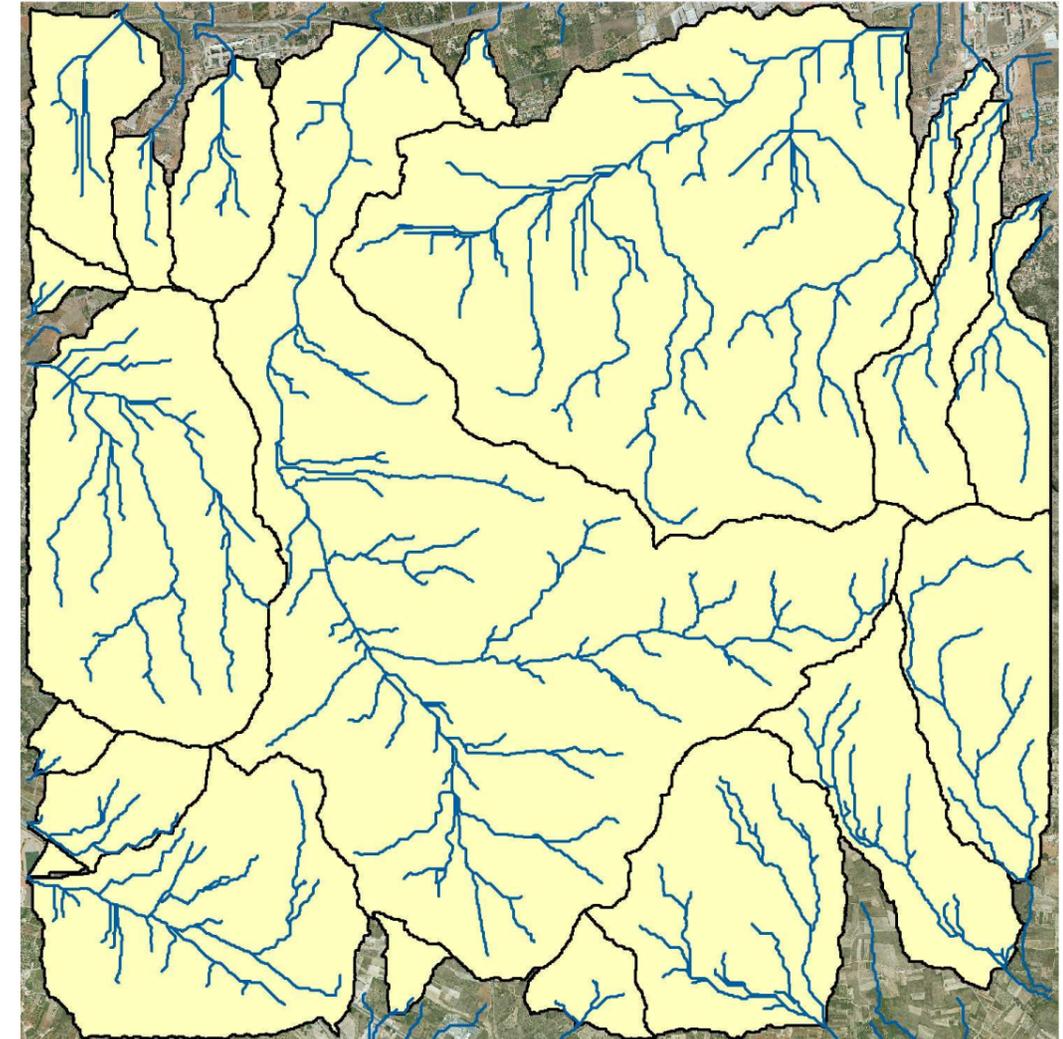
Para cada celda, se calcula el número de celdas que están situadas aguas arriba y drenan a ella. Conocida el área de cada celda se obtiene fácilmente el área drenante de cada una.



Mapa de la red de drenaje

Delimitación de las cuencas:

Para una óptima modelización hidrológica, resulta necesario en la caracterización geomorfológica subdividirla en subcuencas con características físicas y parámetros homogéneos.



Identificación de las diferentes cuencas en el área de estudio

Una vez discretizadas las distintas cuencas, podemos ver qué área es la que va a drenar en nuestro punto de estudio, de entrada a La Xara.

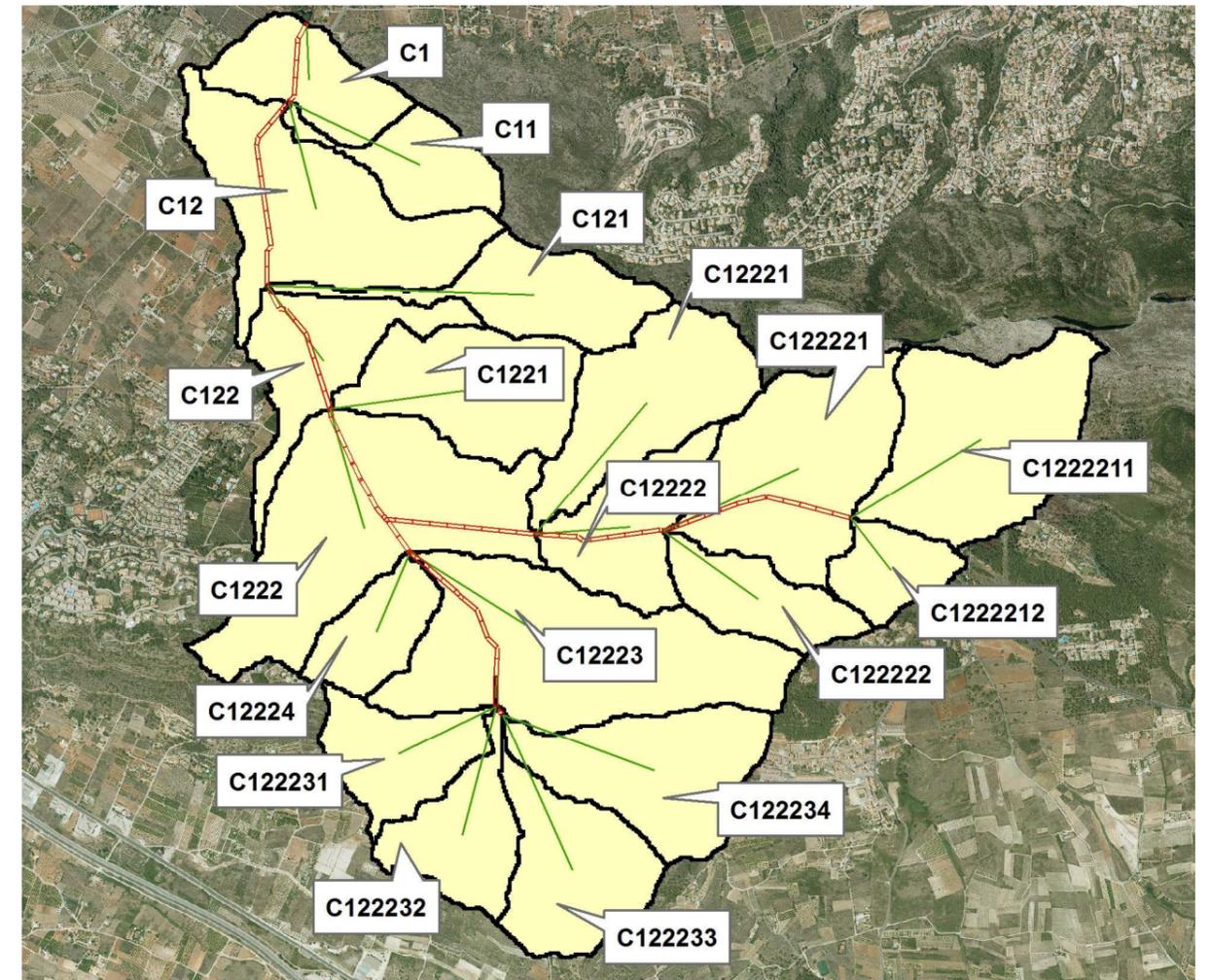


Area de la cuenca de aportación en el punto de estudio

La cuenca que afecta al área de estudio es la del barranco del Regatxo, por lo que serán únicamente sus subcuencas las que se analizarán posteriormente en el estudio hidrológico de la zona.

Parámetros e Índices Geomorfológicos:

La cuenca principal del barranco se ha subdividido en diferentes subcuencas para modelizar de una manera más precisa el comportamiento de la escorrentía superficial a lo largo de éstas. Cada una de las subcuencas obtenidas es homogénea en cuanto a forma y características físicas, para discretizar de manera más exacta los parámetros que a continuación se describen:



Esquema de Subcuencas del Barranco de Santa Paula

Las características geomorfológicas principales de cada una de las subcuencas, así como de cada uno de los tramos de transporte en cauce, son las siguientes:

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR PINARET EN LA XARA, DENIA (ALICANTE)

T734E6_C

CUENCA	SUPERFICIE (KM2)	LONGITUD (m)	LONGITUD FLUJO DIFUSO	VELOCIDAD FLUJO DIFUSO	LONGITUD CAUCE (m)	COTA SUP CAUCE (m)	COTA INF CAUCE (m)	PENDIENTE CAUCE (m/m)
C1222211	0.4733	1633	200	0.2	1433	451.00	99.00	0.2156
C1222212	0.1266	576	200	0.2	376	132.00	99.00	0.0573
C122221	0.4644	1446	200	0.2	1246	362.00	76.00	0.1978
C122222	0.1738	990	200	0.2	790	174.00	76.00	0.0990
C122231	0.2045	1209	200	0.2	1009	164.00	62.00	0.0844
C122232	0.2018	1014	200	0.2	814	91.00	63.00	0.0276
C122233	0.2905	1261	200	0.2	1061	154.00	63.00	0.0722
C122234	0.3464	1340	200	0.2	1140	157.00	63.00	0.0701
C12221	0.3490	1472	200	0.2	1272	216.00	64.00	0.1032
C12222	0.2373	1121	200	0.2	921	186.00	63.00	0.1098
C12223	0.6534	1791	200	0.2	1591	151.00	55.00	0.0536
C12224	0.1501	853	200	0.2	653	163.00	55.00	0.1266
C1221	0.3307	1262	200	0.2	1062	169.00	47.00	0.0967
C1222	0.6427	1577	200	0.2	1377	238.00	46.00	0.1218
C121	0.2463	1716	200	0.2	1516	188.00	40.00	0.0862
C122	0.2487	1196	200	0.2	996	116.00	40.00	0.0636
C11	0.1655	1134	200	0.2	934	207.00	34.00	0.1526
C12	0.4986	1773	200	0.2	1573	214.00	30.00	0.1038
C1	0.2011	939	200	0.2	739	183.00	27.00	0.1661

CUENCA	SUPERFICIE (KM2)	Tc FLUJO DIFUSO (h)	Tc FLUJO DIFUSO (min)	Tc SEGÚN KIRPICH (h)	Tc CAUCE (min)	Tc CUENCA (min)	Trp CUENCA (min)	CELERIDAD DE LA ONDA (m/s)
C1222211	0.4733	0.278	16.667	0.157	9.428	26.095	15.7	1.738
C1222212	0.1266	0.278	16.667	0.093	5.605	22.272	13.4	0.718
C122221	0.4644	0.278	16.667	0.146	8.751	25.418	15.3	1.580
C122222	0.1738	0.278	16.667	0.134	8.047	24.713	14.8	1.113
C122231	0.2045	0.278	16.667	0.172	10.327	26.994	16.2	1.244
C122232	0.2018	0.278	16.667	0.224	13.454	30.121	18.1	0.935
C122233	0.2905	0.278	16.667	0.190	11.399	28.066	16.8	1.248
C122234	0.3464	0.278	16.667	0.203	12.185	28.852	17.3	1.290
C12221	0.3490	0.278	16.667	0.190	11.427	28.093	16.9	1.456
C12222	0.2373	0.278	16.667	0.145	8.699	25.365	15.2	1.227
C12223	0.6534	0.278	16.667	0.291	17.470	34.137	20.5	1.457
C12224	0.1501	0.278	16.667	0.105	6.324	22.990	13.8	1.031
C1221	0.3307	0.278	16.667	0.170	10.194	26.860	16.1	1.305
C1222	0.6427	0.278	16.667	0.190	11.394	28.061	16.8	1.561
C121	0.2463	0.278	16.667	0.234	14.017	30.684	18.4	1.554
C122	0.2487	0.278	16.667	0.190	11.404	28.071	16.8	1.183
C11	0.1655	0.278	16.667	0.129	7.746	24.413	14.6	1.290
C12	0.4986	0.278	16.667	0.224	13.424	30.091	18.1	1.636
C1	0.2011	0.278	16.667	0.104	6.266	22.932	13.8	1.138

TRAMO	LONGITUD (m)	COTA SUP CAUCE (m)	COTA INF CAUCE (m)	PENDIENTE CAUCE (m/m)	Trp (min)
R1	337	30.00	27.00	0.0089	7.5
R2	807	41.00	30.00	0.0136	17.9
R3	575	47.00	41.00	0.0104	12.8
R4	502	52.00	47.00	0.0100	11.2
R5	603	64.00	52.00	0.0199	13.4
R6	543	77.00	64.00	0.0239	12.1
R7	799	99.00	77.00	0.0275	17.8
R8	158	55.00	52.00	0.0190	3.5
R9	761	63.00	55.00	0.0105	16.9

Donde:

- Tc Flujo Difuso (h): tiempo de viaje del flujo en la parte alta de la cuenca, de mayor pendiente y menor lámina de agua, donde no se alcanza el flujo concentrado.

$$Tc = \frac{L_{FlujoDifuso}}{V_{FlujoDifuso}}$$

- Tc (Kirpich) (h): Tiempo de viaje del flujo en la zona aguas abajo del cauce :

$$Tc(Kirpich)(h) = 0,066 \cdot \left(\frac{L_{Cauce}(km)}{J^{0,5}} \right)^{0,77}$$

- Tc (cuenca): suma de los dos tiempos de viaje anteriores
- Trp: $Trp = 0,6 \cdot Tc(cuenca)$
- Celeridad de la onda (m/s): $C(m/s) = \frac{L_{Total}(m)}{Trp(s)}$

A partir de estos datos geométricos, se calculan los siguientes parámetros propios de las subcuencas y cauces, y necesarios para el posterior análisis hidrológico:



4.3. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

Del análisis geomorfológico se desprenden las siguientes conclusiones:

- El sector Pinaret, en La Xara, se encuentra afectado fundamentalmente por el cauce del Barranco del Regatxo y por sus tributarios que descienden tanto desde las faldas del Montgó, como desde las partidas de Bisserot y Mirabó, así como de Benimàquia.
- La zona de estudio se ubica en un terreno con una pendiente media y con una red de drenaje sensiblemente definida, por lo que generará un flujo encauzado procedente de las escorrentías producidas por un evento de precipitación.
- Para poder modelizar de forma óptima la escorrentía, dado que cabe la posibilidad de desbordamientos y, por tanto, de la aparición de llanuras de inundación, será necesario utilizar un modelo hidráulico acoplado unidimensional/bidimensional.
- La cuenca del Barranco del Regatxo podrá ser modelada con un modelo hidrológico convencional que tenga en cuenta los procesos de transformación lluvia – escorrentía y propagación en canal.

5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.1. INTRODUCCIÓN

Como paso previo a la modelización hidráulica, es necesario conocer los hidrogramas de entrada al modelo, obteniendo éstos a partir del estudio hidrológico de las cuencas vertientes a la zona de interés.

Para la modelización hidrológica se ha utilizado el modelo semidistribuido y conceptual HEC-HMS.

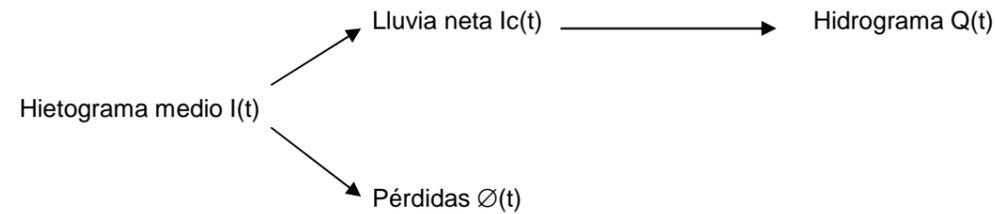
El modelo HEC-HMS 4.2.1 (Hydrologic Center – Hydrologic Modelling System) es un producto de libre distribución creado por el U.S. Army Corps of Engineers (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos), en concreto del Corps Civils Works Hydrologic Engineering Research and Development Program, que pertenece a la nueva generación de programas informáticos para la simulación de procesos lluvia – escorrentía.

HEC-HMS es un avance tanto a nivel informático como hidrológico respecto a su modelo predecesor. Dispone de herramientas para el almacenamiento y manipulación de datos y para la creación de gráficos y tablas de resultados. Está diseñado para aplicarse en un amplio rango de problemas hidrológicos, desde el estudio de la avenida de diseño producida por un río con una gran cuenca hasta el estudio de la escorrentía en pequeñas cuencas urbanas o naturales. El modelo simula la escorrentía superficial producida por la precipitación representando la cuenca como un sistema interconectado de elementos hidrológicos, como subcuencas, tramos de río o embalses.

HEC-HMS proporciona las siguientes opciones para la simulación de los procesos lluvia – escorrentía:

- Diversos métodos para la simulación del proceso de infiltración.
- Modelos agregados y pseudo - distribuidos para la transformación de la lluvia neta en el hidrograma de salida de cada subcuenca.
- Modelado de la fusión de nieve.
- Diversos métodos hidrológicos de propagación de hidrogramas en cauce.
- Diversos métodos para la simulación del flujo base.
- La posibilidad de incluir embalses de laminación si existieran.
- Un potente sistema de optimización de parámetros si se dispone de datos meteorológicos y de hidrogramas observados.

El esquema conceptual empleado para modelar el proceso de transformación de las tormentas de cálculo en los caudales o hidrogramas de crecida es el siguiente:



Este esquema de cálculo permite obtener la función de caudales $Q(t)$ en el punto de control o de desagüe de la cuenca en función del pluviograma de precipitación media sobre la cuenca. De este modo obtendremos la modelización del hidrograma de escorrentía directa. Conforme a este esquema, el proceso de generación de caudal puede sintetizarse a través de las dos operaciones de transformación señaladas. Las funciones utilizadas son las siguientes:

- $I(t)$ = Intensidad de precipitación media sobre la cuenca en el instante t .
- $Ic(t)$ = Intensidad neta de precipitación, contribuyente a la formación de escorrentía directa.
- $\emptyset(t)$ = Tasa instantánea de pérdidas o cantidades de agua por unidad de tiempo y área que no pasan a formar parte de la escorrentía superficial.
- $Q(t)$ = Caudal en el punto de desagüe en el instante t .

La operación de transformación del hietograma medio en lluvia neta se realiza mediante el modelo de infiltración del Soil Conservation Service (Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América). Para la operación de transformación de la lluvia neta en caudales, de donde obtendremos el hidrograma de la crecida en los puntos de control, se utiliza la teoría del hidrograma unitario, siendo el utilizado el hidrograma unitario del Soil Conservation Service (Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de América).

Posteriormente, para modelizar la propagación hidrológica de los distintos hidrogramas obtenidos en cada subcuenca a través de determinados cauces se ha utilizado el método del Time Lag, ya que el más comúnmente utilizado, el de Muskingum – Cunge, presenta problemas debido a la reducida longitud de los cauces estudiados. Por lo tanto, en la propagación del flujo a través de un determinado cauce y entre sus dos extremos se producirá un desfase en el tiempo transcurrido entre los caudales punta de los hidrogramas, pero no así una reducción de la magnitud de los mismos por efecto del transporte.

5.2. MODELO PLUVIOMÉTRICO

En los métodos de diseño en hidrología desarrollados hace años, tal como el método racional, sólo se utilizaba el dato del caudal pico. No existía consideración alguna sobre la distribución temporal del caudal (el hidrograma del caudal), o sobre la distribución temporal de la precipitación (el hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, los cuales utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren las predicciones más fiables del hietograma sintético para obtener los hidrogramas de diseño.

A continuación se expone la metodología seguida para la obtención de los hietogramas de diseño. Para la determinación de los mismos necesitaremos extraer los datos de la curva Intensidad – Duración – Frecuencia (I-D-F), y para obtener ésta a su vez es necesario calcular la precipitación máxima de 24 horas (Pd) asociada a un determinado periodo de retorno. En cada uno de los apartados se expondrá una breve reseña teórica sobre la metodología empleada, ofreciendo a continuación los resultados obtenidos.

5.2.1. Precipitación Máxima de 24 Horas

El valor de la precipitación máxima diaria (Pd) se ha obtenido a partir de los estudios de la Confederación Hidrográfica del Júcar, en su “Plan Director de Defensa contra las Avenidas en la Comarca de la Marina Alta”.

Se han escogido los valores de la Confederación Hidrográfica del Júcar por tratarse del estudio más reciente y de mayor precisión de entre los estudios oficiales existentes hasta la fecha.

En el citado estudio, en su Apéndice 6: Estudio Hidrológico, se detallan un alto número de puntos de toma de datos, para los cuales se arrojan unos valores de los cuantiles de precipitación diaria.

Por tanto, para el cálculo de los cuantiles se han utilizado los resultados de análisis regional de frecuencias (Longitud de registros >1000 valores) realizado por la Confederación Hidrográfica del Júcar en el Plan Director de Defensa contra las Avenidas en la Comarca de la Marina Alta.

T (años)	Pd (mm/día)	
	TCEV	SQRT-ET
25	245	$2,098 \times 10 = 209$
100	347	$2,861 \times 100 = 286$
500	500	$3,860 \times 100 = 386$

Al haber realizado un ARF con una distribución TCEV, los cuantiles obtenidos son muy superiores a los contemplados en el Mapa de Precipitaciones Máximas de la España Peninsular, que utiliza una distribución SQRT – ET.

5.2.2. Curvas Intensidad – Duración - Frecuencia (I-D-F). Hietogramas Sintéticos. Método de Bloques

Alternos

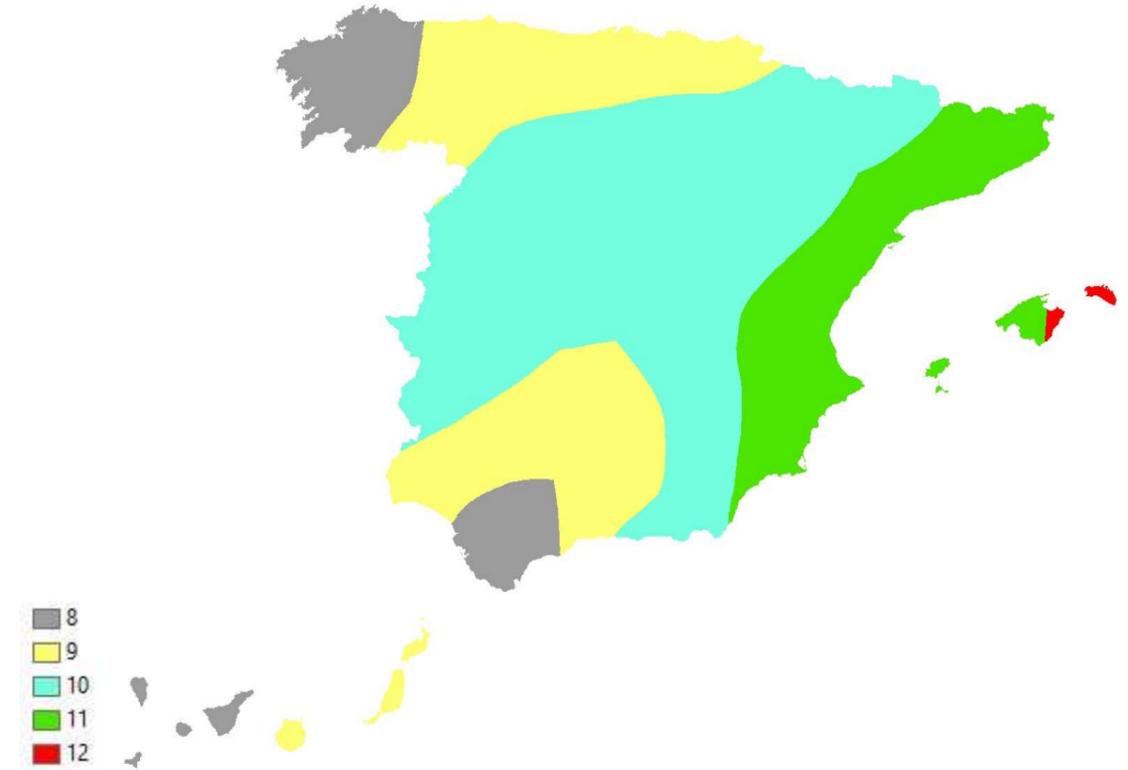
La construcción de tormentas sintéticas por el método de bloques alternos es uno de los métodos más empleado internacionalmente. Para la construcción de precipitaciones teóricas representativas de una tormenta máxima asociada a un periodo de retorno, es necesario disponer de una curva intensidad – duración – frecuencia previa (curva I-D-F), a partir de la cual se toman las intensidades máximas de lluvia para una duración dada.

La curva IDF más empleada en España en la actualidad es la basada en un trabajo de Témez (1987) y recogida en la actual Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial de Carreteras (1990).

Analizando las curvas obtenidas se comprobó que para una misma estación había una afinidad entre las correspondientes a distintos periodos de retorno, que expresada de manera adimensional:

$$\frac{I}{I_d} = \alpha(D)$$

con $I_d = P_d/24$ y siendo esta ley característica en cada estación y función del régimen pluviométrico. En el capítulo 2 de la Instrucción 5.2-IC se propone caracterizar esta ley mediante el parámetro I_1/I_d , cociente entre la intensidad horaria y la intensidad diaria, que ha sido regionalizado a nivel nacional como se muestra en la siguiente figura:



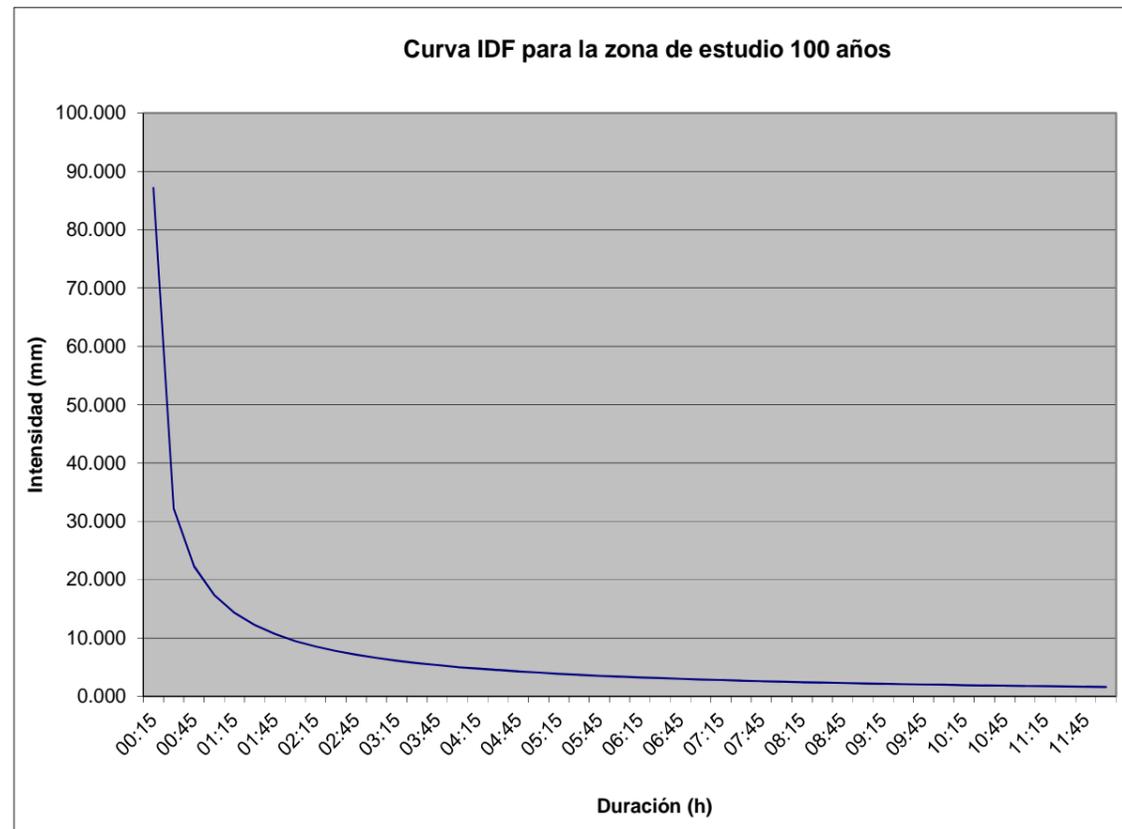
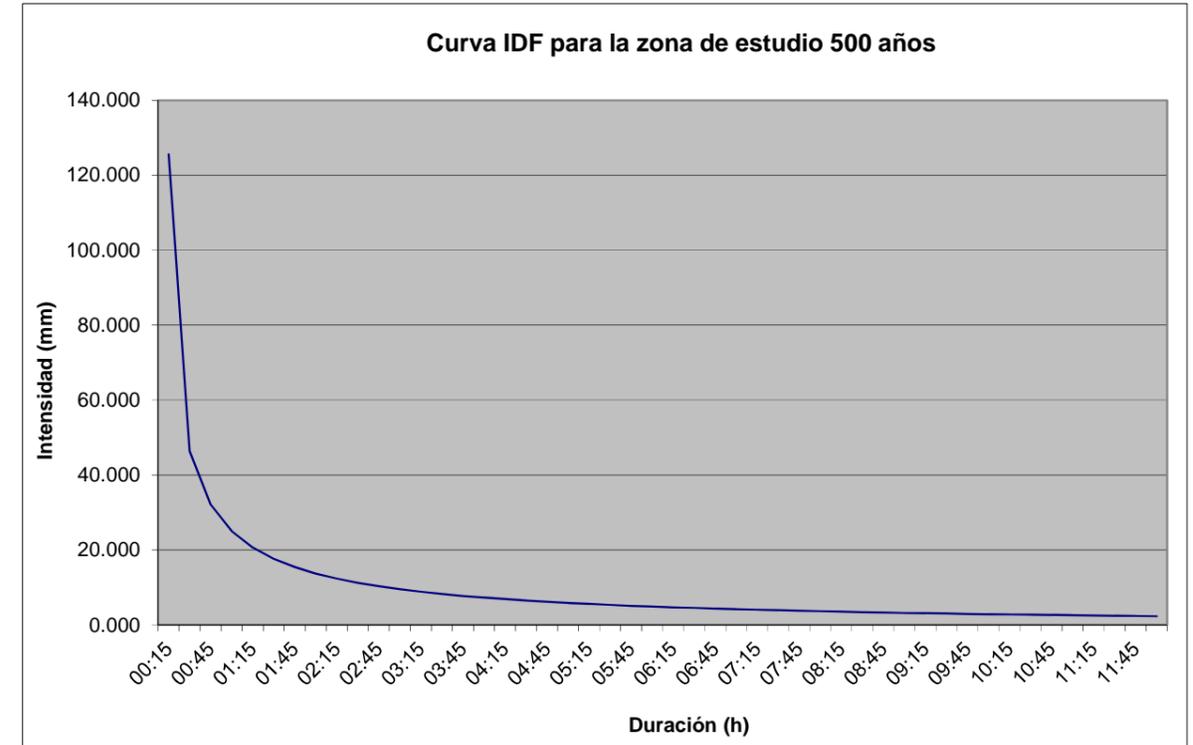
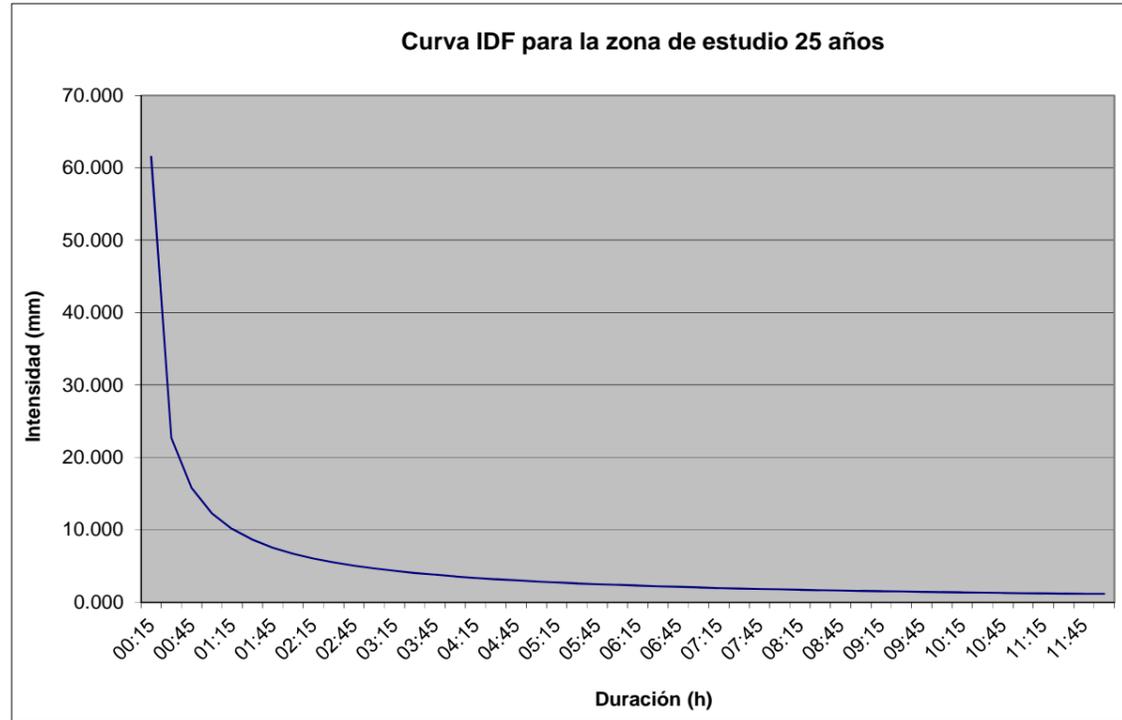
Zonificación de los valores I_1/I_d en España

La expresión analítica propuesta en la Instrucción 5.2-IC es la siguiente:

$$\frac{I_t}{I_d} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - t^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$$

donde:

- I_t (mm/h): Intensidad media correspondiente al intervalo de duración t deseado.
- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al periodo de retorno deseado. Es igual a $P_d/24$.
- P_d (mm): Precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno.
- I_1/I_d : cociente entre la intensidad horaria y la diaria, independiente del periodo de retorno. Para la zona de la cuenca se adopta un valor de 11.
- t (h): Duración del intervalo a que se refiere I_t .



Una vez definida la curva IDF, el siguiente paso para obtener la tormenta sintética es definir el incremento temporal de trabajo, de modo que la tormenta de diseño estará compuesta por n bloques de duración Δt .

La duración de la lluvia debe obtenerse de un análisis estadístico de las tormentas de la zona y reflejar un valor característico de un aguacero completo, que viene condicionado por el clima de la zona y no por el tamaño de la cuenca objeto de estudio. Por ello no parece admisible, aunque es bastante frecuente, asumir una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, sino que debe ser superior, ya que, con tal proceder se puede infravalorar no sólo el volumen del hidrograma resultante, sino también el máximo caudal que se ve afectado por las lluvias anteriores al intervalo de cálculo.

En ausencia de datos específicos de duración de los chubascos, es recomendable el empleo de tormentas con duración del orden de 24 horas, dado el carácter diario de la mayor parte de los registros pluviométricos.

Por otra parte, el incremento de tiempo a considerar en la discretización de las lluvias, está relacionado con el tiempo de respuesta de la cuenca y son suficientes valores inferiores a $0,20 T_c$. Para nuestro caso se ha optado por un intervalo de 15 minutos.

El hietograma sintético de diseño producido por el método de bloques alternos especifica la precipitación que ocurre en "n" intervalos (también denominados bloques) de tiempos sucesivos de duración Δt sobre una duración total de $t = n \times \Delta t$. Después de seleccionar el periodo de retorno deseado, la intensidad es leída en su

correspondiente curva IDF para cada una de las duraciones, y la duración correspondiente (Δt , $2x\Delta t$, $3x\Delta t...$), y la precipitación correspondiente se encuentra de multiplicar la intensidad con la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe considerarse en cada intervalo de duración Δt .

Las intensidades correspondientes a cada uno de los bloques se obtienen de la siguiente manera:

$$\Delta t_1 = i(\Delta t) \quad ; \quad \frac{\Delta t_1 + \Delta t_2}{2} = i(\Delta t) \quad ; \quad \frac{\sum_{j=1}^k b_j}{k} = i(k\Delta t)$$

Por tanto para el bloque k:

$$b_k = k \cdot i(k\Delta t) - \sum_{j=1}^{k-1} b_j$$

Los bloques obtenidos se reordenan colocando habitualmente el mayor bloque en el intervalo central y los demás bloques en orden decreciente alternativamente a derecha e izquierda del bloque central. Esto es así cuando no se dispone de información de tormentas en las que se haya investigado en qué lapso de tiempo ocurre la intensidad máxima dentro de la precipitación.

Estas tormentas de cálculo han sido afectadas por un coeficiente de reducción areal (ARF), el motivo de ello es que las estadísticas empleadas (tanto las de las precipitaciones diarias máximas como de las curvas IDF) proceden originariamente de series de datos de precipitación para ciertas estaciones pluviométricas (son siempre estadísticas para un punto geográfico). Sin embargo, se pretende disponer de una lluvia teórica para aplicarla simultáneamente sobre la totalidad de la extensión de la zona de estudio.

Finalmente se obtienen los hietogramas de entrada al modelo hidrológico, para un periodo de retorno de 25, 100 y 500 años, afectados por dicho factor de corrección.

Para un periodo de retorno de 25 años:

H:M	HORAS	I (mm/h)	I (mm)	Incremental (mm)	Hietograma (mm)	Hiet. Coef. 0.95
00:15	0.25	246.173	61.543	61.543	1.171	1.112
00:30	0.50	168.538	84.269	22.726	1.229	1.168
00:45	0.75	133.360	100.020	15.751	1.293	1.229
01:00	1.00	112.292	112.292	12.271	1.364	1.295
01:15	1.25	97.932	122.415	10.123	1.440	1.368
01:30	1.50	87.373	131.060	8.645	1.525	1.449
01:45	1.75	79.209	138.616	7.557	1.619	1.538
02:00	2.00	72.667	145.335	6.718	1.724	1.638
02:15	2.25	67.282	151.385	6.050	1.842	1.749
02:30	2.50	62.755	156.888	5.504	1.974	1.876
02:45	2.75	58.886	161.936	5.048	2.125	2.019
03:00	3.00	55.533	166.598	4.662	2.299	2.184
03:15	3.25	52.593	170.927	4.329	2.500	2.375
03:30	3.50	49.991	174.967	4.040	2.737	2.600
03:45	3.75	47.668	178.754	3.787	3.019	2.868
04:00	4.00	45.579	182.316	3.562	3.361	3.193
04:15	4.25	43.689	185.677	3.361	3.787	3.597
04:30	4.50	41.969	188.859	3.181	4.329	4.113
04:45	4.75	40.395	191.878	3.019	5.048	4.796
05:00	5.00	38.950	194.749	2.871	6.050	5.748
05:15	5.25	37.616	197.486	2.737	7.557	7.179
05:30	5.50	36.382	200.099	2.613	10.123	9.617
05:45	5.75	35.235	202.599	2.500	15.751	14.963
06:00	6.00	34.166	204.995	2.396	61.543	58.466
06:15	6.25	33.167	207.293	2.299	22.726	21.590
06:30	6.50	32.231	209.502	2.209	12.271	11.658
06:45	6.75	31.352	211.628	2.125	8.645	8.213
07:00	7.00	30.525	213.675	2.047	6.718	6.382
07:15	7.25	29.745	215.649	1.974	5.504	5.229
07:30	7.50	29.007	217.555	1.906	4.662	4.428
07:45	7.75	28.309	219.396	1.842	4.040	3.838
08:00	8.00	27.647	221.177	1.781	3.562	3.384
08:15	8.25	27.018	222.901	1.724	3.181	3.022
08:30	8.50	26.420	224.572	1.670	2.871	2.728
08:45	8.75	25.850	226.191	1.619	2.613	2.483
09:00	9.00	25.307	227.762	1.571	2.396	2.276
09:15	9.25	24.788	229.287	1.525	2.209	2.098
09:30	9.50	24.291	230.769	1.482	2.047	1.945
09:45	9.75	23.816	232.209	1.440	1.906	1.811
10:00	10.00	23.361	233.610	1.401	1.781	1.692
10:15	10.25	22.924	234.974	1.364	1.670	1.587
10:30	10.50	22.505	236.302	1.328	1.571	1.492
10:45	10.75	22.102	237.595	1.293	1.482	1.408
11:00	11.00	21.714	238.856	1.261	1.401	1.331
11:15	11.25	21.341	240.085	1.229	1.328	1.261
11:30	11.50	20.981	241.285	1.199	1.261	1.198
11:45	11.75	20.635	242.456	1.171	1.199	1.139
12:00	12.00	20.300	243.599	1.143	1.143	1.086

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR PINARET EN LA XARA, DENIA (ALICANTE)

T734E6_C

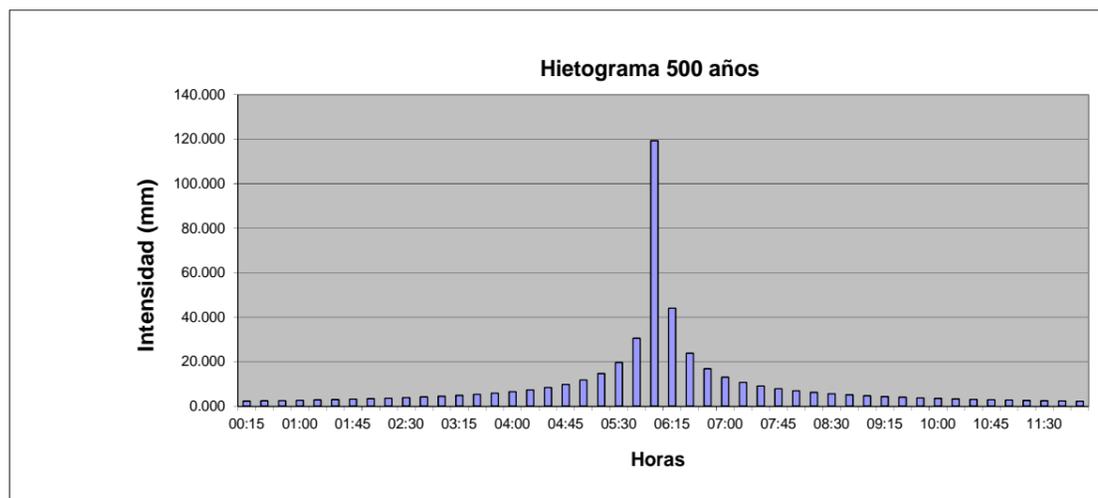
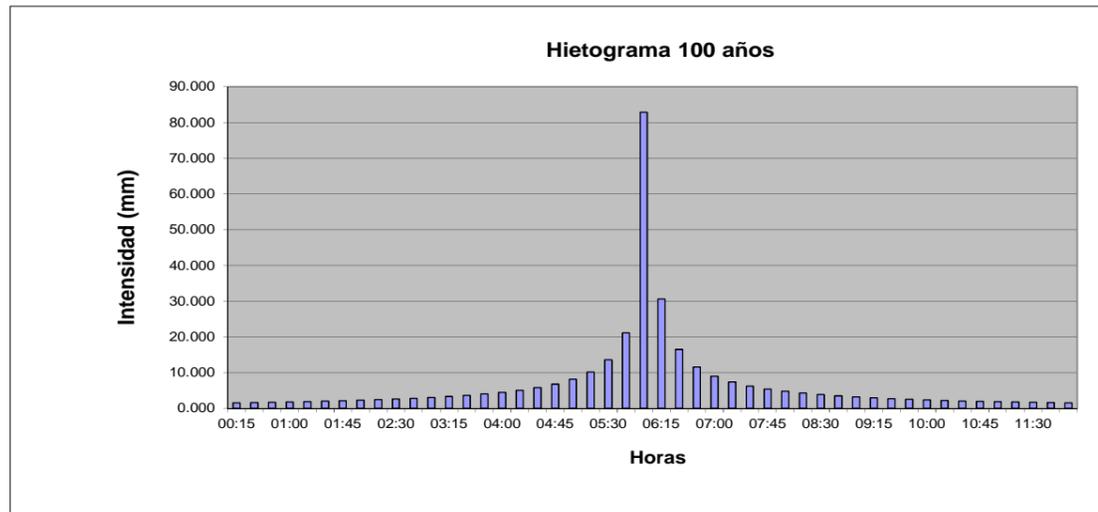
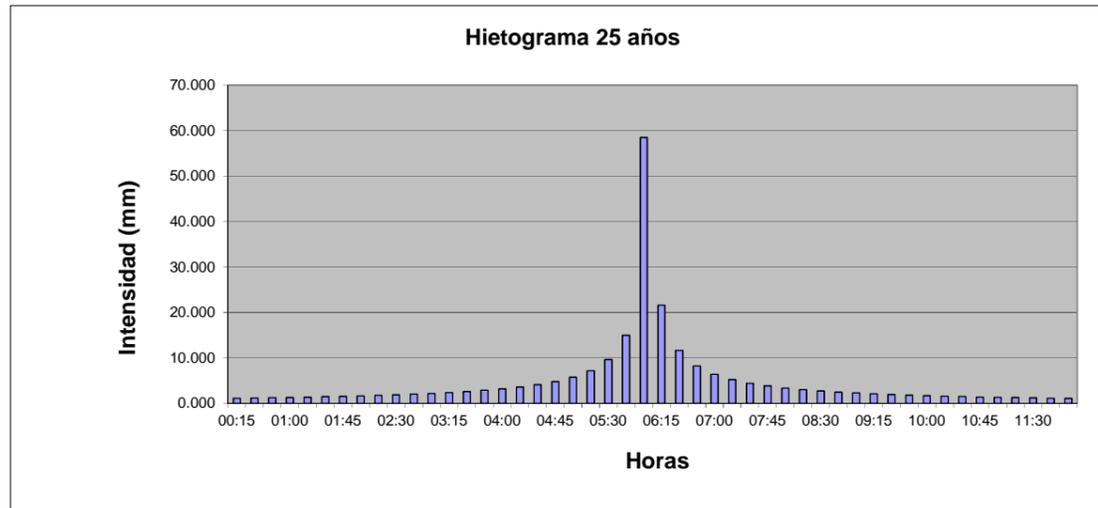
Para un periodo de retorno de 100 años:

H:M	HORAS	I (mm/h)	I (mm)	Incremental (mm)	Hietograma (mm)	Hiet. Coef. 0.95
00:15	0.25	348.661	87.165	87.165	1.658	1.575
00:30	0.50	238.705	119.353	32.187	1.741	1.654
00:45	0.75	188.882	141.661	22.309	1.832	1.740
01:00	1.00	159.042	159.042	17.380	1.931	1.835
01:15	1.25	138.704	173.379	14.338	2.040	1.938
01:30	1.50	123.749	185.623	12.244	2.160	2.052
01:45	1.75	112.186	196.326	10.703	2.293	2.179
02:00	2.00	102.921	205.841	9.515	2.442	2.320
02:15	2.25	95.293	214.410	8.569	2.608	2.478
02:30	2.50	88.882	222.205	7.795	2.796	2.656
02:45	2.75	83.402	229.355	7.150	3.010	2.860
03:00	3.00	78.652	235.957	6.602	3.256	3.093
03:15	3.25	74.489	242.089	6.132	3.541	3.364
03:30	3.50	70.803	247.811	5.722	3.876	3.682
03:45	3.75	67.513	253.174	5.363	4.276	4.062
04:00	4.00	64.555	258.219	5.045	4.761	4.523
04:15	4.25	61.878	262.980	4.761	5.363	5.095
04:30	4.50	59.441	267.486	4.506	6.132	5.825
04:45	4.75	57.213	271.761	4.276	7.150	6.792
05:00	5.00	55.166	275.828	4.067	8.569	8.140
05:15	5.25	53.277	279.704	3.876	10.703	10.168
05:30	5.50	51.528	283.406	3.701	14.338	13.621
05:45	5.75	49.904	286.947	3.541	22.309	21.193
06:00	6.00	48.390	290.339	3.393	87.165	82.807
06:15	6.25	46.975	293.595	3.256	32.187	30.578
06:30	6.50	45.650	296.724	3.129	17.380	16.511
06:45	6.75	44.405	299.734	3.010	12.244	11.632
07:00	7.00	43.233	302.633	2.900	9.515	9.039
07:15	7.25	42.128	305.429	2.796	7.795	7.405
07:30	7.50	41.084	308.129	2.699	6.602	6.272
07:45	7.75	40.095	310.737	2.608	5.722	5.436
08:00	8.00	39.157	313.259	2.523	5.045	4.793
08:15	8.25	38.267	315.701	2.442	4.506	4.281
08:30	8.50	37.420	318.067	2.366	4.067	3.863
08:45	8.75	36.613	320.360	2.293	3.701	3.516
09:00	9.00	35.843	322.585	2.225	3.393	3.223
09:15	9.25	35.108	324.745	2.160	3.129	2.972
09:30	9.50	34.405	326.844	2.099	2.900	2.755
09:45	9.75	33.732	328.884	2.040	2.699	2.564
10:00	10.00	33.087	330.869	1.984	2.523	2.396
10:15	10.25	32.468	332.800	1.931	2.366	2.247
10:30	10.50	31.874	334.680	1.880	2.225	2.114
10:45	10.75	31.303	336.512	1.832	2.099	1.994
11:00	11.00	30.754	338.298	1.786	1.984	1.885
11:15	11.25	30.226	340.039	1.741	1.880	1.786
11:30	11.50	29.716	341.738	1.699	1.786	1.696
11:45	11.75	29.225	343.396	1.658	1.699	1.614
12:00	12.00	28.751	345.015	1.619	1.619	1.538

Para un periodo de retorno de 500 años:

H:M	HORAS	I (mm/h)	I (mm)	Incremental (mm)	Hietograma (mm)	Hiet. Coef. 0.95
00:15	0.25	502.394	125.598	125.598	2.389	2.270
00:30	0.50	343.956	171.978	46.379	2.509	2.384
00:45	0.75	272.164	204.123	32.145	2.640	2.508
01:00	1.00	229.167	229.167	25.044	2.783	2.644
01:15	1.25	199.861	249.826	20.660	2.940	2.793
01:30	1.50	178.313	267.469	17.642	3.113	2.957
01:45	1.75	161.652	282.891	15.422	3.305	3.139
02:00	2.00	148.301	296.601	13.711	3.518	3.343
02:15	2.25	137.310	308.948	12.347	3.758	3.570
02:30	2.50	128.072	320.180	11.232	4.029	3.828
02:45	2.75	120.175	330.482	10.302	4.337	4.120
03:00	3.00	113.332	339.996	9.513	4.691	4.457
03:15	3.25	107.333	348.831	8.835	5.102	4.847
03:30	3.50	102.022	357.076	8.246	5.585	5.306
03:45	3.75	97.281	364.804	7.728	6.161	5.853
04:00	4.00	93.018	372.073	7.269	6.860	6.517
04:15	4.25	89.161	378.933	6.860	7.728	7.341
04:30	4.50	85.650	385.426	6.493	8.835	8.393
04:45	4.75	82.439	391.587	6.161	10.302	9.787
05:00	5.00	79.489	397.447	5.860	12.347	11.730
05:15	5.25	76.768	403.032	5.585	15.422	14.651
05:30	5.50	74.248	408.366	5.334	20.660	19.627
05:45	5.75	71.907	413.468	5.102	32.145	30.538
06:00	6.00	69.726	418.357	4.889	125.598	119.319
06:15	6.25	67.688	423.048	4.691	46.379	44.061
06:30	6.50	65.778	427.556	4.508	25.044	23.792
06:45	6.75	63.984	431.893	4.337	17.642	16.760
07:00	7.00	62.296	436.071	4.178	13.711	13.025
07:15	7.25	60.703	440.100	4.029	11.232	10.671
07:30	7.50	59.199	443.989	3.889	9.513	9.038
07:45	7.75	57.774	447.748	3.758	8.246	7.833
08:00	8.00	56.423	451.382	3.635	7.269	6.906
08:15	8.25	55.140	454.901	3.518	6.493	6.168
08:30	8.50	53.919	458.309	3.409	5.860	5.567
08:45	8.75	52.756	461.614	3.305	5.334	5.067
09:00	9.00	51.647	464.820	3.206	4.889	4.644
09:15	9.25	50.587	467.933	3.113	4.508	4.283
09:30	9.50	49.574	470.957	3.024	4.178	3.969
09:45	9.75	48.605	473.897	2.940	3.889	3.695
10:00	10.00	47.676	476.756	2.859	3.635	3.453
10:15	10.25	46.784	479.539	2.783	3.409	3.238
10:30	10.50	45.928	482.248	2.710	3.206	3.046
10:45	10.75	45.106	484.888	2.640	3.024	2.873
11:00	11.00	44.315	487.461	2.573	2.859	2.716
11:15	11.25	43.553	489.970	2.509	2.710	2.574
11:30	11.50	42.819	492.418	2.448	2.573	2.444
11:45	11.75	42.111	494.807	2.389	2.448	2.325
12:00	12.00	41.428	497.140	2.333	2.333	2.216





5.3. MODELO DE INFILTRACIÓN

No toda la lluvia que genera una tormenta contribuye a la formación del caudal que se pretende obtener en un estudio hidrológico, ya que parte es retenida en superficie, interceptada por la vegetación, almacenada en depresiones o infiltrada. A esta parte de la lluvia que no genera escorrentía superficial se la denomina “pérdidas o abstracciones hidrológicas”.

La infiltración, generalmente el factor más importante de las pérdidas, es función principalmente del tipo y condiciones de la cobertura vegetal, de las propiedades físicas del suelo (incluido su contenido de humedad) y de la duración e intensidad de la lluvia.

El modelo **SCS (Soil Conservation Service, 1972)** es el utilizado en el presente estudio para obtener la lluvia efectiva, debido a la gran profusión de dicho método en España, así como a la facilidad de obtener los parámetros del mismo y su buen comportamiento en áreas o regiones con marcada hidrología semiárida, como es el caso de la zona de estudio.

Este método se basa en que las gotas caídas al principio de un aguacero serán absorbidas y retenidas por el suelo, resultando este proceso de un modo muy diferente dependiendo de la pendiente, naturaleza del suelo y usos del mismo, hasta un punto P_0 a partir del cual se genera la escorrentía. Conforme el suelo se va saturando de agua, la escorrentía adquirirá un porcentaje cada vez mayor de la lluvia que tenderá al 100%. El SCS asume por tanto la existencia de un umbral de escorrentía (P_0), por debajo del cual las precipitaciones no generan escorrentía.

Este valor actúa como una intercepción inicial antes de evaluar qué parte de ésta escurre superficialmente E y qué parte es retenida R . La unión de todas estas ideas que fundamentan el método puede expresarse en la siguiente formulación:

$$\sum E = 0 \quad \text{para} \quad \sum P \leq P_0$$

$$\sum E = \frac{(\sum P - P_0)^2}{\sum P + 4P_0} \quad \text{para} \quad \sum P > P_0$$

donde:

- $\sum P$: Lluvia acumulada desde el comienzo del aguacero hasta el instante considerado
- $\sum E$: componente de lluvia neta o escorrentía provocada por $\sum P$.

La ecuación básica que define la relación precipitación – escorrentía en este método es la siguiente:

$$\frac{R}{S} = \frac{E}{P - P_0}$$

siendo S la máxima retención posible.

La retención en cada instante se define con la siguiente expresión:

$$R = (P - P_0) - E$$

Sustituyendo estas dos últimas ecuaciones resulta:

$$\frac{(P - P_0) - E}{S} = \frac{E}{P - P_0}$$

y despejando E conduce a:

$$E = \frac{(P - P_0)^2}{(P - P_0) + S}$$

A partir de los resultados de los análisis empíricos realizados por el SCS se encuentra una relación entre P_0 y S:

$$P_0 = 0,2 \cdot S$$

La sustitución de esta relación en la ecuación de la escorrentía (E) permite obtener:

$$E = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S}$$

o bien:

$$E = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4P_0}$$

según se exprese en función de P_0 o de S.

Esta expresión puede expresarse en forma adimensional dividiendo por P_0 , con lo que resulta:

$$\frac{E}{P_0} = 0 \quad \text{si} \quad \frac{P}{P_0} \leq 1$$

$$\frac{E}{P_0} = \frac{\left(\frac{P}{P_0} - 1\right)^2}{\frac{P}{P_0} + 4} \quad \text{si} \quad \frac{P}{P_0} > 1$$

La relación descrita queda en función de un único parámetro P_0 (o bien S), cuyo valor el SCS propuso que fuera estimado a través de la siguiente relación:

$$P_0 = 0,2 \cdot \left[254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \right]$$

siendo CN el número de curva del SCS y estando expresado P_0 en mm. El número de curva, CN, es un valor entero variable entre 0 y 100 y está unívocamente relacionado con el umbral de escorrentía P_0 mediante la expresión anterior, por lo que es indistinto usar uno u otro concepto.

El valor del umbral de escorrentía P_0 en una determinada cuenca, y para condiciones dadas de humedad, es función de:

- la capacidad de infiltración del suelo, litología y edafología
- uso del suelo y actividades agrarias
- la pendiente del terreno

Una intensa labor experimental ha permitido al SCS definir el valor del número de curva CN a partir de las características anteriormente citadas para condiciones medias de humedad del complejo suelo – vegetación.

Los valores del umbral de escorrentía deben modificarse para tener en cuenta el estado previo de humedad del suelo. El SCS define tres condiciones: tipo I (seco), tipo II (medio) y tipo III (húmedo).

Los valores de P_0 dados en la primera columna de la siguiente tabla corresponden a un estado medio de humedad (tipo II) y las condiciones de paso para los restantes estados se adjuntan en las siguientes columnas, obtenidas a partir de la propuesta por el SCS, expresada originalmente en número de curva CN.

Umbral de escorrentía (mm)		
Condición II	Condición I	Condición III
3	7	0.5
6	14	1
9	21	2
13	29	3
17	38	5
21	48	7
27	61	10
33	75	13
41	93	17
50	112	21
61	135	27
75	167	33
93	213	41
117	283	50

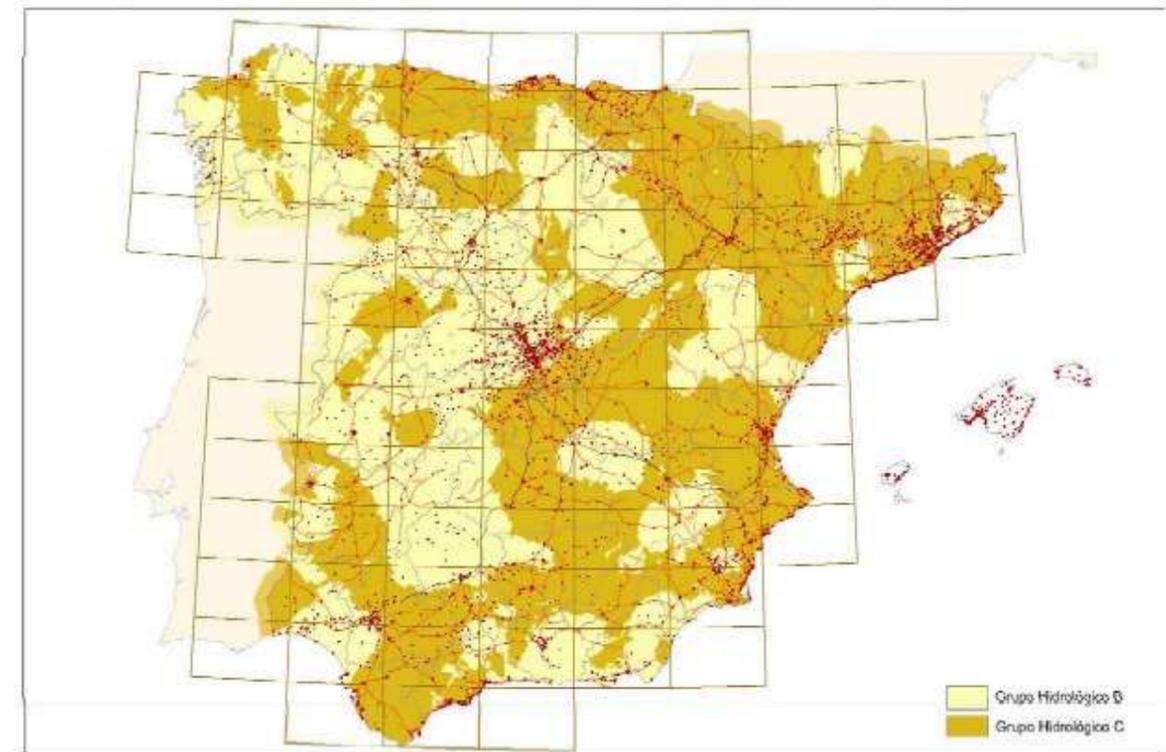
En España se ha regionalizado un factor de corrección del umbral de escorrentía, este coeficiente refleja la variación regional de la humedad habitual en el suelo al comienzo de los aguaceros significativos, la función de dicho coeficiente es la de ajustar los valores de P_0 de la tabla del SCS experimentados en cuencas americanas para todo tipo de crecidas y con un ritmo de precipitación de mayor extensión y duración pero de menor intensidad por regla general al caso español. No obstante, en un análisis más detallado, dicho factor corrector del P_0 aplicado a las cuencas de este estudio, implica admitir un estado previo de la humedad en el suelo seca o I, lo cual es habitual en los otoños mediterráneos, ya que al comienzo de los grandes aguaceros el suelo tiene un bajísimo contenido de humedad. El factor corrector del umbral de escorrentía estimado para el periodo de retorno de 100 y 500 años es 3.

5.3.1. Estimación del Parámetro Umbral de Escorrentía P_0 . Número de Curva CN.

El parámetro umbral de escorrentía se obtiene en función de las características litológicas y edafológicas de la cuenca, el uso del suelo y la pendiente del terreno.

En el apartado de planos de este estudio se adjunta el mapa con los usos del suelo considerados.

A continuación se exponen las diferentes clasificaciones de los suelos en función de las características anteriormente citadas que propone la Instrucción 5.2-IC.



Mapa de Grupos Hidrológicos de Suelo

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Nota: Los terrenos con nivel freático alto se incluirán en el Grupo D.

Grupos de Hidrológicos de Suelo a Efectos de la Determinación del Valor Inicial del Umbral de Escorrentía

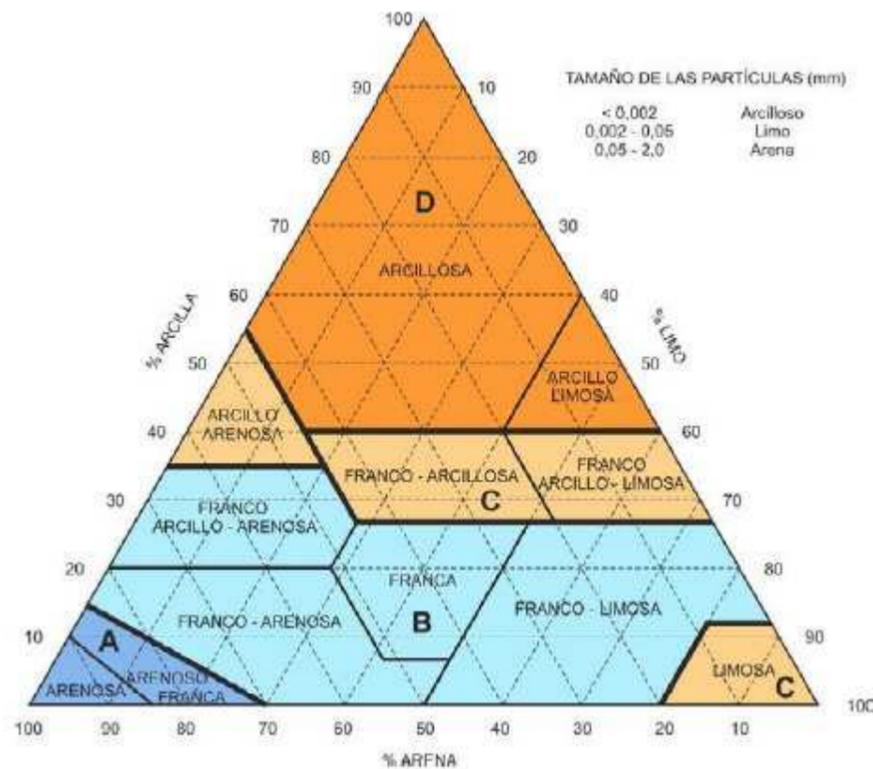


Diagrama Triangular para la Determinación de la Textura en Materiales Tipo Suelo

VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA Po (mm)

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
11100	Tejido urbano continuo			1	1	1	1
11200	Tejido urbano discontinuo			24	14	8	6
11200	Urbanizaciones			24	14	8	6
11210	Estructura urbana abierta			24	14	8	6
11220	Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas			24	14	8	6
12100	Zonas industriales y comerciales			6	4	3	3
12100	Granjas agrícolas			24	14	8	6
12110	Zonas industriales			12	7	5	4
12120	Grandes superficies de equipamiento y servicios			6	4	3	3
12200	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados			1	1	1	1
12210	Autopistas, autovías y terrenos asociados			1	1	1	1
12220	Complejos ferroviarios			12	7	5	4
12300	Zonas portuarias			1	1	1	1
12400	Aeropuertos			24	14	8	6
13100	Zonas de extracción minera			16	9	6	5
13200	Escombreras y vertederos			20	11	8	6
13300	Zonas de construcción			24	14	8	6
14100	Zonas verdes urbanas			53	23	14	10
14200	Instalaciones deportivas y recreativas			79	32	18	13
14210	Campos de golf			79	32	18	13
14220	Resto de instalaciones deportivas y recreativas			53	23	14	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R	≥ 3	29	17	10	8
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	N	≥ 3	32	19	12	10
21100	Tierras de labor en secano (cereales)	R/N	< 3	34	21	14	12
21100	Tierras de labor en secano (viveros)			0	0	0	0
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R	≥ 3	23	13	8	6
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	N	≥ 3	25	16	11	8
21100	Tierras de labor en secano (hortalizas)	R/N	< 3	29	19	14	11
21100	Tierras abandonadas		≥ 3	16	10	7	5
21100	Tierras abandonadas		< 3	20	14	11	8
21200	Terrenos regados permanentemente	R	≥ 3	37	20	12	9
21200	Terrenos regados permanentemente	N	≥ 3	42	23	14	11
21200	Terrenos regados permanentemente	R/N	< 3	47	25	16	13
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
21210	Cultivos herbáceos en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
21210	Cultivos herbáceos en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
21220	Otras zonas de irrigación			0	0	0	0
21300	Arrozales			47	25	16	13
22100	Viñedos		≥ 3	62	28	15	10
22100	Viñedos		< 3	75	34	19	14
22110	Viñedos en secano		≥ 3	62	28	15	10

ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR PINARET EN LA XARA, DENIA (ALICANTE)

T734E6_C

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
22110	Viñedos en secano		< 3	75	34	19	14
22120	Viñedos en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22120	Viñedos en regadío		< 3	75	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		≥ 3	80	34	19	14
22200	Frutales y plantaciones de bayas		< 3	95	42	22	15
22210	Frutales en secano		≥ 3	62	28	15	10
22210	Frutales en secano		< 3	75	34	19	14
22220	Frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22220	Frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22221	Cítricos		≥ 3	80	34	19	14
22221	Cítricos		< 3	95	42	22	15
22222	Frutales tropicales		≥ 3	80	34	19	14
22222	Frutales tropicales		< 3	95	42	22	15
22223	Otros frutales en regadío		≥ 3	80	34	19	14
22223	Otros frutales en regadío		< 3	95	42	22	15
22300	Olivares		≥ 3	62	28	15	10
22300	Olivares		< 3	75	34	19	14
22310	Olivares en secano		≥ 3	62	28	15	10
22310	Olivares en secano		< 3	75	34	19	14
22320	Olivares en regadío		≥ 3	62	28	15	10
22320	Olivares en regadío		< 3	75	34	19	14
23100	Prados y praderas		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados y praderas		< 3	120	55	22	14
23100	Pastos en tierras abandonadas		≥ 3	24	14	8	6
23100	Pastos en tierras abandonadas		< 3	58	25	12	7
23100	Prados arbolados		≥ 3	70	33	18	13
23100	Prados arbolados		< 3	120	55	22	14
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24110	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24120	Cultivos anuales asociados con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R	≥ 3	26	15	9	6
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	N	≥ 3	28	17	11	8
24211	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en secano	R/N	< 3	30	19	13	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		≥ 3	62	28	15	10
24212	Mosaico de cultivos permanentes en secano		< 3	75	34	19	14
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		≥ 3	39	20	12	8
24213	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en secano		< 3	66	29	15	10

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R	≥ 3	37	20	12	9
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	N	≥ 3	42	23	14	11
24221	Mosaico de cultivos anuales con prados o praderas en regadío	R/N	< 3	47	25	16	13
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		≥ 3	80	34	19	14
24222	Mosaico de cultivos permanentes en regadío		< 3	95	42	22	15
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		≥ 3	75	33	18	14
24223	Mosaico de cultivos anuales con cultivos permanentes en regadío		< 3	106	48	22	15
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R	≥ 3	31	17	10	8
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	N	≥ 3	34	20	13	10
24230	Mosaico de cultivos mixtos en secano y regadío	R/N	< 3	37	22	14	11
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	26	15	9	6
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	28	17	11	8
24310	Mosaico de cultivos agrícolas en secano con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	30	19	13	10
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R	≥ 3	37	20	12	9
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	N	≥ 3	42	23	14	11
24320	Mosaico de cultivos agrícolas en regadío con espacios significativos de vegetación natural y seminatural	R/N	< 3	47	25	16	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		≥ 3	70	33	18	13
24330	Mosaico de prados o praderas con espacios significativos de vegetación natural y seminatural		< 3	120	55	22	14
24400	Sistemas agroforestales		≥ 3	53	23	14	9
24400	Sistemas agroforestales		< 3	80	35	17	10
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado		≥ 3	53	23	14	9
24410	Pastizales, prados o praderas con arbolado adherado		< 3	80	35	17	10
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		≥ 3	53	23	14	9
24420	Cultivos agrícolas con arbolado adherado		< 3	80	35	17	10
31100	Frondosas			90	47	31	23
31110	Perennifolias			90	47	31	23
31120	Caducifolias y marcescentes			90	47	31	23
31130	Otras frondosas de plantación		≥ 3	79	34	19	14
31130	Otras frondosas de plantación		< 3	94	42	22	15
31140	Mezcla de frondosas			90	47	31	23



ESTUDIO DE INUNDABILIDAD DEL SECTOR PINARET EN LA XARA, DENIA (ALICANTE)

T734E6_C

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23
32100	Pastizales naturales		≥ 3	53	23	14	9
32100	Pastizales naturales		< 3	80	35	17	10
32100	Prados alpinos		≥ 3	70	33	18	13
32100	Prados alpinos		< 3	120	55	22	14
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		≥ 3	70	33	18	13
32100	Formaciones herbáceas de llanuras aluviales inundadas y llanuras costeras, tierras bajas		< 3	120	55	22	14
32110	Pastizales supraforestales		≥ 3	70	33	18	13
32110	Pastizales supraforestales		< 3	120	55	22	14
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		≥ 3	70	33	18	13
32111	Pastizales supraforestales templado-oceánicos, pirenaicos y orocantábricos		< 3	120	55	22	14
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32112	Pastizales supraforestales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32121	Otros pastizales templado oceánicos		≥ 3	53	23	14	9
32121	Otros pastizales templado oceánicos		< 3	79	35	17	10
32122	Otros pastizales mediterráneos		≥ 3	24	14	8	6
32122	Otros pastizales mediterráneos		< 3	57	25	12	7
32200	Landas y matorrales mesófilas			76	34	22	16
32210	Landas y matorrales en climas húmedos. Vegetación mesófila			76	34	22	16
32220	Fayal-Brezal macaronésico			60	24	14	10
32300	Vegetación esclerófila			60	24	14	10
32311	Grandes formaciones de matorral denso o medianamente denso			75	34	22	16
32312	Matorrales subarbustivos o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10
32320	Matorrales xerófilos macaronésicos			40	17	8	5
32400	Matorral boscoso de transición			75	34	22	16
32400	Claros de bosques			40	17	8	5
32400	Zonas empantanadas fijas o en transición			60	24	14	10
32410	Matorral boscoso de frondosas			75	34	22	16
32420	Matorral boscoso de coníferas			75	34	22	16
32430	Matorral boscoso de bosque mixto			75	34	22	16
33110	Playas y dunas			152	152	152	152
33120	Ramblas con poca o sin vegetación			15	8	6	4
33200	Roquedo			2	2	2	2
33210	Rocas desnudas con fuerte pendiente			2	2	2	2

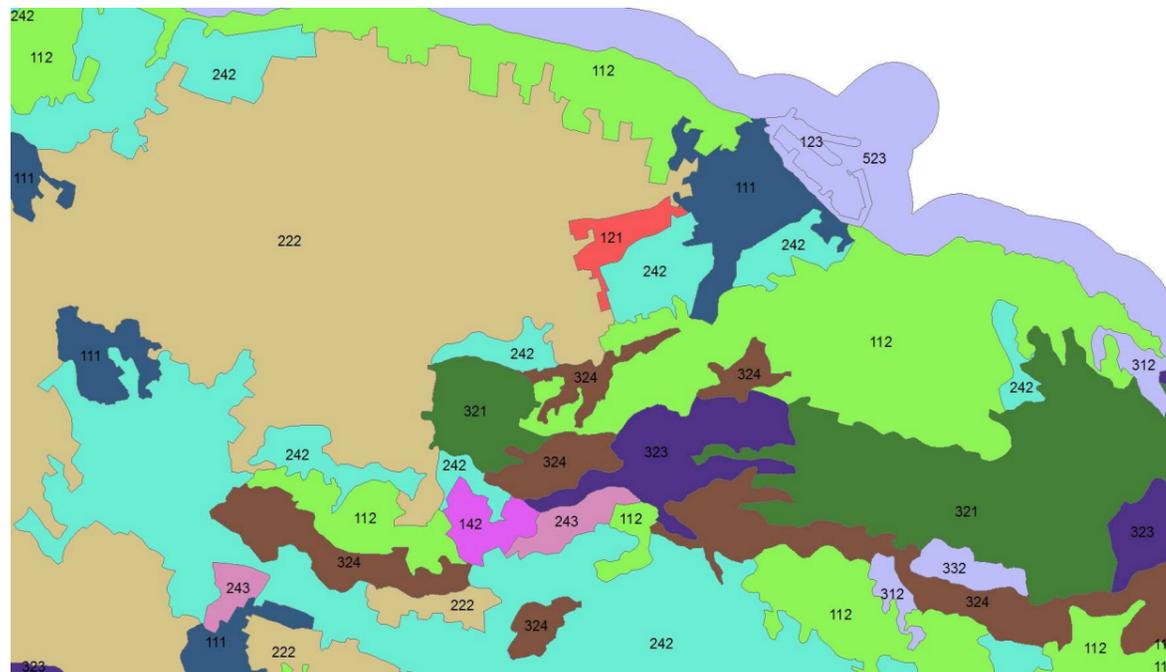
Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
33220	Afloramientos rocosos y canchales		≥ 3	2	2	2	2
33220	Afloramientos rocosos y canchales		< 3	4	4	4	4
33230	Coladas lávicas cuaternarias		≥ 3	3	3	3	3
33230	Coladas lávicas cuaternarias		< 3	5	5	5	5
33300	Espacios con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33300	Espacios con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33310	Xeroestepa subdesértica		≥ 3	24	14	8	6
33310	Xeroestepa subdesértica		< 3	58	25	12	7
33320	Cárcavas y/o zonas en proceso de erosión			15	8	6	4
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		≥ 3	24	14	8	6
33330	Espacios orófilos altitudinales con vegetación escasa		< 3	58	25	12	7
33400	Zonas quemadas			15	8	6	4
33500	Glaciares y nieves permanentes			0	0	0	0
41100	Humedales y zonas pantanosas			2	2	2	2
41200	Turberas y prados turbosos			248	99	25	16
42100	Marismas			2	2	2	2
42200	Salinas			5	5	5	5
42300	Zonas llanas intermareales			0	0	0	0
51100	Cursos de agua			0	0	0	0
51110	Ríos y cauces naturales			0	0	0	0
51120	Canales artificiales			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas			0	0	0	0
51210	Lagos y lagunas (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
51120	Embalses			0	0	0	0
51120	Embalses (almacenamiento de agua)			0	0	0	0
52100	Lagunas costeras			0	0	0	0
52200	Estuarios			0	0	0	0
52300	Mares y océanos			0	0	0	0

Notas:
 La codificación de los tipos de suelo corresponde al proyecto europeo Corine Land Cover 2000
 N: Denota cultivo según las curvas de nivel
 R: Denota cultivo según la línea de máxima pendiente

Teniendo en cuenta todos estos factores, se ha obtenido el umbral de escorrentía y el número de curva en tiempo seco (tipo I) para las cuencas consideradas en el presente estudio.

Para ello se ha empleado un mapa de usos del suelo del **CORINE (Coordination of Information on the Environment) LAND COVER 2006**.



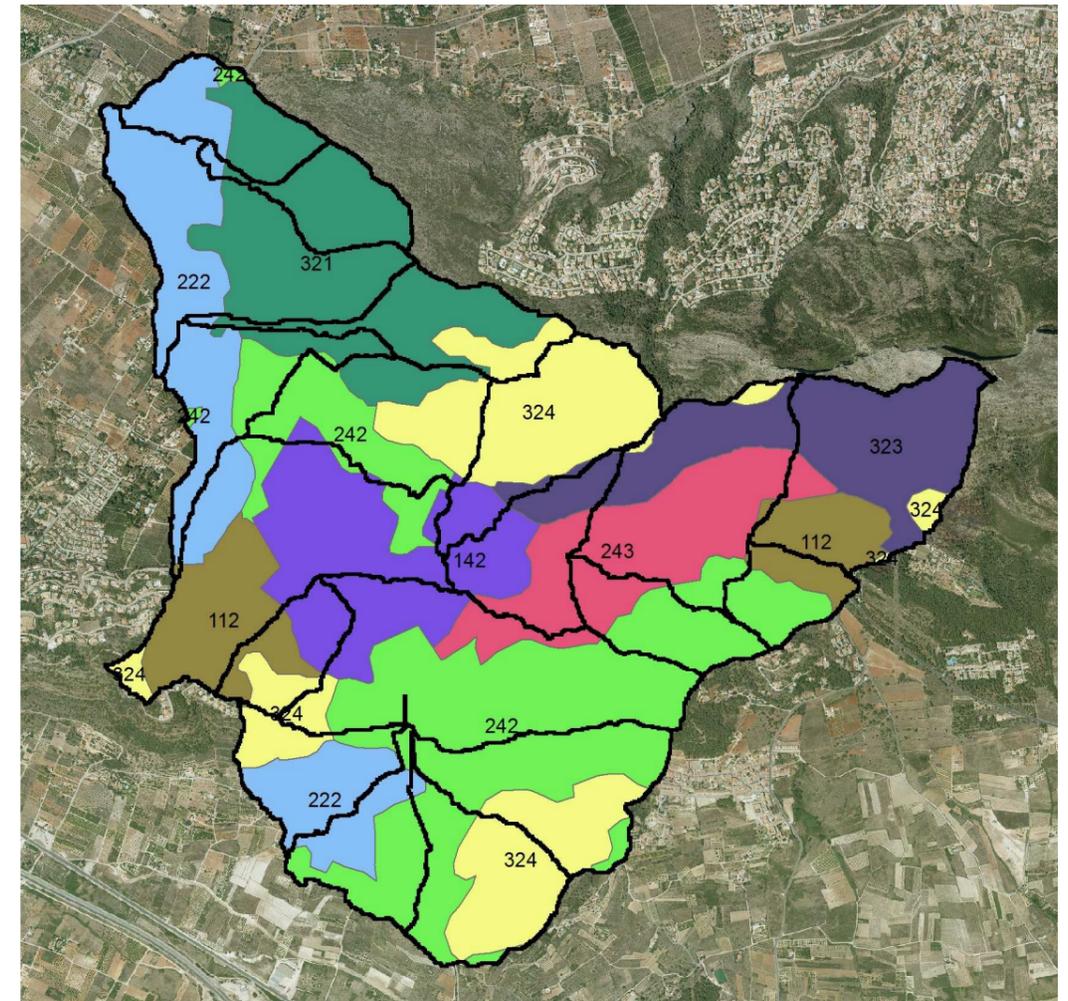


Mapa de Usos del Suelo según el CORINE LAND COVER

En la zona de estudio se han encontrado los siguientes usos del suelo, a los que se les aplican las siguientes correlaciones en cuanto a sus características de Umbral de Escorrentía y Número de Curva en estado seco, se han aumentado ligeramente los valores de las zonas urbanas e industriales respecto de lo visto anteriormente, considerando así la heterogeneidad del suelo:

			Po	Po mayorado	CN (I)
Tipo 1	111	Tejido urbano continuo	4	12.00	81
	123	Zonas portuarias			
Tipo 2	112	Tejido urbano discontinuo	15	45.00	53
Tipo 3	121	Zonas industriales o comerciales	8	24.00	68
	142	Instalaciones deportivas y recreativas			
Tipo 4	222	Frutales	19	57.00	47
	242	Mosaico de cultivos			
	243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural y seminatural			
Tipo 5	312	Bosques de coníferas	34	102.00	33
	321	Pastizales naturales			
	323	Matorrales esclerófilos			
	324	Matorral boscoso de transición			

Discretizando para cada cuenca y sus subcuencas podemos darle a cada una de ellas unas características homogéneas e independientes de las demás, que serán necesarias para la correcta modelización hidrológica de la zona de estudio. De esta manera, se tienen los siguientes usos del suelo y sus coeficientes:



Usos del suelo según Corine Land Cover en la zona de estudio

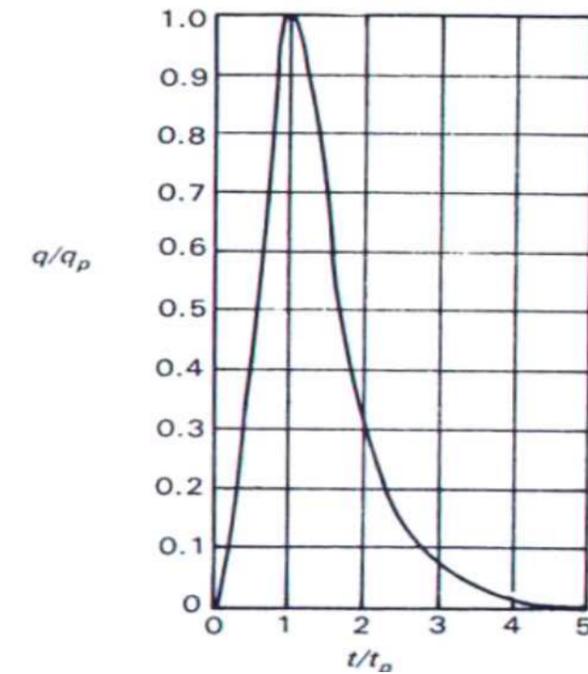
CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA EN ESTADO SECO (I) DEL S.C.S.

	SUPERFICIE (km)	%Tipo 1	%Tipo 2	%Tipo 3	%Tipo 4	%Tipo 5	CN (I) Ponderado
C1222211	0.4733	0.0%	23.8%	0.0%	4.7%	71.5%	39
C1222212	0.1266	0.0%	39.5%	0.0%	60.4%	0.0%	49
C122221	0.4644	0.0%	0.9%	0.0%	62.5%	36.3%	42
C122222	0.1738	0.0%	0.0%	0.0%	99.8%	0.0%	47
C122231	0.2045	0.0%	0.0%	0.0%	75.0%	24.7%	44
C122232	0.2018	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	47
C122233	0.2905	0.0%	0.0%	0.0%	38.8%	61.2%	39
C122234	0.3464	0.0%	0.0%	0.0%	63.4%	36.6%	42
C12221	0.3490	0.0%	0.0%	13.4%	0.0%	86.5%	38
C12222	0.2373	0.0%	0.0%	35.3%	40.8%	23.9%	51
C12223	0.6534	0.0%	0.0%	18.7%	77.1%	4.2%	50
C12224	0.1501	0.0%	33.9%	38.9%	0.0%	27.1%	53
C1221	0.3307	0.0%	0.0%	2.8%	45.4%	50.8%	40
C1222	0.6427	0.0%	33.2%	41.9%	22.0%	2.9%	57
C121	0.2463	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%	98.2%	33
C122	0.2487	0.0%	0.0%	0.7%	79.0%	20.3%	44
C11	0.1655	0.0%	0.0%	0.0%	5.2%	94.8%	34
C12	0.4986	0.0%	0.0%	0.0%	48.7%	51.3%	40
C1	0.2011	0.0%	0.0%	0.0%	51.1%	48.9%	40

5.4. MODELO DE TRANSFERENCIA LLUVIA – ESCORRENTÍA

El modelo utilizado se basa en la teoría del Hidrograma Unitario, establecido por Sherman en 1932, y en el que se basan la mayoría de modelos agregados y pseudodistribuidos en la actualidad. Se ha utilizado el hidrograma unitario adimensional del Soil Conservation Service. Este modelo se basa en un hidrograma adimensional obtenido tras analizar un elevado número de hidrogramas unitarios de cuencas rurales de reducido tamaño y obtener unos valores medios de escorrentía. Un hidrograma adimensional es un hidrograma unitario en el cual tanto el caudal como el tiempo se expresan como cociente respecto al caudal punta Q_p y tiempo punta t_p respectivamente.

El hidrograma unitario adimensional propuesto es el que se reproduce en la siguiente figura:



La expresión que permite obtener el Q_p y el T_p es la siguiente:

$$T_p = \frac{D}{2} + T_{lag}$$

$$Q_p = \frac{A}{4,8 \cdot T_p}$$

siendo el único parámetro necesario el T_{lag} o tiempo de desfase de punta, ya calculado anteriormente.

Con estos valores se puede sustituir en las ordenadas y abscisas del hidrograma adimensional anteriormente citado y el hidrograma unitario buscado queda definido.

El último aspecto de interés es la recomendación del SCS de que el intervalo de agregación elegido para definir el hidrograma unitario, D , cumple $D < 0,29 \cdot T_{lag}$. Cabe hacer notar que el intervalo de agregación elegido debe ser el mismo que el de la precipitación para que se pueda aplicar este método del hidrograma unitario.

Los valores de T_{lag} para las subcuencas se presentan en las siguientes tablas:

CARACTERÍSTICAS GENERALES			Tc TOTAL	TIME LAG
CUENCA	SUPERFICIE (KM2)	LONGITUD (m)	Tc CUENCA (min)	Trp CUENCA (min)
C1222211	0.4733	1633	26.095	15.7
C1222212	0.1266	576	22.272	13.4
C122221	0.4644	1446	25.418	15.3
C122222	0.1738	990	24.713	14.8
C122231	0.2045	1209	26.994	16.2
C122232	0.2018	1014	30.121	18.1
C122233	0.2905	1261	28.066	16.8
C122234	0.3464	1340	28.852	17.3
C12221	0.3490	1472	28.093	16.9
C12222	0.2373	1121	25.365	15.2
C12223	0.6534	1791	34.137	20.5
C12224	0.1501	853	22.990	13.8
C1221	0.3307	1262	26.860	16.1
C1222	0.6427	1577	28.061	16.8
C121	0.2463	1716	30.684	18.4
C122	0.2487	1196	28.071	16.8
C11	0.1655	1134	24.413	14.6
C12	0.4986	1773	30.091	18.1
C1	0.2011	939	22.932	13.8

5.5. MODELO DE PROPAGACIÓN HIDROLÓGICA EN CAUCES

Para la propagación hidrológica de los distintos hidrogramas obtenidos en cada uno de los tramos del cauce, utilizamos el método del Lag Time. El normalmente utilizado para estos casos es el método de Muskingum – Cunge, que además de tener en cuenta un desplazamiento en el tiempo de los caudales del hidrograma, también reproduce la reducción de los mismos por efecto del almacenamiento durante el desplazamiento de éstos a lo largo del cauce. No obstante, debido a la poca longitud de los cauces que nos ocupan, estos desplazamientos y amortiguamientos de los caudales son muy reducidos y el método de Muskingum no ofrece valores prácticos, por lo que se ha optado por el método del Time Lag.

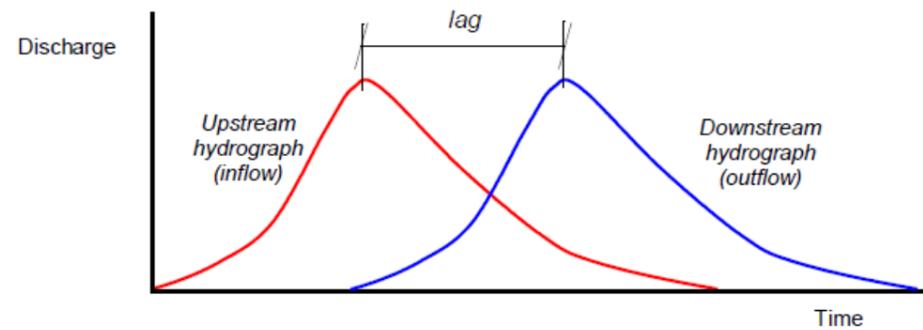
Este es el más simple de los modelos de propagación del hidrograma en cauces. Este método asume que el hidrograma de salida de un cauce es simplemente el hidrograma de entrada al mismo, pero con todas las ordenadas trasladadas (desplazadas en el tiempo) un tiempo determinado, el denominado Time Lag. Los flujos no se atenúan, así que la forma del hidrograma no se modifica. Este modelo se utiliza ampliamente, especialmente en los canales de drenaje urbano (Pilgrim and Cordery, 1993).

Matemáticamente, las ordenadas aguas abajo se calculan:

$$O_t = \begin{cases} I_t & t < lag \\ I_{t-lag} & t \geq lag \end{cases}$$

Donde:

- O_t : hidrograma de salida en el tiempo t
- I_t : hidrograma de entrada en el tiempo t
- Lag: tiempo de desplazamiento del hidrograma



La siguiente figura ilustra los resultados de la aplicación del modelo del Time Lag. En la figura, el hidrograma aguas arriba (caudal de entrada) es la condición de contorno. El hidrograma aguas abajo son los caudales de salida calculados, con los valores exactamente iguales a los de entrada, pero con un desfase en el tiempo igual al time lag.

El modelo del Time Lag es un caso concreto de los otros modelos, ya que en ellos podría modelizarse igual eligiendo cuidadosamente los parámetros de transformación.

Si los hidrogramas de flujo están disponibles, el time lag puede estimarse como el tiempo transcurrido entre los centroides de las áreas de ambos hidrogramas, como la diferencia de tiempo entre los picos de los hidrogramas, o como el tiempo transcurrido entre los valores extremos de ambos hidrogramas.

Siguiendo este procedimiento para la transformación de los hidrogramas a través de los cauces, los tiempos de desfase para cada uno de los tramos de la modelización hidrológica, los time lag, son los siguientes:

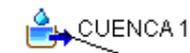
TRAMO	LONGITUD (m)	COTA SUP CAUCE (m)	COTA INF CAUCE (m)	PENDIENTE CAUCE (m/m)	Trp CUENCA (min)
R1	337	30.00	27.00	0.0089	7.5
R2	807	41.00	30.00	0.0136	17.9
R3	575	47.00	41.00	0.0104	12.8
R4	502	52.00	47.00	0.0100	11.2
R5	603	64.00	52.00	0.0199	13.4
R6	543	77.00	64.00	0.0239	12.1
R7	799	99.00	77.00	0.0275	17.8
R8	158	55.00	52.00	0.0190	3.5
R9	761	63.00	55.00	0.0105	16.9

5.6. ESQUEMA DEL MODELO HIDROLÓGICO. RESULTADOS

Todos los modelos citados en los puntos anteriores se han procesado utilizando el modelo del U. S. Army Corps HEC-1 en su versión Hec-HMS 4.1 (Hydrologic Modeling System), para obtener los hidrogramas producidos por las precipitaciones de periodo de retorno de 500 años en los distintos puntos de la cuenca del Barranco de L'Auillera, para posteriormente introducirlos como condiciones de contorno en el modelo hidráulico.

En las siguientes figuras se representa el modelo conceptual de los modelos hidrológicos:

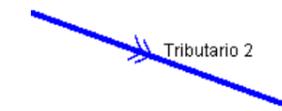
- Subcuenca donde calcula el modelo de infiltración y el modelo de transformación lluvia – escorrentía:



- Nudo de unión entre subcuencas:



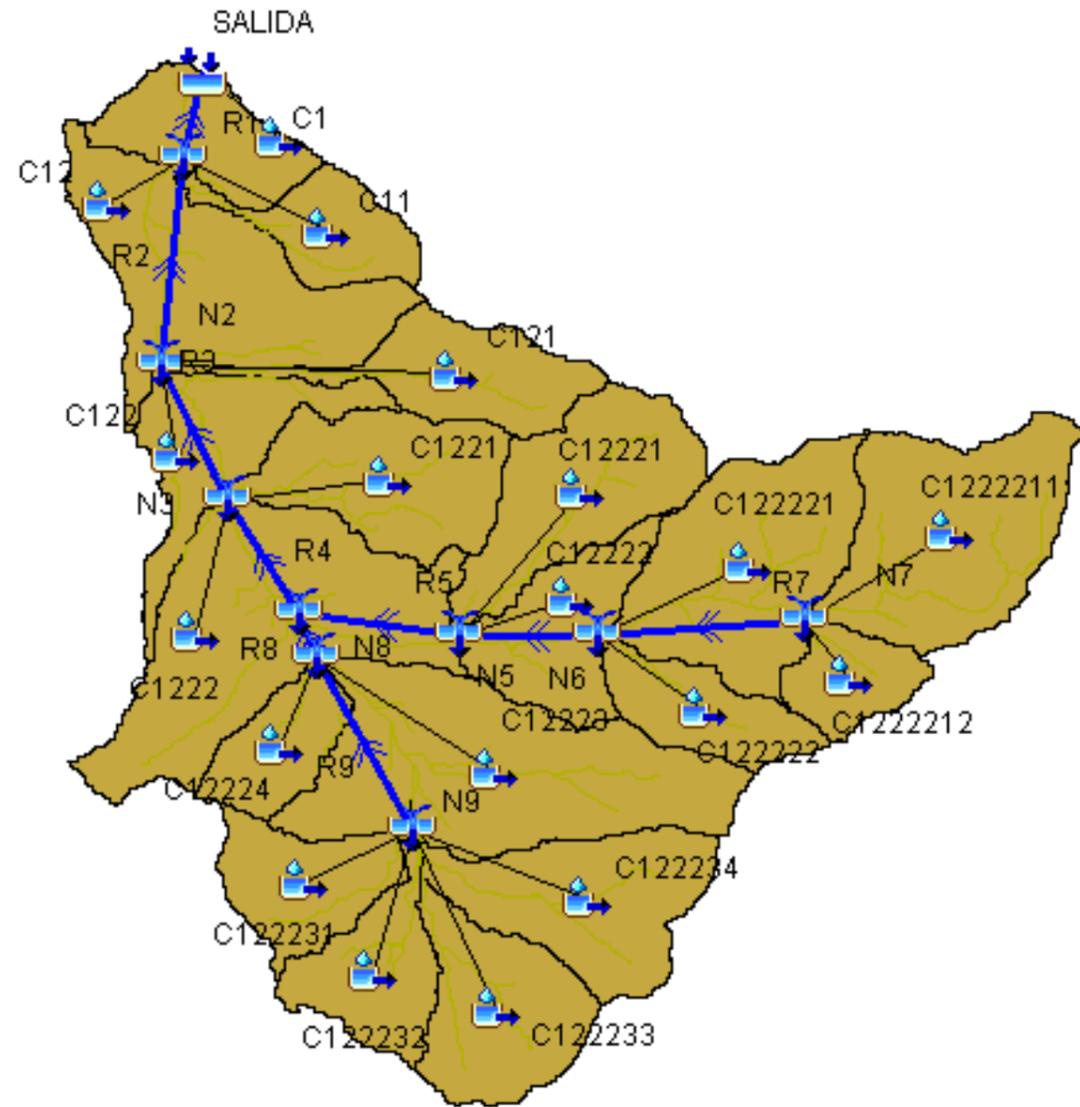
- Tramo de propagación en cauce de los hidrogramas:



- Desagüe de la cuenca:



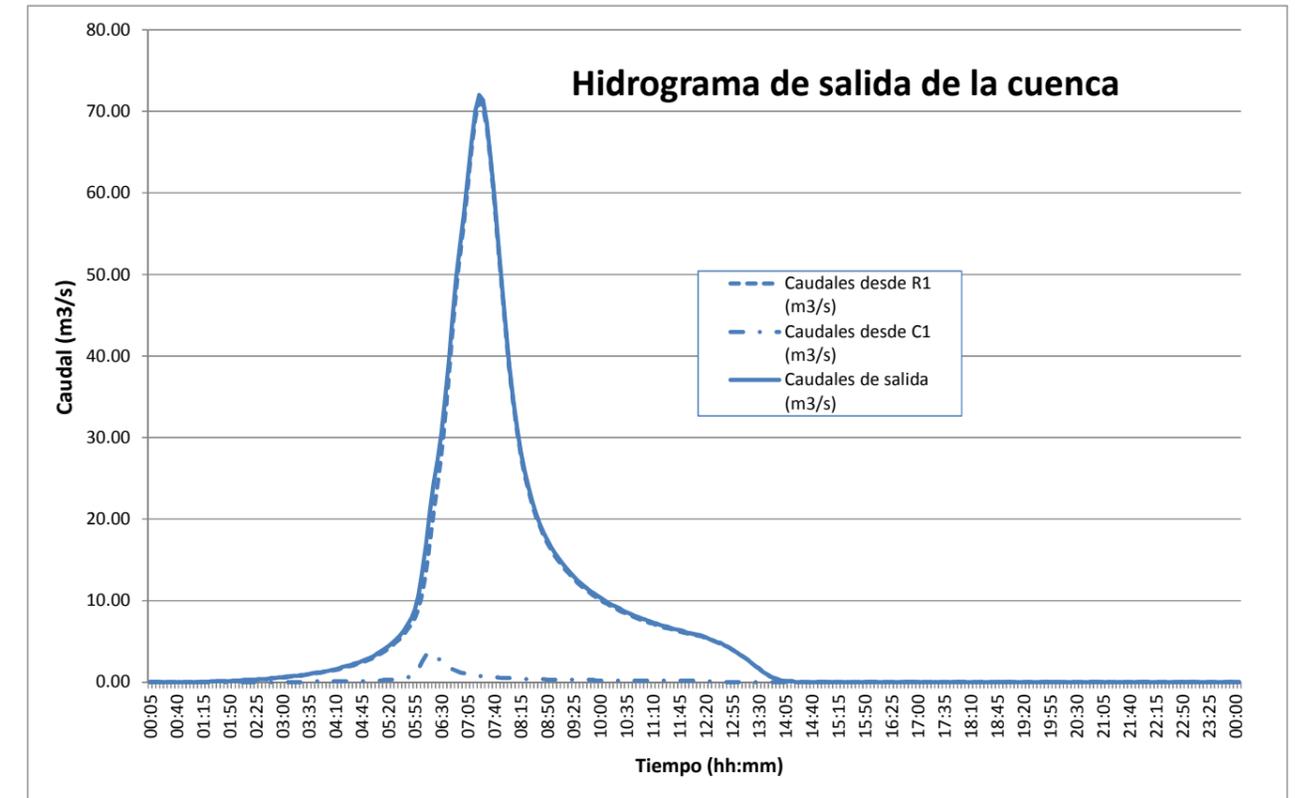
En la modelización no se ha incluido la contribución del flujo base, ya que aunque esto no signifique su no existencia, la contribución a la punta del hidrograma en situación de avenida se debe a la generación de escorrentía superficial (mecanismo hortoniano) y a la propagación de la onda de avenida a lo largo del cauce, en el contexto característico de las situaciones “flash flood” típicas de la hidrología de cuencas semiáridas mediterráneas.



Esquema del modelo hidrológico en Hec-HMS

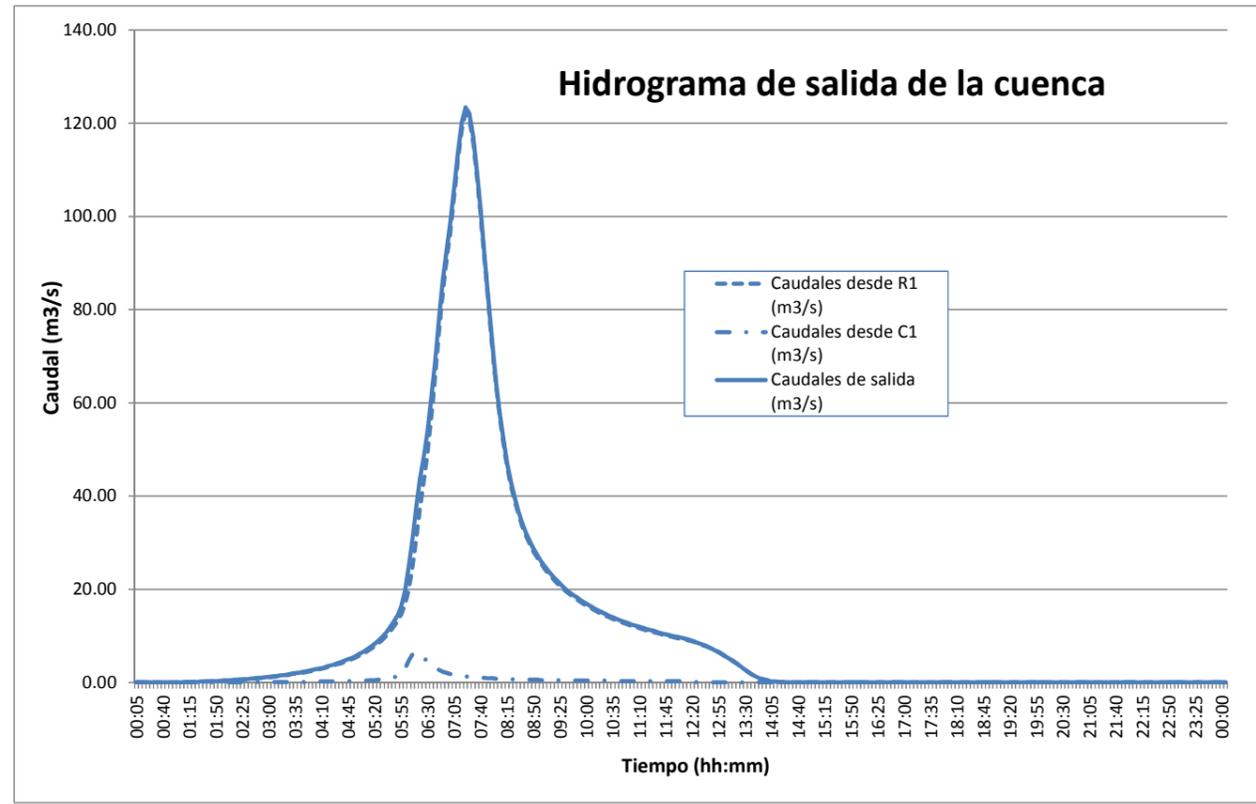
Hidrogramas para Periodo de Retorno de 25 años:

Se muestran a continuación únicamente los hidrogramas que han sido utilizados posteriormente para la simulación hidráulica:

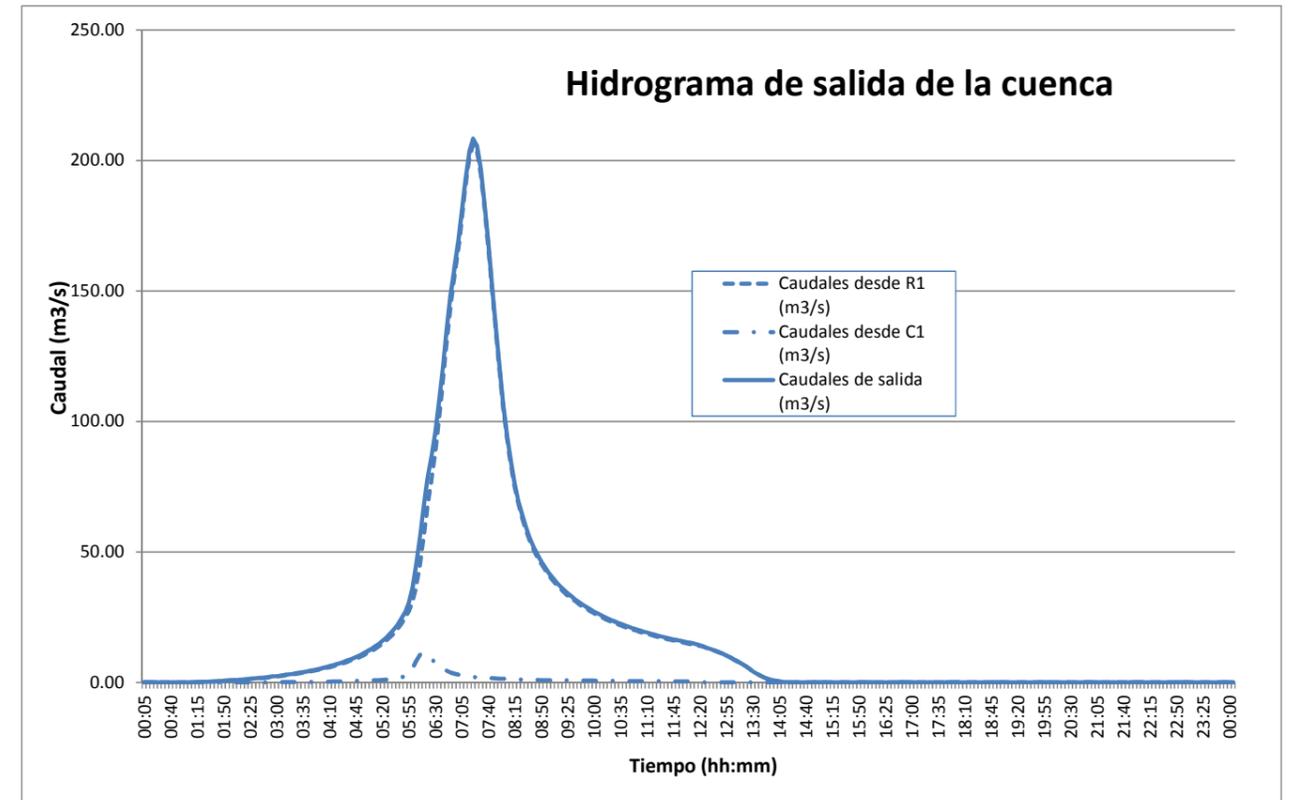


A continuación se presentan los caudales pico obtenidos en el estudio hidrológico con la condición de humedad media corregida por el factor correspondiente, así como los hidrogramas obtenidos en los puntos de interés.

Hidrogramas para el periodo de retorno de 100 años:



Hidrogramas para el periodo de retorno de 500 años:



6. CARTOGRAFÍA

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.

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 Ortografía Aérea), cuyas especificaciones se describen en este apartado.

6.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

6.1.1. 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 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 permiten caracterizar la posición espacial del instrumental de medición – velocidad, giros para cada uno de los ejes,... -. Es decir, se determina de forma precisa la posición del sensor (sobre el avión), y desde este se miden las alturas o distancias al terreno, para poder conocer las coordenadas (X, Y, Z) de la superficie topográfica.

6.1.2. 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 menor (b) = 6.356.752,31414 m
 - Aplanamiento = 1:298,257222101
- Orígenes de Coordenadas geodésicas:
 - Origen Geocéntrico
 - Eje X intersección con el meridiano de Greenwich y el plano del ecuador medio, eje Z en la dirección del polo OCI y el eje Y perpendicular y formando un triedro directo con los ejes X y 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.

6.1.3. 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:

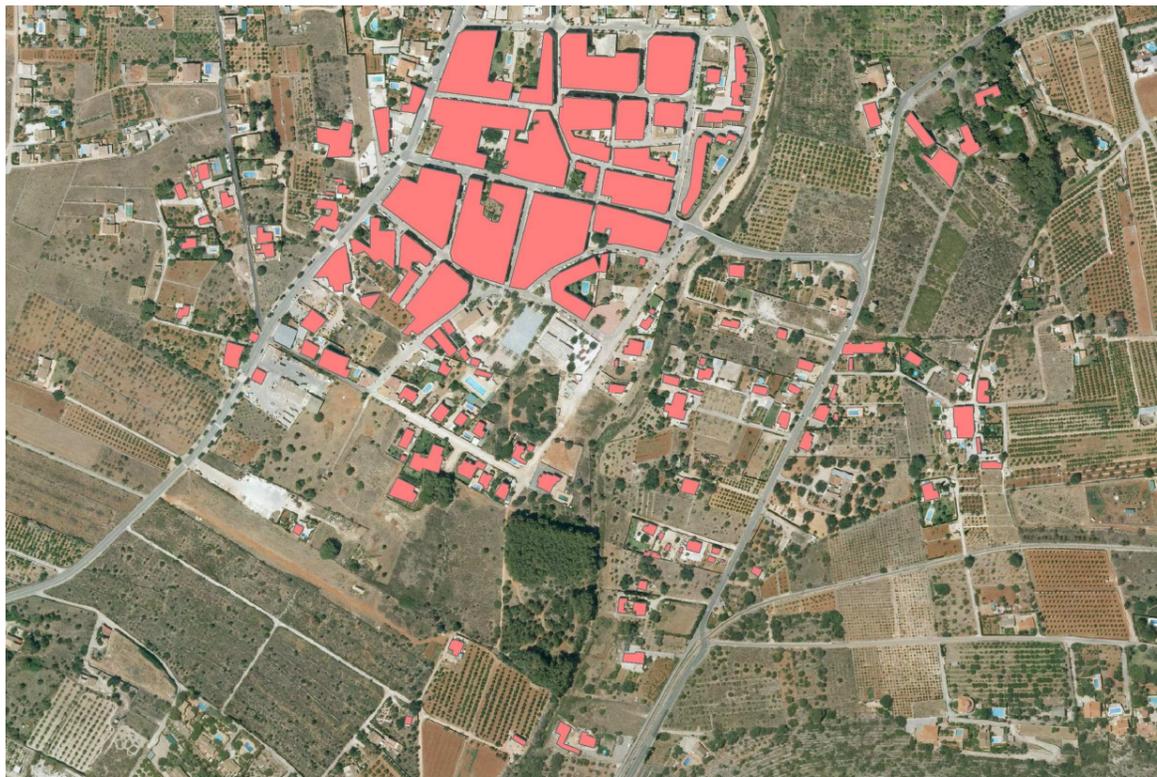
- Campo de visión transversal (FOV): máximo FOV de 50° efectivos.
- Frecuencia de escaneado: sensor con una frecuencia de escaneado mínima de 70 Hz.
- Frecuencia de pulso: mínima de 45 kHz, asumiendo un FOV de 50° y un máximo alcance de hasta 3000 m.
- Resolución espacial: vuelo planificado a una velocidad 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.
- Resolución radiométrica de intensidades múltiples: rango dinámico de al menos 8 bits.
- Uso obligatorio de sistema de navegación GPS doble frecuencia de al menos 2 Hz.
- Uso obligatorio de sistema inercial con frecuencia de registro de datos de al menos 200 Hz, y deriva inferior a 0,1° por hora.
- 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).
- Desviaciones de la trayectoria del avión: < 15 metros de la planificada.
- Desviaciones de la vertical del sensor LiDAR: < 5%.
- Precisión global horizontal: < 30 cm
- Precisión general altimétrica: < 40 cm (error máximo en el 95% de los casos < 80 cm)
- Discrepancia altimétrica entre pasadas: < 80 cm

6.1.4. Tratamiento de la información

La información bruta del LiDAR requiere ciertos tratamientos previos, antes de ser utilizada en la generación de los modelos hidráulicos.

Eliminación de edificios en el MDT:

Dado que el modelo digital del terreno va a ser integrado en un modelo hidráulico, hemos de tener en cuenta que estos edificios suponen un obstáculo al paso del agua, de manera que deben tenerse en cuenta en el MDT. La manera de integrar estas edificaciones en el MDT en formato ráster es, paradójicamente, eliminar las celdas que éstas ocupan para crear artificialmente los “muros infinitos” que las paredes de las edificaciones suponen.



Modelo de polígonos para la representación de las edificaciones



Eliminación del contorno de las edificaciones del MDT en formato ráster



Vista 3D del contorno de los edificios en el barranco

7. ESTUDIO HIDRÁULICO

7.1. 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 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 constantes, 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 la 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 en 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, Infoworks 2D o, en nuestro caso, IBER, 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 dos dimensiones la posición de la superficie libre de agua obteniendo el calado en cada punto (X,Y), y las velocidades medidas 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 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 a 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.

7.2. MODELIZACIÓN BIDIMENSIONAL: MODELO IBER

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 los modelos cuasi – bidimensionales, podemos diferenciar entre el cauce y las llanuras de inundación y evaluarlas por separado, manteniendo las ecuaciones de continuidad entre ambas. Pero esto nos servirá en el caso de que los calados sean pequeños, si la lámina de agua aumenta no podemos considerar que se comportan aisladamente y por lo tanto esto puede introducir errores en las ecuaciones unidimensionales debido a que el campo de velocidades deja de ser uniforme en una sección, y por lo tanto el flujo deja de ser perpendicular a la sección transversal del río.

Con tal motivo, se ha utilizado el modelo matemático IBER. IBER es un modelo matemático bidimensional desarrollado por el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA, (Universidad de A Coruña), y el Instituto FLUMEN (Universitat Politècnica de Catalunya, UPC y Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE).

Un modelo bidimensional ofrece grandes ventajas respecto a los cálculos con modelos unidimensionales, ya sean en régimen variable o en régimen permanente, dando una mayor estabilidad y convergencia que los anteriores. Además, los modelos bidimensionales son capaces de simular con un mayor ajuste a la realidad todas aquellas situaciones en que el flujo no es exclusivamente unidireccional, ampliándose por tanto enormemente su campo de aplicación.

7.2.1. Fundamentos hidráulicos

Las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales se obtienen a partir de las leyes físicas de conservación de la masa y la cantidad de movimiento, junto con la primera y segunda ley de la termodinámica. De ellas, para un fluido newtoniano e isótropo se obtienen las ecuaciones de Navier – Stokes, que particularizadas para describir las variables promediadas en un pequeño incremento de tiempo se concretan en las ecuaciones de Reynolds.

En gran parte de los flujos en lámina libre el valor de las variables cambia poco en una misma vertical. Esta consideración permite pensar en una simplificación de las ecuaciones de Reynolds a dos dimensiones mediante un promedio vertical de las ecuaciones tridimensionales. Para poder hacer esta simplificación se consideran las hipótesis siguientes:

1. Profundidad de la capa de agua pequeña con relación a las otras dimensiones del problema.
2. Distribución hidrostática de presiones en la vertical.
3. Pendiente de la solera reducida.

Estas hipótesis están estrechamente ligadas. Para que se cumpla la hipótesis de distribución hidrostática de presiones es necesario que la curvatura de las líneas de corriente sea pequeña. El cumplimiento de estas hipótesis implica además que las componentes de la velocidad y aceleración en el eje Z son despreciables frente a las otras dos componentes en los otros ejes, y también que éstas últimas tienen una marcada uniformidad vertical. Se asume un campo de velocidad homogéneo en profundidad.

A diferencia de los modelos 1D, los modelos 2D trabajan con las dos componentes de la velocidad horizontal promediada en profundidad. Éstas se definen como:

$$u_x = \frac{1}{h} \int_{z_0}^{z_s} \bar{u}_x \cdot dz \quad u_y = \frac{1}{h} \int_{z_0}^{z_s} \bar{u}_y \cdot dz \quad h = z_s - z_0$$

Dónde:

h = Calado en el punto del dominio estudiado

\bar{u}_x y \bar{u}_y = Componentes horizontales de la velocidad tridimensional

u_x y u_y = Componentes de la velocidad horizontal promediada en profundidad

z_0 = Elevación del fondo

z_s = Elevación de la superficie del agua

En su forma más general, las ecuaciones de aguas someras bidimensionales pueden incluir los siguientes efectos:

- Presión hidrostática
- Pendiente del fondo
- Rozamiento del fondo
- Tensiones tangenciales viscosas
- Tensiones tangenciales turbulentas
- Rozamiento superficial por viento
- Fuerza de Coriolis
- Aportaciones puntuales o distribuidas de caudal

Simplificación de las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones:

Si no se considera la fuerza de Coriolis, que para cauces de ríos no suele ser significativa, ni las tensiones efectivas, que tienen poca importancia con respecto a los otros términos, ni las tensiones producidas por el viento en la superficie libre, se pueden escribir las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales como:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(h \cdot u_x)}{\partial x} + \frac{\partial(h \cdot u_y)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial(h \cdot u_x)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(h \cdot u_x^2 + g \cdot \frac{h^2}{2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} (h \cdot u_x \cdot u_y) = g \cdot h \cdot (S_{0x} - s_{fx})$$

$$\frac{\partial(h \cdot u_y)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (h \cdot u_x \cdot u_y) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h \cdot u_y^2 + g \cdot \frac{h^2}{2} \right) = g \cdot h \cdot (S_{0y} - s_{fy})$$

No se ha considerado aquí ningún modelo de turbulencia, por lo que la disipación de los términos de tensiones efectivas solamente se puede tener en cuenta, de manera muy aproximada, en el término de

Modelación bidimensional del flujo en lámina libre en aguas poco profundas. IBER

IBER ha sido desarrollado por el equipo de investigación FLUMEN, del departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Escuela Técnica Superior de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Cataluña.

IBER es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, y de procesos medioambientales en hidráulica fluvial. El rango de aplicación de IBER abarca la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de sedimentos y el flujo de marea en estuarios.

El modelo IBER se desarrolló para simulaciones hidrodinámicas en geometrías irregulares, utiliza mallas irregulares de triángulos o cuadriláteros, y en una dimensión agregan secciones transversales (canal principal y llanuras de inundación).

También incorpora procesos para considerar el mojado y secado del dominio, así como la variación de la rugosidad en el espacio y con las características del flujo. Finalmente, el sistema, que utiliza las ecuaciones de Saint Venant también se puede utilizar como modelo hidrológico, plenamente integrado con el modelo hidráulico.

El modelo IBER consta de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros.

En el módulo hidrodinámico, que constituye la base de IBER, se resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad (ecuaciones de Saint Venant 2D). el módulo de turbulencia permite incluir las tensiones turbulentas en el cálculo hidrodinámico, pudiéndose utilizar para ello diferentes modelos de turbulencia para aguas someras con diferente grado de complejidad. El módulo de transporte de sedimentos resuelve las ecuaciones de transporte de fondo y transporte turbulento en suspensión, calculando a partir del balance de masa de sedimento la evolución de la cota de fondo.

En este apartado se comentará brevemente únicamente el módulo hidrodinámico.

Módulo Hidrodinámico

El módulo hidrodinámico resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de Saint Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad.

Como ya se ha comentado, en su forma más general, las ecuaciones de aguas someras bidimensionales pueden incluir los efectos que se mencionan a continuación:

- Presión hidrostática y pendiente de fondo
- Fricción de fondo
- Rozamiento superficial por viento
- Tensiones efectivas
- Aportaciones de caudal
- Condiciones de contorno hidrodinámicas
- Contornos cerrados
- Contornos abiertos
- Condiciones de contorno internas
- Infiltración
- Abstracción inicial
- Zona de flujo preferente y zonas inundables

Esquema de cálculo:

Tanto las ecuaciones hidrodinámicas como las correspondientes a los modelos de turbulencia y de transporte de sedimentos, se resuelven en forma integral por el método de volúmenes finitos.

Las características de los esquemas numéricos utilizados en todos los módulos de IBER son las siguientes:

- Esquemas en volúmenes finitos, planteados en forma integral y consecutiva.
- Mallado no estructurado. Mallas formadas por elementos de 3 y 4 lados.
- Capacidad de resolver flujo rápidamente variado (régimen subcrítico, supercrítico, cambios de régimen,...).
- Capacidad de resolver flujo rápidamente variable (resaltos, ondas de choque no estacionarias,...).
- Resolución de las ecuaciones hidrodinámicas mediante esquemas descentrados tipo Roe de alta resolución (orden superior a 1 y no oscilatorios).
- Tratamiento descentrado del término fuente pendiente de fondo.
- Tratamiento centrado del resto de términos fuente.
- Esquemas de orden 1 y orden 2 por líneas de precisión en espacio.
- Esquemas explícitos en tiempo.
- Tratamiento de fuentes seco-mojado no estacionarios mediante esquemas estables y conservativos (sin pérdida de masa).

Malla de cálculo:

Para resolver una ecuación diferencial por el método de volúmenes finitos es necesario realizar previamente una discretización espacial del dominio a estudiar. Para ello se divide el dominio de estudio en celdas de tamaño relativamente pequeño (malla de cálculo). IBER trabaja con mallas no estructuradas formadas por elementos que pueden tener 3 o 4 lados. Se pueden combinar elementos irregulares de 3 y 4 lados dentro de la misma malla. La principal ventaja de trabajar con mallas no estructuradas es la facilidad con que se adaptan a cualquier geometría, ya que no es necesario que la malla tenga ningún tipo de organización o estructura interna.

IBER utiliza las ecuaciones de Saint Venant bidimensionales y las resuelve en cada elemento de la malla irregular del dominio. De esta manera se obtienen resultados de cada variable en cada instante de tiempo en cada elemento.

Discretización en volúmenes finitos de las ecuaciones hidrodinámicas:

La técnica de los volúmenes finitos resulta muy útil a la hora de desarrollar esquemas de alta resolución en dos dimensiones. Los volúmenes finitos permiten discretizar el dominio con mallas irregulares, y por tanto, adaptadas a los contornos y utiliza la formulación integral de las ecuaciones.

Los esquemas explícitos son aquellos en los que el cálculo de las variables en un instante se efectúa tan sólo con los valores que toman en el instante anterior. Cada punto del dominio espacial (o cada volumen finito) se calcula independientemente de los demás.

Los esquemas explícitos tienen un coste computacional pequeño en cada paso de tiempo, pero para ser estables es necesario trabajar con incrementos de tiempo también pequeños.

Los esquemas implícitos tienen la ventaja sobre los esquemas explícitos que son incondicionalmente estables, aunque la convergencia a veces puede ser difícil de conseguir dependiendo de las condiciones iniciales.

Consideraciones y limitaciones:

Los esquemas numéricos en dos dimensiones nos proporcionan una herramienta muy útil dentro de la modelación hidráulica de una corriente, ya que nos permite estudiar ciertos casos que antes resultaban inviables para los modelos 1D. Este es el caso de estuarios de ríos, tramos cortos de ríos que no se pueden considerar 1D, flujo en llanuras de inundación, flujo fuera de cauces, obras hidráulicas, roturas de presas, etc.

El inconveniente es que logramos un cálculo más preciso de lo que pasa en este tipo de flujo pero a costa de un mayor coste computacional, que como ya hemos dicho anteriormente cada vez supone un menor problema.

A modo de resumen, a continuación se comentan las características principales del modelo IBER:

- Modelación bidimensional (más cercana a la realidad)
- Esquemas de alta resolución (estabilizan el esquema de cálculo)
- Método de los volúmenes finitos.
- Esquema explícito sujeto a la condición de Courant
- Capacidad para simular un volumen de agua determinado
- Capacidad para simular las acciones de:
 - Turbulencia
 - Viento
 - Infiltración
 - Abstracción inicial

Algunas de las ventajas a priori frente a un modelo de cálculo unidimensional son:

- Posibilidad de simular un vaciado de presa, puesto que tiene en cuenta el volumen (conservativo)
- Conocimiento de las líneas de flujo y velocidad en las dos componentes horizontales
- Capacidad de conocer el hidrograma, calado y velocidad en cualquier punto del terreno en las coordenadas horizontales
- Su esquema es de alta resolución
 - 2º orden en zonas suaves, donde no existan oscilaciones espurias
 - Mayor precisión en cambios de régimen
 - Discontinuidades suavizadas
- Convergencia asegurada (esquema explícito)

- Ecuaciones en forma conservativa con ventajas para régimen rápido y cambios de régimen
- Mallas irregulares adaptadas a los contornos
- Conceptualmente simples
- La calibración del modelo es mucho más sencilla que en modelos unidimensionales como Hec-Ras, pero el tiempo de cálculo es mucho mayor.
- Nos permite reducir el riesgo asociado a una inundación de una manera más fiable que en un modelo 2D
- Permite el almacenamiento en zonas y posterior movilización del volumen almacenado

No obstante, las limitaciones de IBER están relacionadas con la malla de cálculo.

- El tiempo de cálculo depende de la discretización de la malla (mallas muy finas requieren de un gran tiempo de cálculo)
- La modelación de la simulación requiere una buena geometría y una resolución de malla razonable con la orografía del terreno.

El descentramiento del flujo convectivo es equivalente desde el punto de vista matemático a añadir un término de difusión (al que generalmente se le llama difusión numérica o artificial) con un coeficiente de difusividad (numérica) proporcional al tamaño de malla. Es por lo tanto conveniente utilizar mallas finas para disminuir el error introducido por la difusión numérica o recurrir a esquemas de orden superior a uno.

Cuando se requiere un orden de precisión elevado con un tamaño de malla que no sea excesivamente fino, es necesario recurrir a esquemas de orden superior. En el módulo hidrodinámico de IBER se consigue aumentar el orden de precisión del esquema de Roe mediante una extensión de orden 2 del flujo numérico, y una limitación TVD (Total Variation Diminishing) del mismo.

7.3. 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 contornos de edificios, muros y zonas de mayor variación orográfica se utiliza un tamaño menor de los triángulos que en las zonas de planicie, procurando obtener la máxima precisión en aquellas zonas más críticas.

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

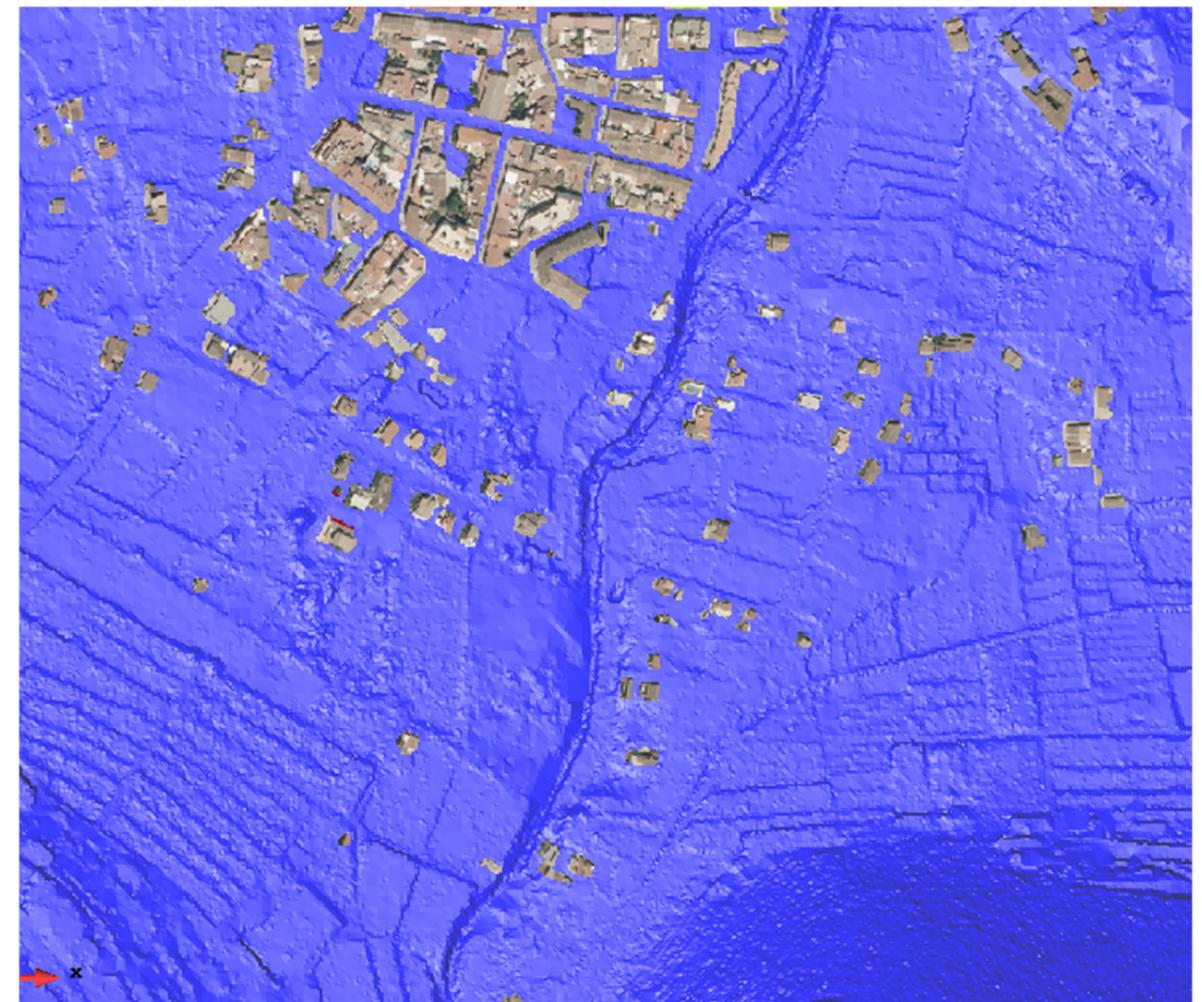
- Importación del modelo digital del terreno obtenido a partir del LiDAR del PNOA, de 0,5 puntos por metro cuadrado.
- Identificar la zona a modelar mediante un polígono de simulación identificando el tamaño máximo y mínimo de los triángulos de la malla dentro del mismo.



Ámbito de estudio

- Identificar las edificaciones para no realizar el mallado dentro de ellos, generando una condición de contorno interna actuando como muros infinitos.

- Identificar las zonas con tamaños de mallado con diferentes precisiones de tamaño máximo y mínimo de los triángulos en la malla de simulación. Generalmente en cauces, edificios y estructuras que intervienen directamente en el comportamiento del flujo.
- Generación de la malla: una vez importado el modelo y completamente identificados estos elementos se procede a la creación de la malla indicando el tamaño máximo permitido y el tamaño mínimo a partir del cual se agrupan los triángulos en elementos irregulares para disminuir el tiempo de cálculo. Se verifica que en los puntos de mayor interés, anteriormente citados, se reproducen con suficiente fidelidad todos esos elementos que influirán en el comportamiento de la lámina de agua.



Mallado 3D de la zona de estudio

7.4. ESTRUCTURAS

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

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

Los colectores de la zona de estudio se han modelizado mediante esta herramienta. Para el cálculo del caudal que transportan se utiliza la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^2 \cdot J^{1/2}$$

Esta es una manera sencilla que nos permite transportar un determinado caudal, definido por la geometría de la alcantarilla, desde el lugar de captación hasta el lugar de vertido.

En la entrada a La Xara desde la CV-735, en la calle de Constantí Gómez, existe un paso superior de la carretera sobre el barranco, el cual reduce la sección del barranco en este punto.

El MDT utilizado no tiene en cuenta el paso inferior del agua bajo la carretera, tomando las cotas de ésta e impidiendo el paso del flujo a través del barranco en este punto. Para evitar esto, se ha modelizado un “culvert” en este punto, de sección 4,00 x 2,00 metros.

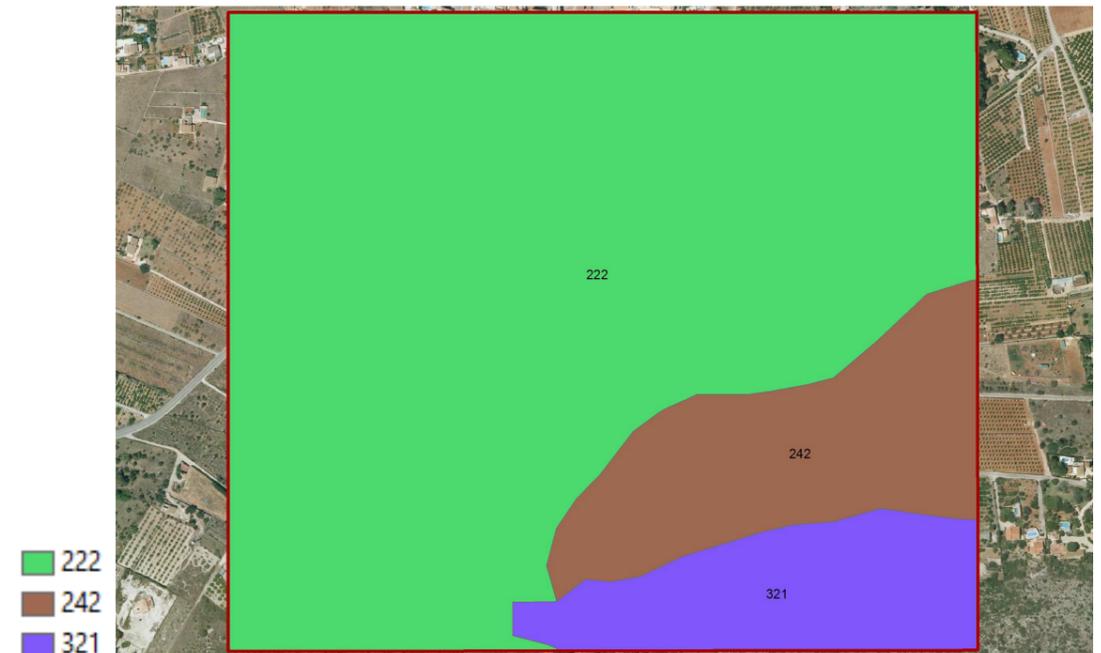


7.5. RUGOSIDAD

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 se muestran los polígonos de rugosidad del suelo:

Código Corine 2006	Tipo de Suelo	n Manning
111	Tejido urbano continuo	0.0600
123	Zonas portuarias	0.0130
112	Tejido urbano discontinuo	0.0600
121	Zonas industriales o comerciales	0.0600
142	Instalaciones deportivas y recreativas	0.0250
222	Frutales	0.0450
242	Mosaico de cultivos	0.0450
243	Terrenos principalmente agrícolas pero con importantes espacios de vegetación natural y seminatural	0.0450
312	Bosques de coníferas	0.0850
321	Pastizales naturales	0.0750
323	Matorrales esclerófilos	0.0750
324	Matorral boscoso de transición	0.0750

Valores del n de Manning en función del uso del suelo según CORINE LAND COVER 2006



Mapa de usos del suelo en la zona de estudio según CORINE LAND COVER 2006

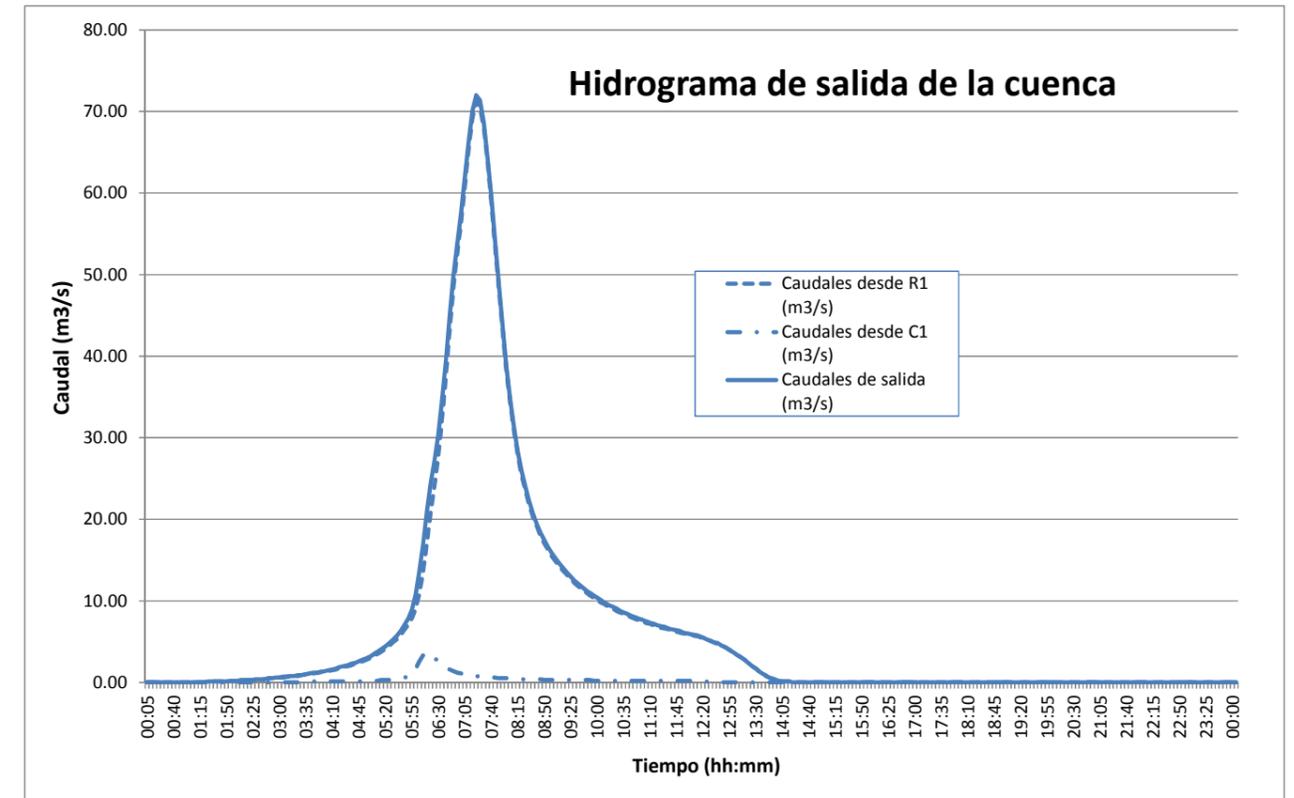
7.6. CONDICIONES INICIALES Y DE CONTORNO

Los modelos de simulación tienen como entradas los hidrogramas ya citados, provenientes de las cuencas de los barrancos de Santa Paula, para periodos de retorno de 25, 100 y 500 años. En las siguientes figuras se muestran los puntos de entrada al modelo. Como condición de contorno, en el perímetro del polígono de simulación se define la condición de calado normal.

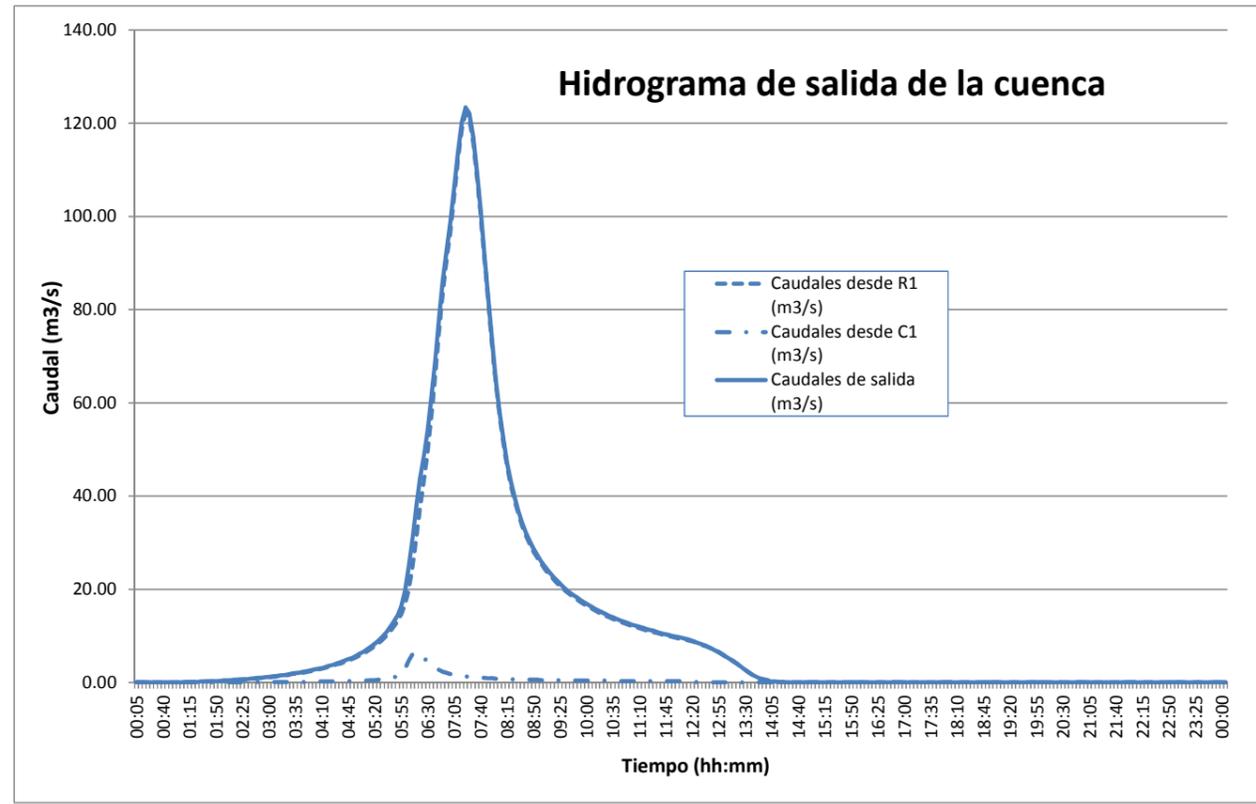


Entrada de hidrogramas en el Barranco del Regatxo

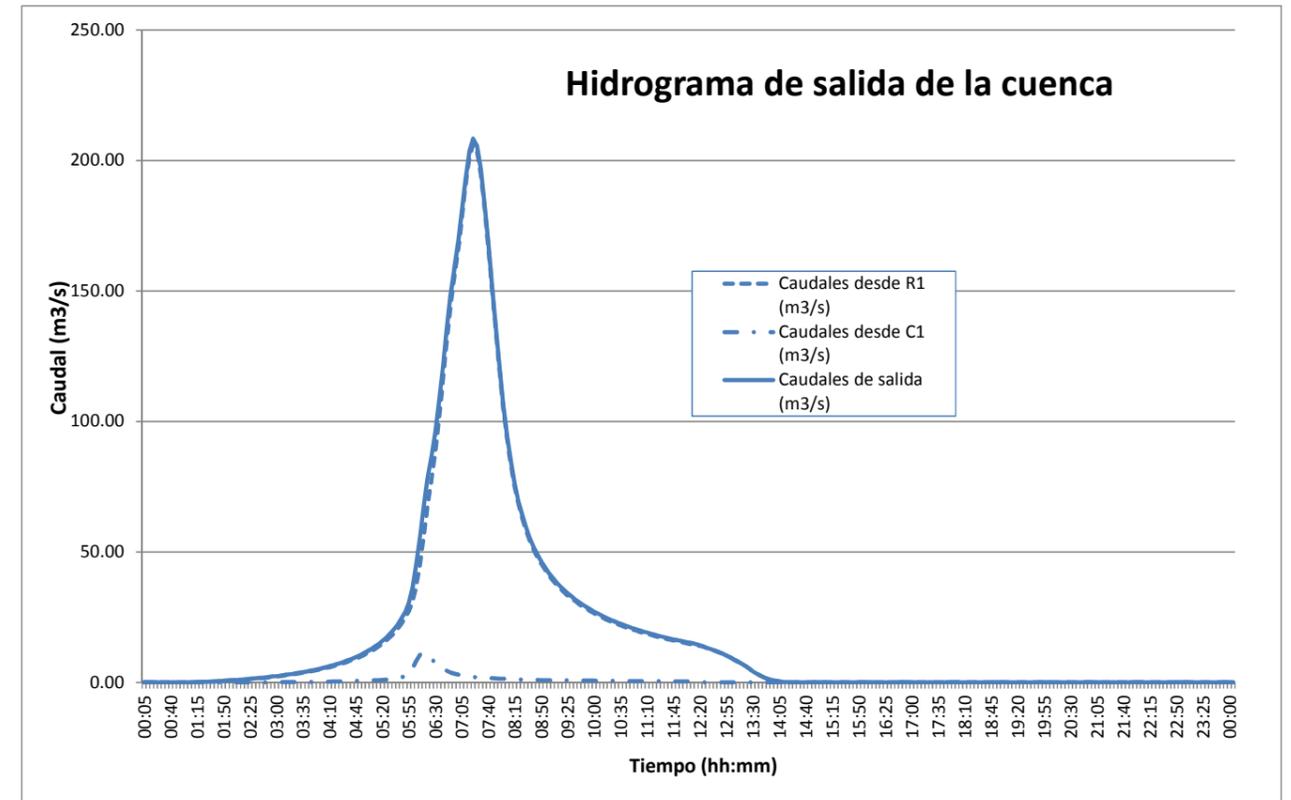
Hidrogramas para Periodo de Retorno de 25 años:



Hidrogramas para el periodo de retorno de 100 años:



Hidrogramas para el periodo de retorno de 500 años:





Contorno de salida del modelo hidráulico

La condición inicial del estado del terreno se ha definido como seca antes del aguacero de cálculo, debido a las características climatológicas de la costa mediterránea, donde los aguaceros se producen muy espaciados en el tiempo y suelen tener carácter torrencial. Así, las condiciones iniciales del terreno se corresponden en toda la zona de estudio con calados nulos.

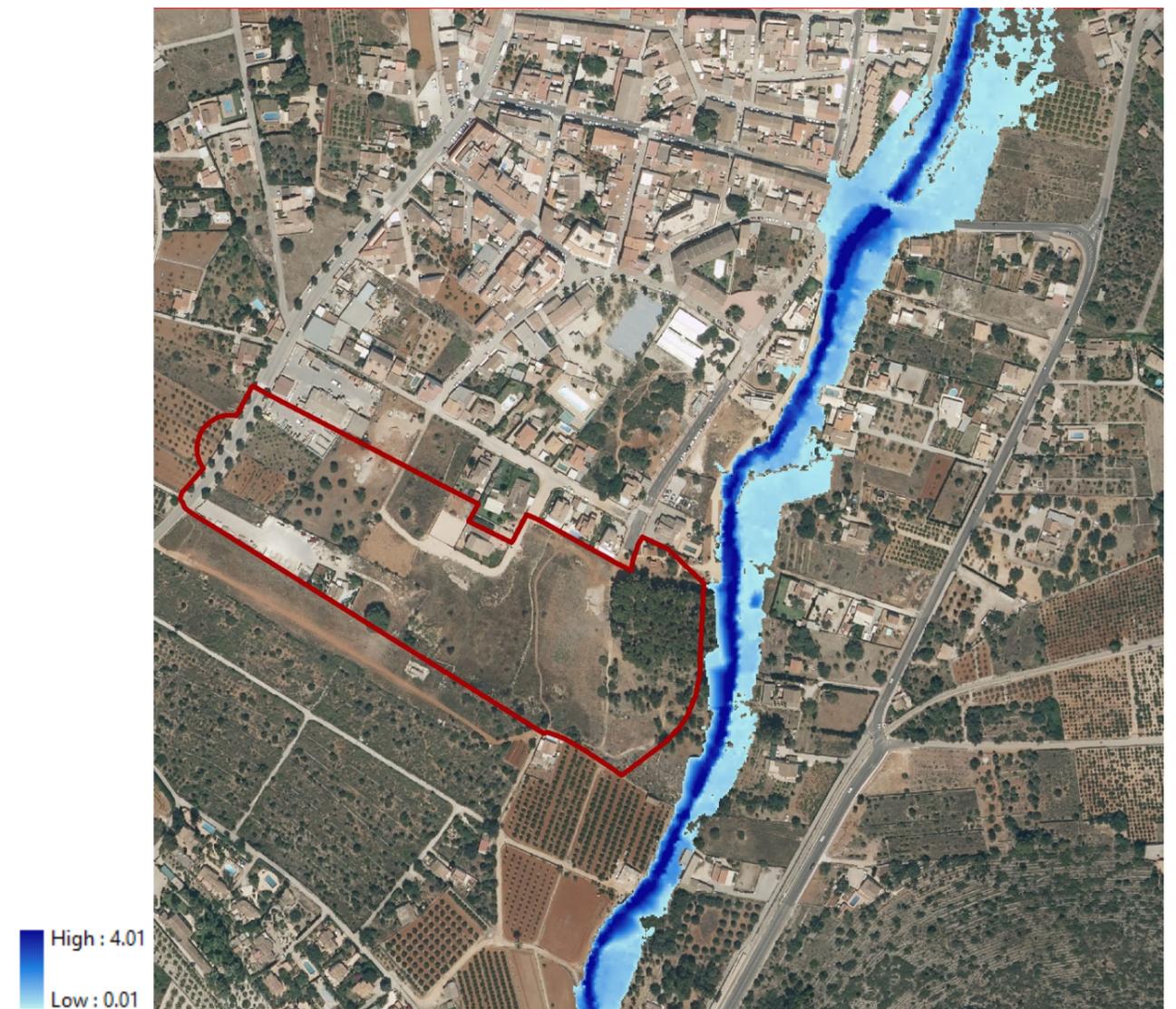
7.7. RESULTADOS

7.7.1. Envolventes de Calados

Calados para el periodo de retorno de 25 años

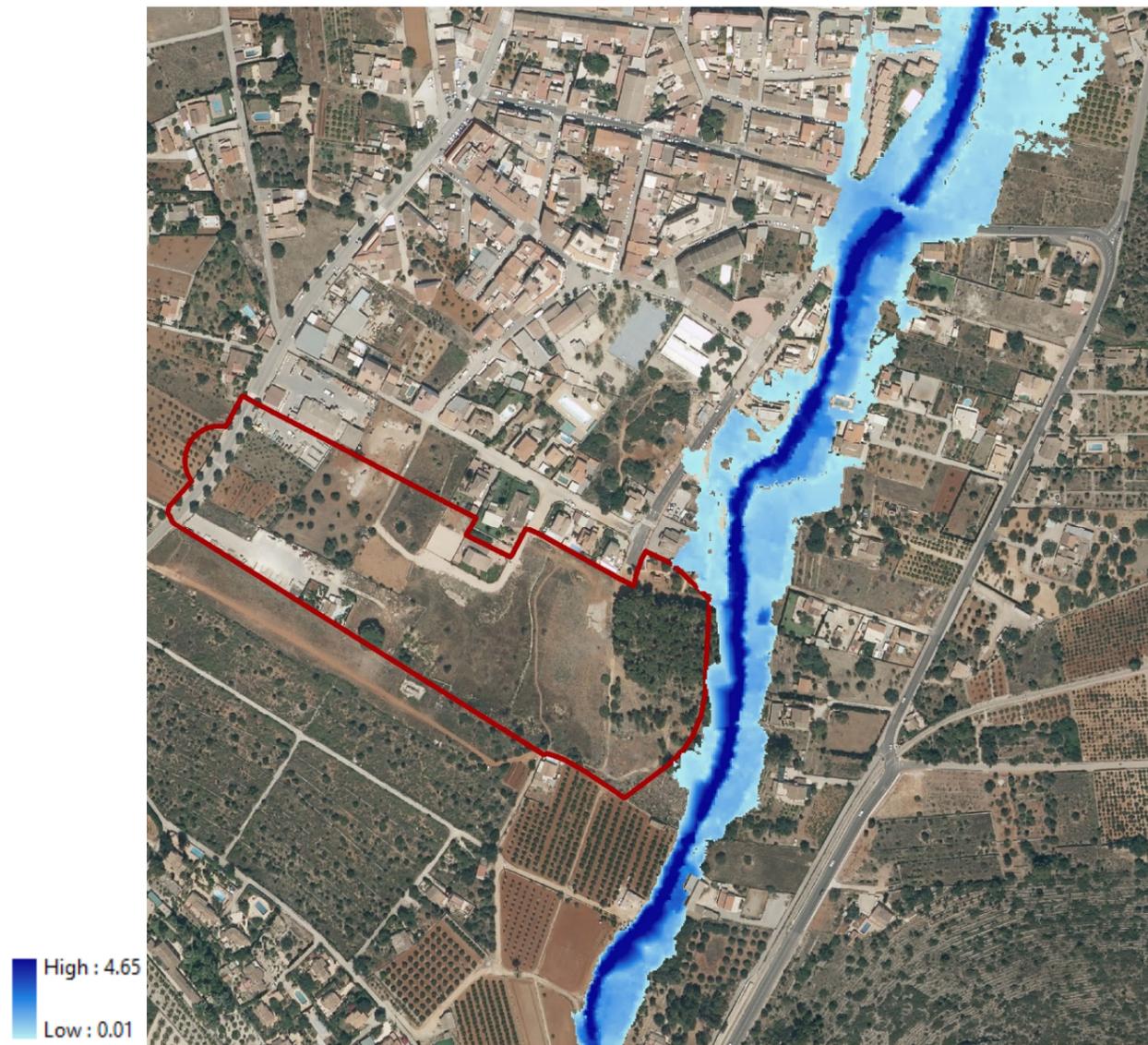
Para el periodo de retorno de 25 años, el cauce transporta medianamente bien el caudal de agua circulante, habiendo pocos desbordamientos, si bien estos llegan a alcanzar las edificaciones colindantes en algunos puntos.

Se puede observar cómo el agua rebosa por encima del paso superior en la calle de Constantí Gómez.



Calados para el periodo de retorno de 100 años

Para el periodo de retorno de 100 años, las zonas inundadas son prácticamente las mismas que en periodo de retorno anterior, lo cual viene a ser indicativo de que el cauce del barranco tiene sección y pendiente aceptables. No obstante, en este caso, la inundación invade algo más la zona urbana más próxima.



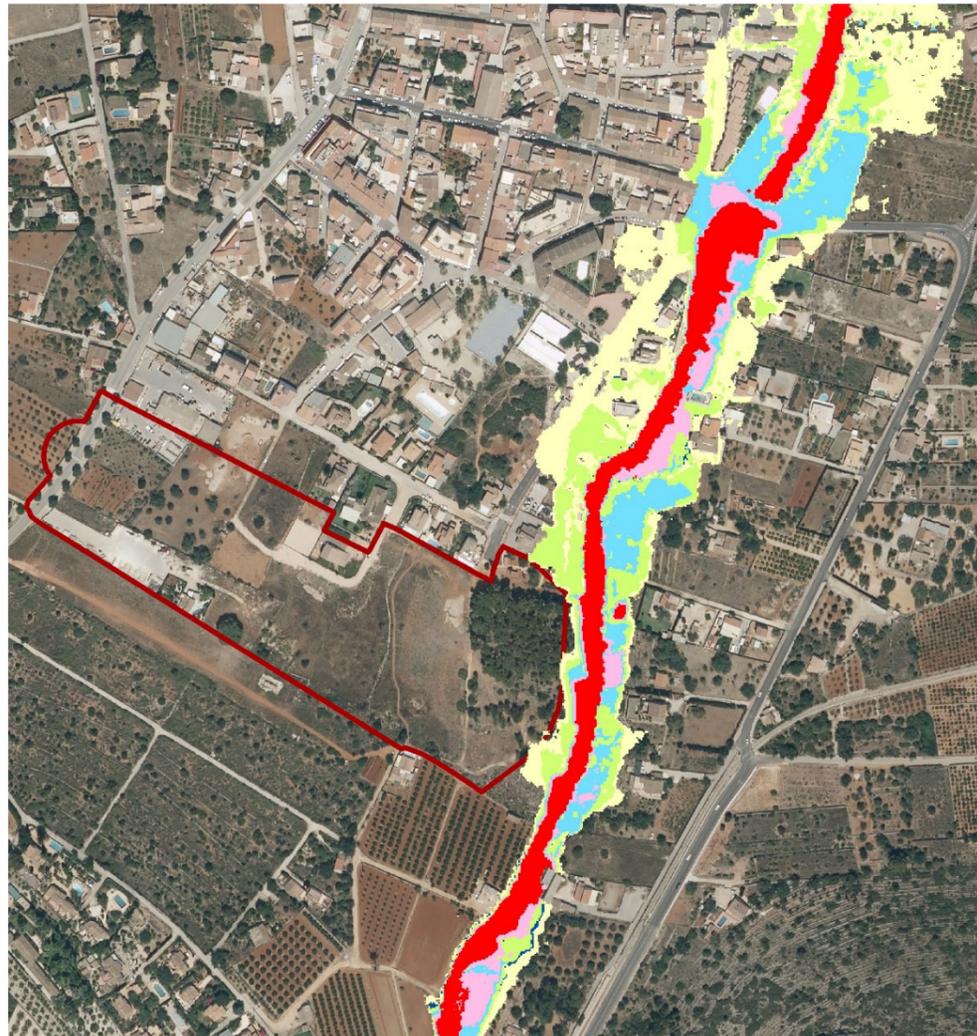
Calados para el periodo de retorno de 500 años

En este caso, la zona afectada es más amplia, alcanzando ésta a una parte mayor de las zonas urbanizadas, así como en las zonas de cultivo adyacentes, pero no así el área de estudio propuesta en el Plan General Estructural.



7.7.2. Niveles de peligrosidad de inundación

Como se observa, la zona este del núcleo urbano de La Xara se encuentra en zonas de peligrosidad de inundación nivel 6, 4 e, incluso, 3. En el caso del sector Pinaret objeto de este estudio, al tratarse actualmente en zona no urbanizable, no puede ocupar terrenos afectados por ningún nivel de peligrosidad de inundación, incluso si se trata de zonas verdes, por lo que el límite del sector a estudiar se ha adaptado a los resultados obtenidos en el estudio hidráulico.



- Nivel 1: Frecuencia alta (25 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 2: Frecuencia media (100 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 3: Frecuencia alta (25 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 4: Frecuencia media (100 años) y calado bajo (<0.8 m)
- Nivel 5: Frecuencia baja (500 años) y calado alto (>0.8 m)
- Nivel 6: Frecuencia baja (500 años) y calado bajo (<0.8 m)

7.7.3. Zona de Flujo Preferente

Se muestra a continuación la zona de flujo preferente del barranco del Regatxo a su paso por la Xara, donde se puede observar que el sector analizado no se ve afectado por ésta.



8. PLANOS

0. ÍNDICE DE PLANOS
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. FUTUROS DESARROLLOS URBANÍSTICOS
3. ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS
 - 3.1. PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS
 - 3.2. PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS
 - 3.3. PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS
4. ZONAS DE FLUJO PREFERENTE
5. NIVELES DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN

ÍNDICE DE PLANOS

0. ÍNDICE DE PLANOS

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

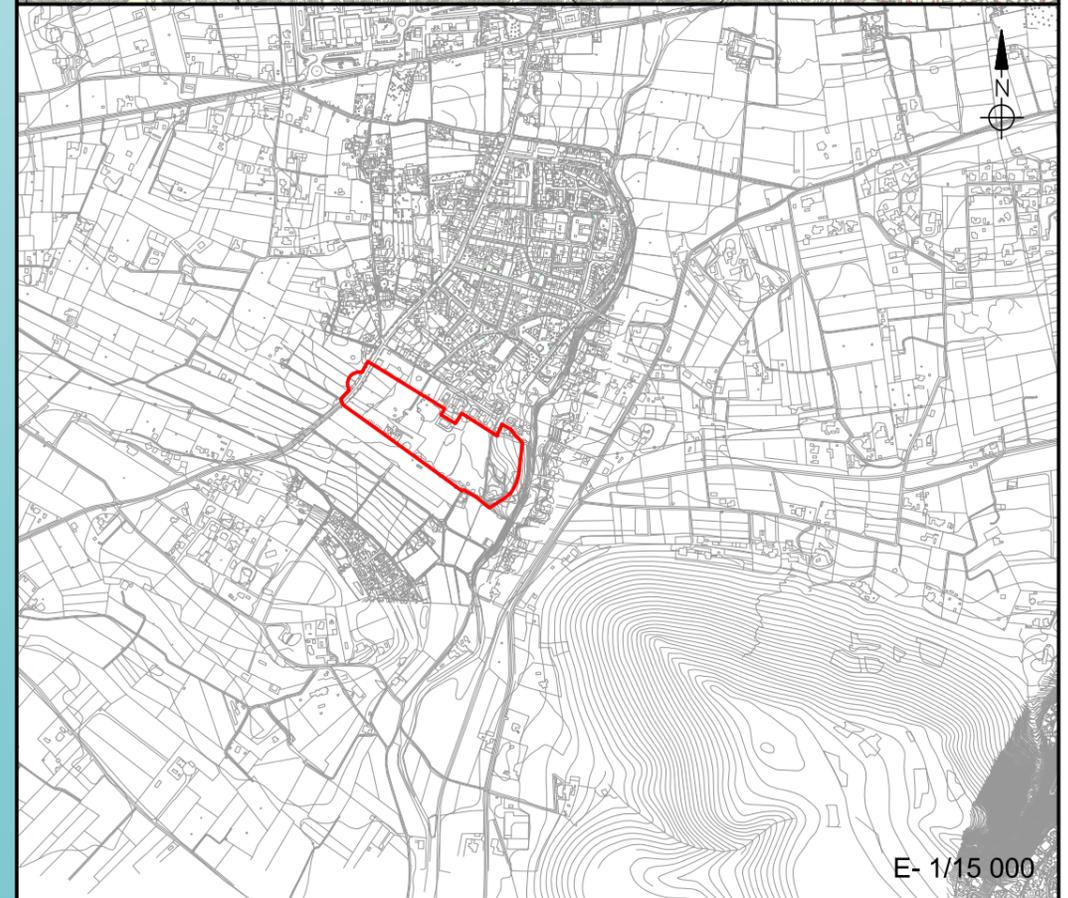
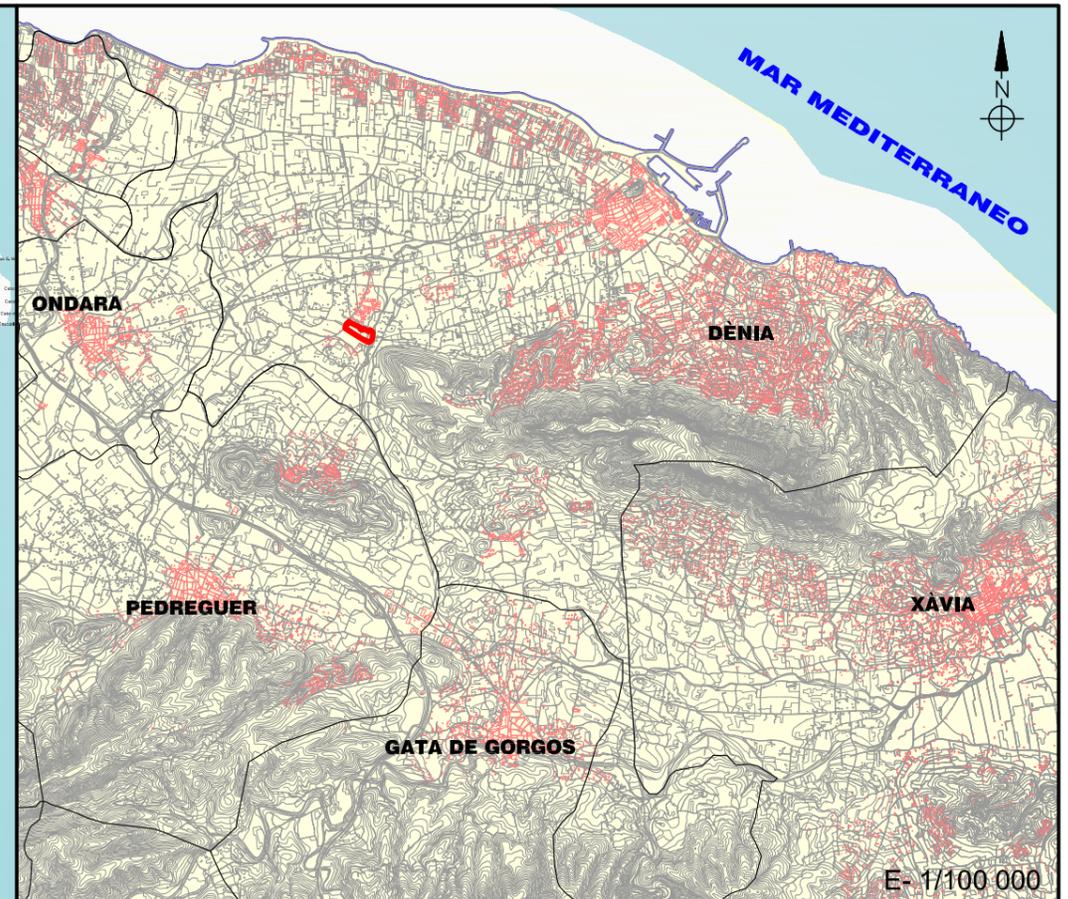
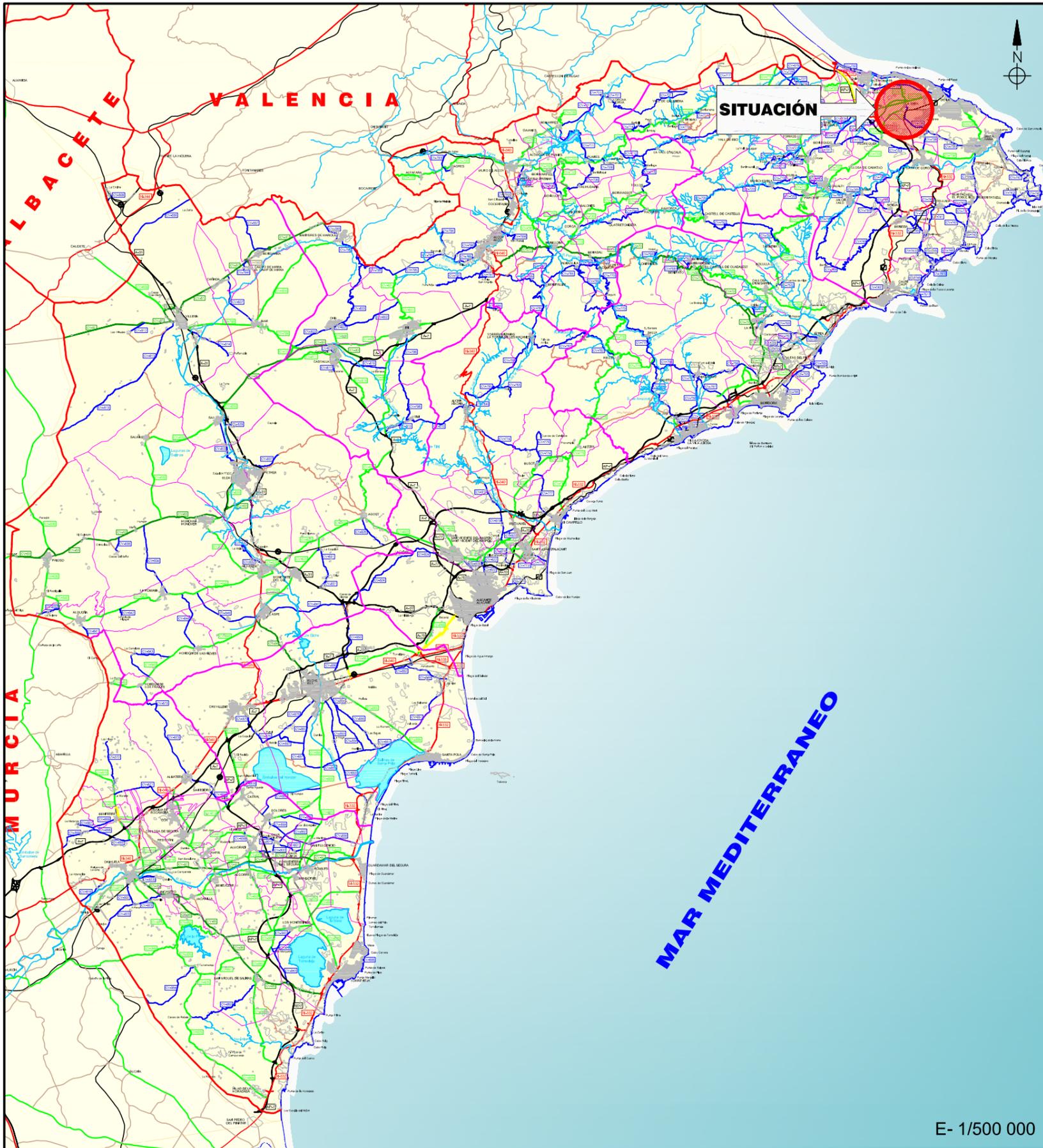
2. FUTUROS DESARROLLOS URBANÍSTICOS

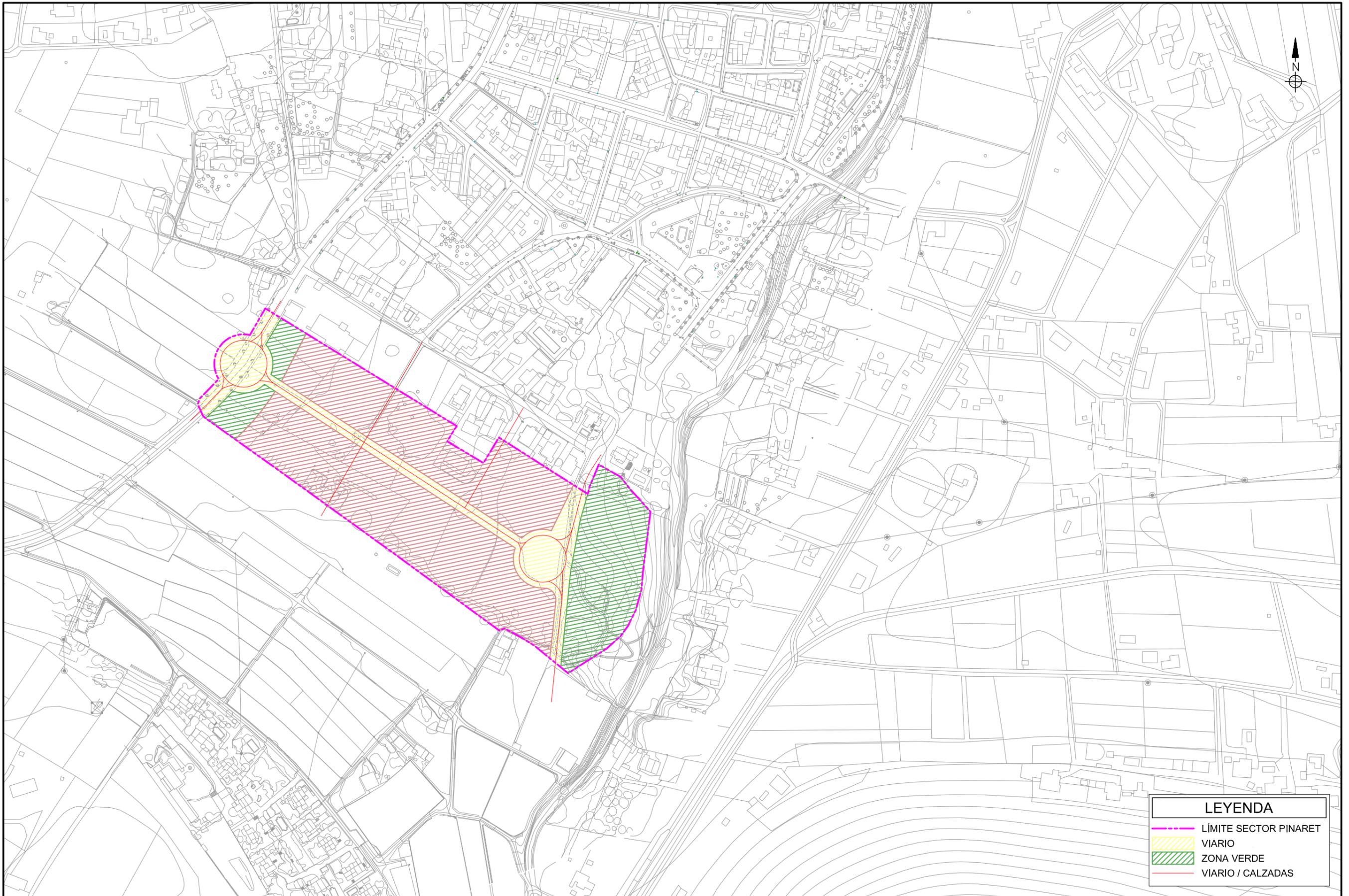
3. ENVOLVENTE DE CALADOS MÁXIMOS

- 3.1- PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 25 AÑOS
- 3.2- PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS
- 3.3- PARA EL PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

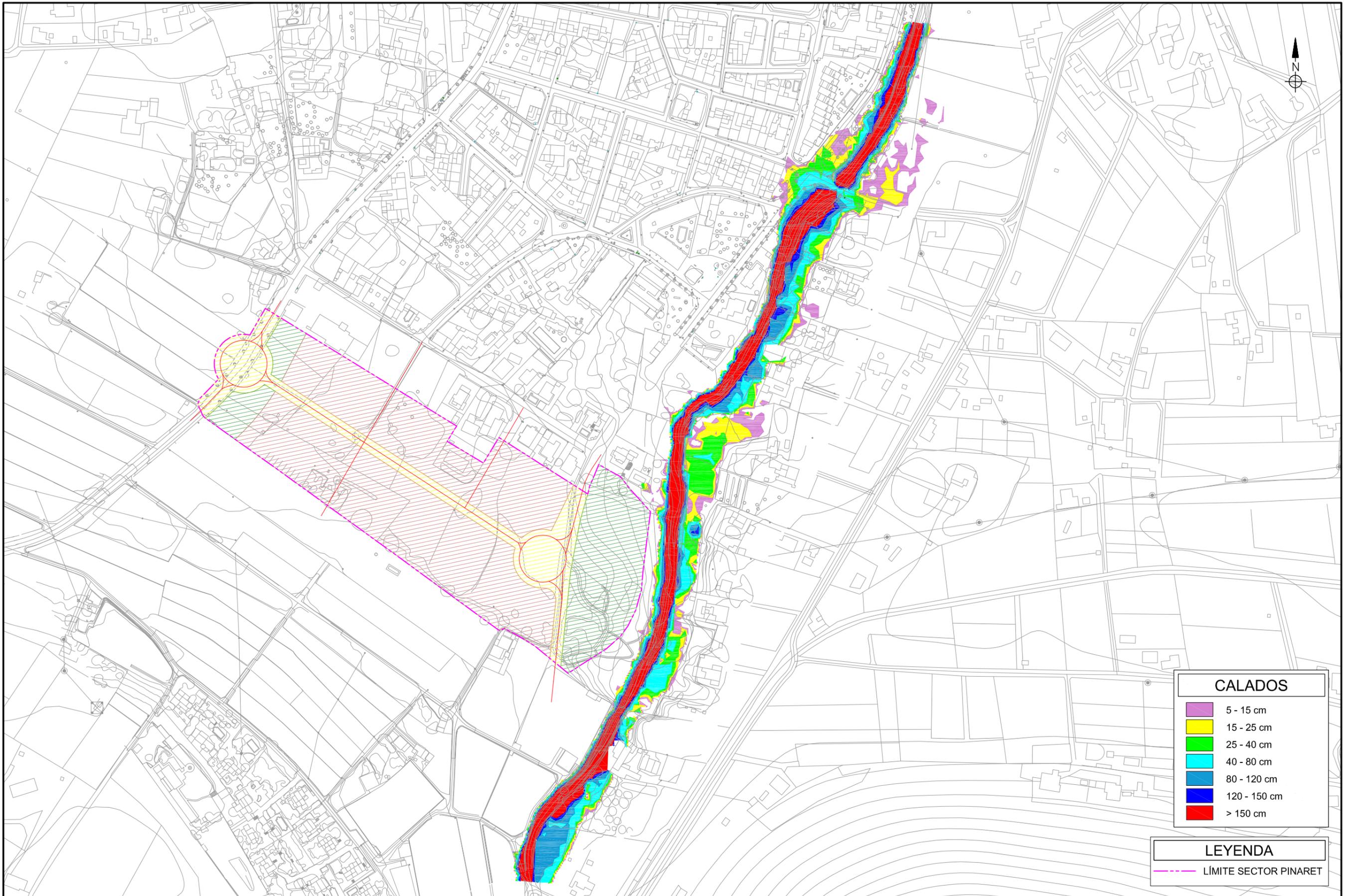
4. ZONAS DE FLUJO PREFERENTE

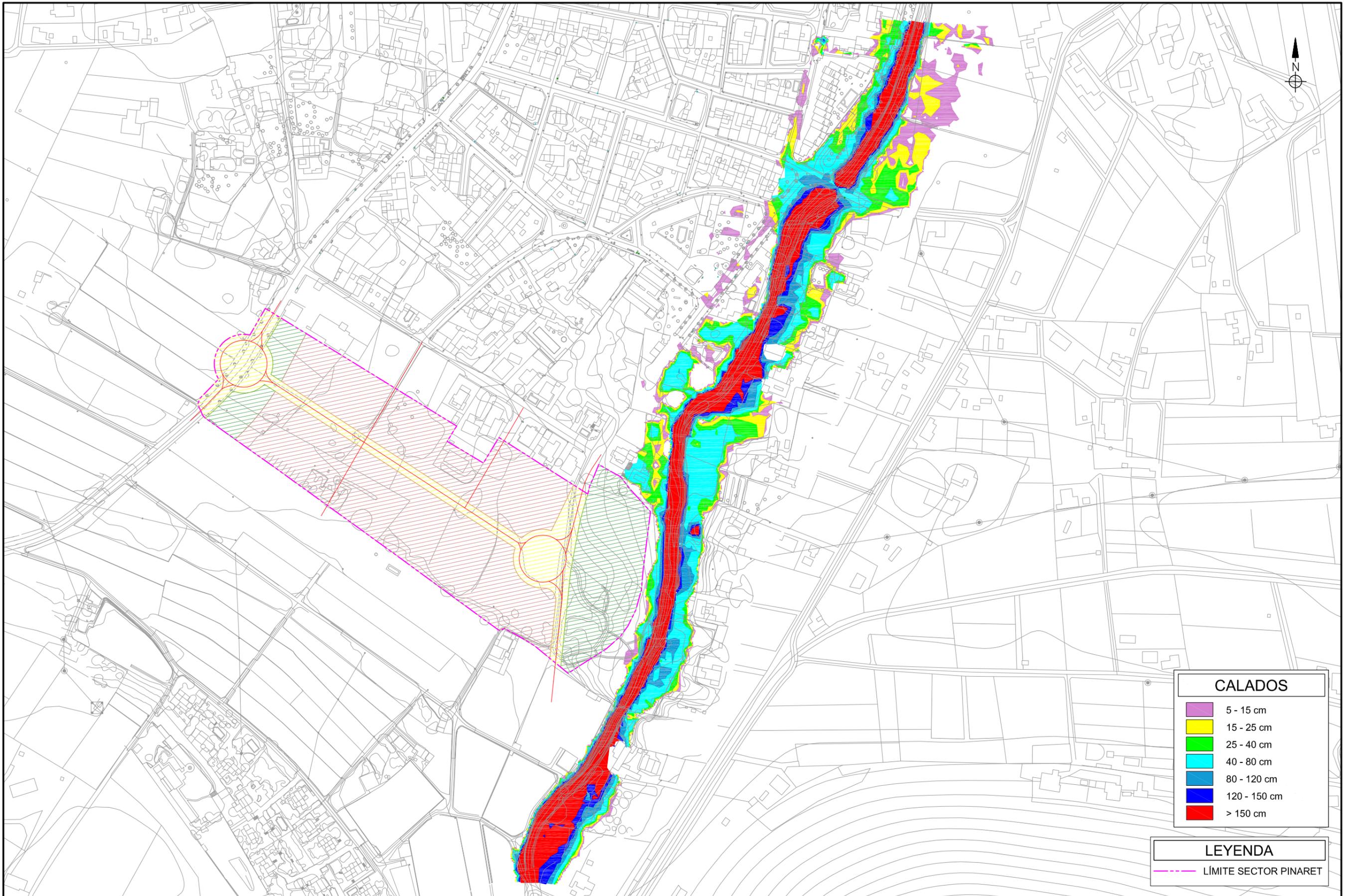
5. NIVELES DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN

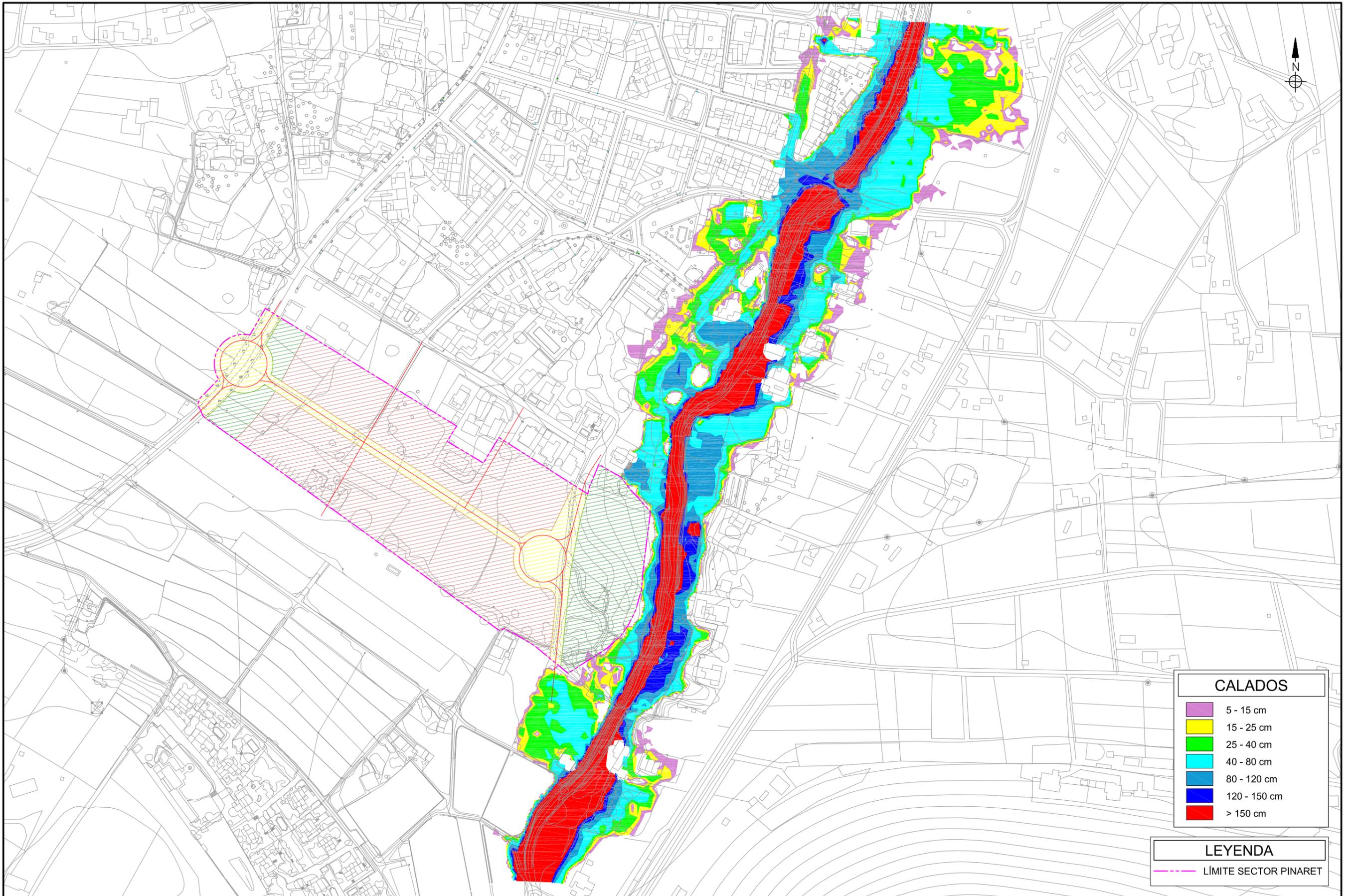




LEYENDA	
	LÍMITE SECTOR PINARET
	VIARIO
	ZONA VERDE
	VIARIO / CALZADAS

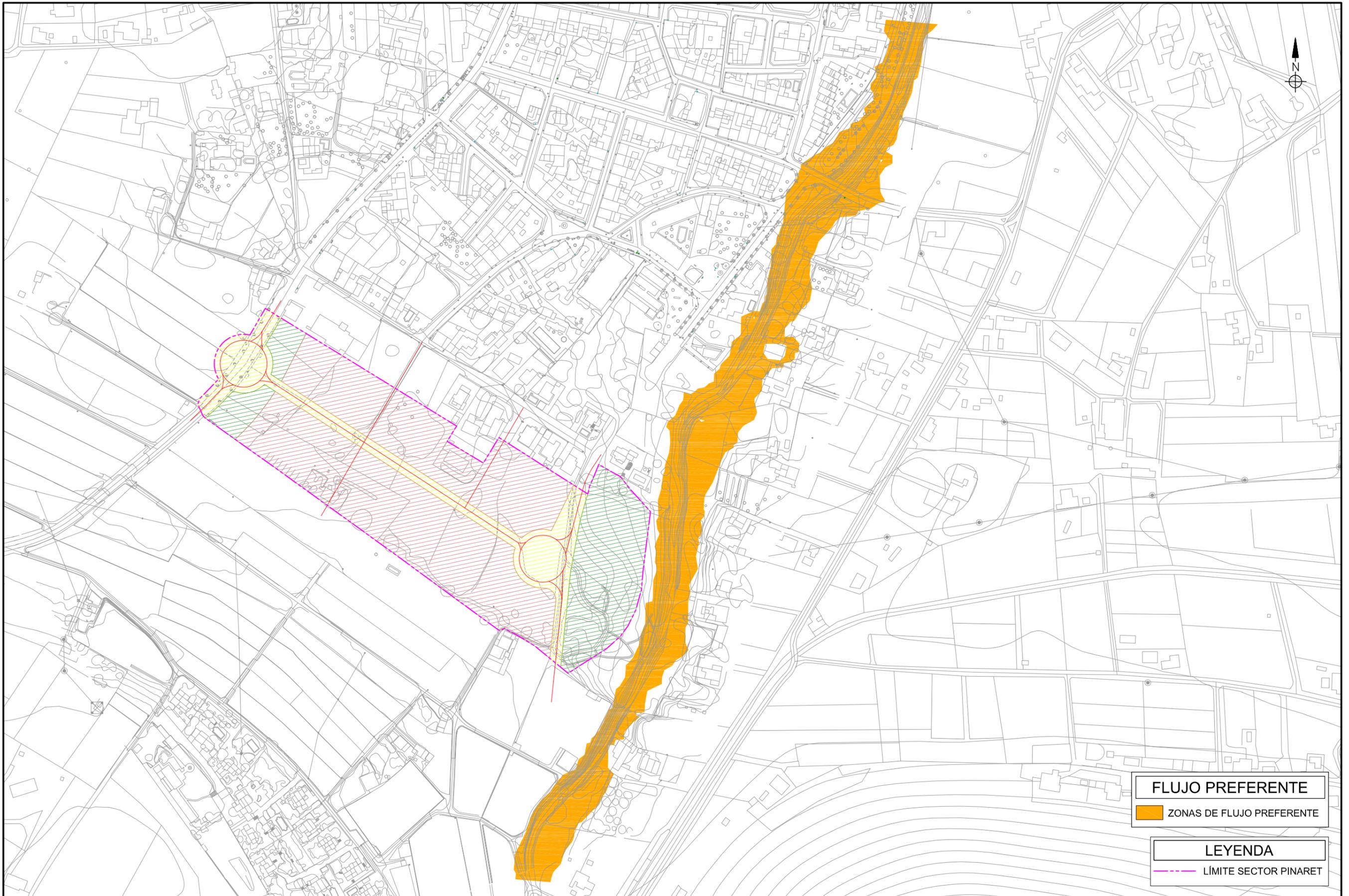






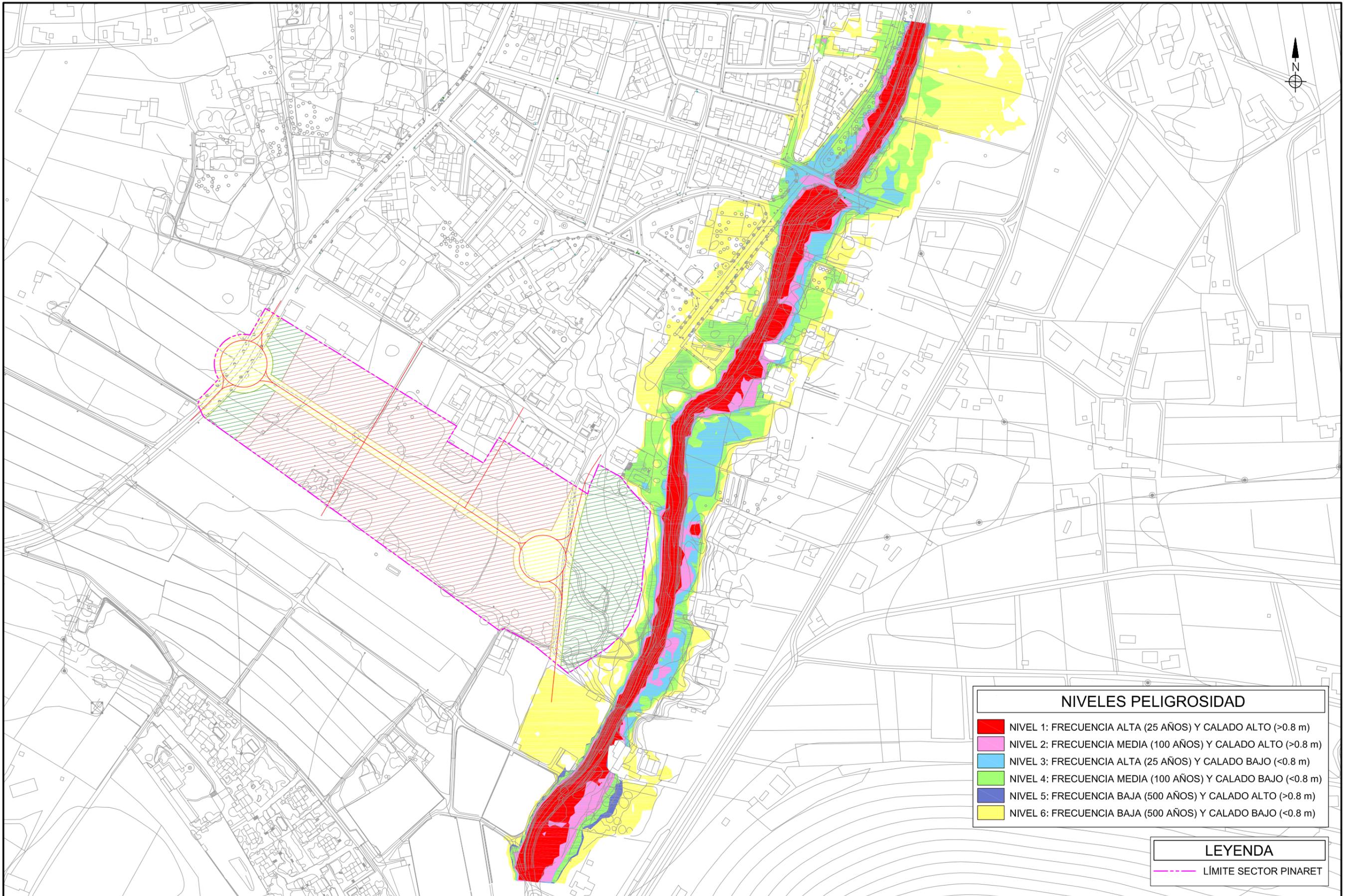
CALADOS	
	5 - 15 cm
	15 - 25 cm
	25 - 40 cm
	40 - 80 cm
	80 - 120 cm
	120 - 150 cm
	> 150 cm

LEYENDA	
	LÍMITE SECTOR PINARET



FLUJO PREFERENTE
 ZONAS DE FLUJO PREFERENTE

LEYENDA
 LÍMITE SECTOR PINARET



9. CONCLUSIONES

El sector Pinaret en La Xara se sitúa junto al cauce del Barranco del Regatxo y está afectado por riesgo geomorfológico según PATRICOVA.

En el presente estudio se han calculado las envolventes de calados máximos para los periodos de retorno de 25, 100 y 500 años.

Además, también se ha recogido en este estudio la zona de flujo preferente del cauce del barranco del Regatxo, a su paso por el sector objeto de estudio, ya que en estas zonas no se permite la ejecución de edificación alguna.

Una vez analizados los diferentes niveles de peligrosidad que se presentan en las márgenes del barranco, se comprobó cómo el ámbito inicial del sector Pinaret quedaba afectado parcialmente, en su lado más oriental y más cercano al cauce, por nivel de peligrosidad 6.

Por este motivo, se modificó el límite del sector en ese costado, hasta quedar fuera de nivel de peligrosidad alguno, por lo que la ejecución del sector, una vez realizada esta corrección, es viable en términos de inundabilidad y cumple las especificaciones del PATRICOVA en estos aspectos.

En cualquier caso, para la aprobación definitiva del Plan Parcial será necesario el informe favorable del Servicio de Ordenación del Territorio s/ inundabilidad (PATRICOVA).

Alicante, febrero de 2019

EL AUTOR DEL ESTUDIO

Fdo.: Pedro Vázquez Esteban
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
CAT, S.L.