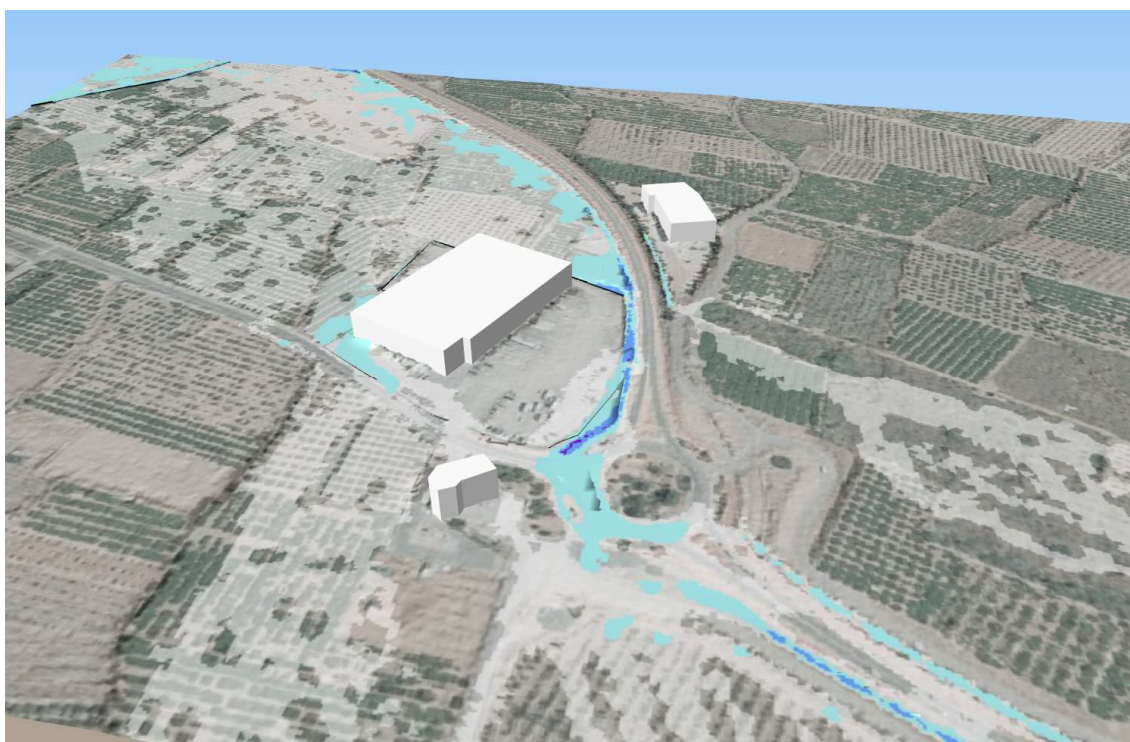


Estudio de inundabilidad PATRICOVA del barranco Codoval sobre 3 parcelas de uso industrial agrario

Polígono 22 – Parcela 64 | Polígono 22 – Parcela 67 | Polígono 3 – Parcela 225

Término Municipal de Sagunto (Valencia)

Frutas Plasencia SL



Marzo 2021

Pedro Arévalo | Consultor en Ingeniería Hidráulica
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Colegiado 21.816

ÍNDICE

1. Introducción y antecedentes	1
2. Consideraciones al estudio del SNCZI.....	4
3. Análisis histórico	9
3.1. Geomorfología y ocupación del suelo	9
3.2. Base de datos CNIH.....	11
4. Análisis geomorfológico	13
4.1. Cuencas vertientes	13
4.2. Cauces existentes	17
5. Análisis hidrológico	20
5.1. Hietogramas de cálculo	20
5.2. Transformación lluvia-escorrentía	24
5.3. Hidrograma unitario de Clark	32
5.4. Propagación de hidrogramas.....	32
5.5. Hidrogramas obtenidos	34
5.6. Diagnóstico y conclusiones	37
6. Modelación hidráulica 2D	38
6.1. Modelo Digital del Terreno	38
6.2. Malla de cálculo.....	39
6.3. Rugosidad	41
6.4. Muros	42
6.5. Obras de drenaje	49
6.6. Condiciones iniciales y de contorno.....	53
7. Resultados en situación actual	55
7.1. T= 10 años	55
7.2. T= 25 años	56
7.3. T= 100 años	57
7.4. Zona de Flujo Preferente	58
7.5. T= 500 años	62

7.6. Peligrosidad PATRICOVA.....	63
8. Descripción de la situación futura	66
9. Resultados en situación futura	68
9.1. T= 10 años	68
9.2. T= 25 años	69
9.3. T= 100 años	70
9.4. Zona de Flujo Preferente	71
9.5. T= 500 años	72
9.6. Peligrosidad PATRICOVA.....	74
9.7. Análisis de afecciones.....	75
10. Compatibilidad de usos con la Normativa PATRICOVA	79
11. Condicionantes a la ordenación futura de las parcelas.....	85
12. Resumen y conclusiones	86
Planos	92

1. Introducción y antecedentes

A continuación se realiza el análisis de la peligrosidad de inundación para su tramitación PATRICOVA de las parcelas con las siguientes referencias catastrales:

- Polígono 22, Parcela 64, Municipio de Sagunto. Ref: 46222A022000640000JP
- Polígono 3, Parcela 225, Municipio de Sagunto. Ref: 46124A003002250000DJ
- Polígono 22, Parcela 67, Municipio de Sagunto. Ref: 46222A022000670000JF

De estas 3 parcelas, las dos primeras se encuentran delimitadas en la actualidad por un vallado con murete perimetral y a las que se accede a través de dos puertas para tráfico rodado situadas en el límite sur. En su interior se localiza un parking en la zona sureste, un área al noroeste para almacenamiento de pallets, un punto de repostaje de camiones en la zona sur, un muelle de carga y descarga elevado 1.10 m por encima de la rasante de la parcela y una nave donde toda la actividad que allí se desarrolla se encuentra a la cota de los muelles. Todas las puertas y ventanas de acceso a la nave se encuentran también elevadas respecto a la rasante un mínimo de 1 m.

La última parcela está ocupada por naranjos y no tienen ningún elemento perimetral que la delimite:

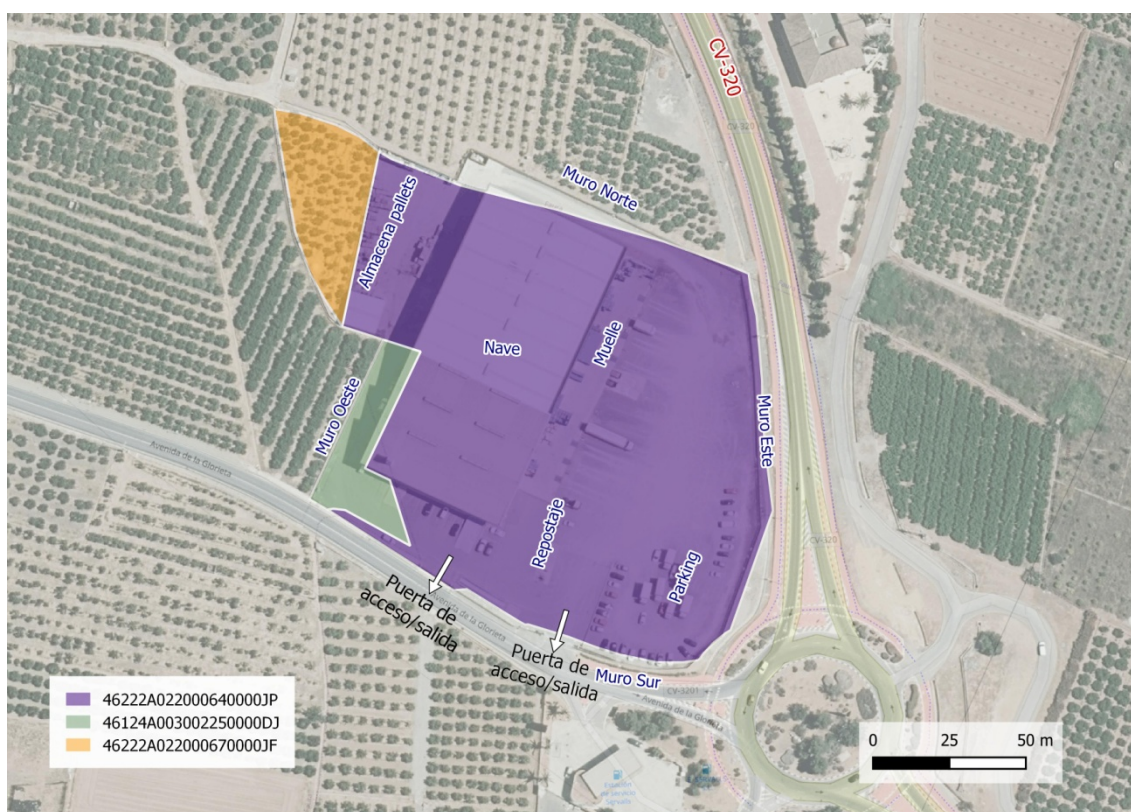


Figura 1: Parcelas de análisis

Todas ellas se sitúan en el término municipal de Sagunto, junto a la carretera CV-320, corresponden a suelo industrial agrario y, según la normativa PATRICOVA, se encuentran afectadas por nivel de peligrosidad geomorfológica:

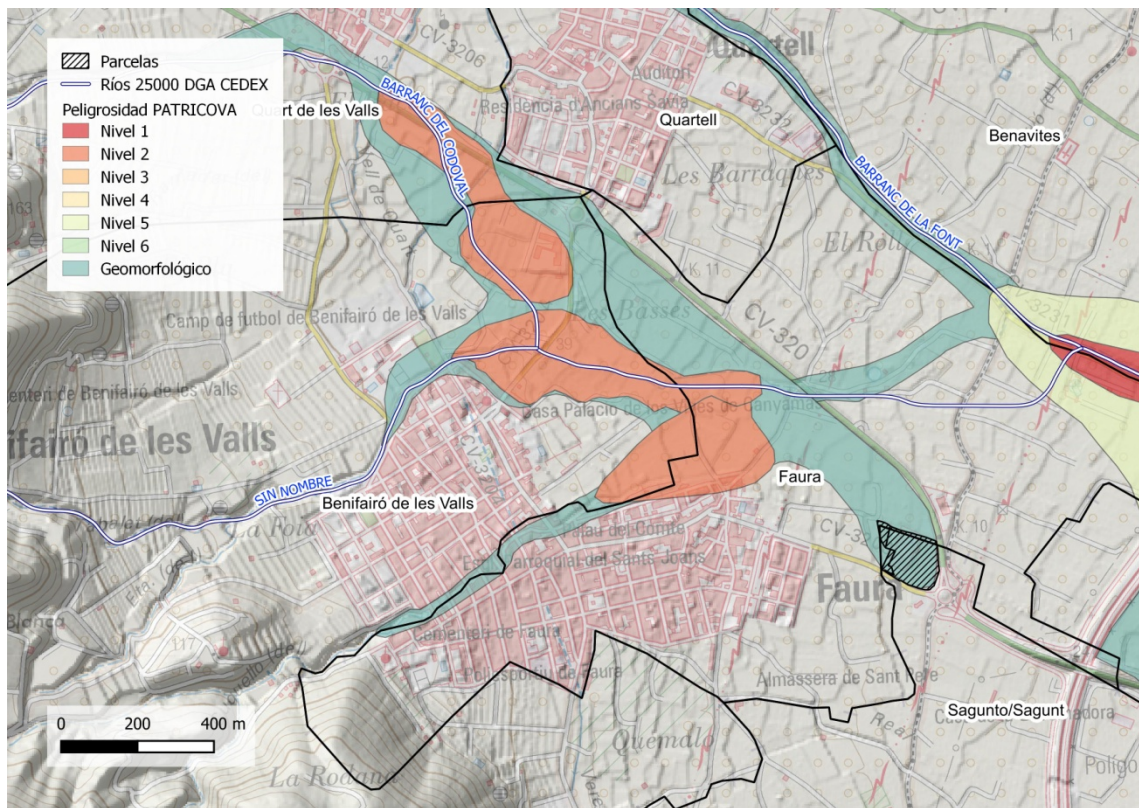


Figura 2: Localización y niveles de peligrosidad PATRICOVA en el ámbito de análisis

Dicha peligrosidad está asociada a la cuenca del barranco del Codoval. Las parcelas de estudio sin embargo se sitúan a gran distancia del Dominio Público Hidráulico delimitado por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ).

En el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) se encuentra disponible un estudio que considera, entre otras cuencas, el barranco del Codoval. Este estudio será analizado con el objetivo de determinar si los resultados alcanzados por el mismo son aprovechables para realizar un análisis de la inundabilidad con el detalle requerido.

Zona Inundable con Probabilidad Baja o Excepcional (T=500 años)	
Id. Zona	ES080_TS00_075
Nombre zona	30.22 BARRANCO DEL CODOVAL - 30.23 ANTERIOR A SEQUIA DE PEU FORQUET - 30.24 BARRANC DE ROMANELES - 30.27 RÍO PALANCIA
Tipo zona	Q Período de retorno TS00
Cauce	Barranco del Codoval - Anterior a Sequia de Peu Forquet - Barranc de Romaneles - Río Palancia
Longitud (Km)	22,12
Zona inundable directiva de inundaciones	ES080_ARPS_0024
Ciclo ARPSI	1
Hipótesis	Q500 régimen alterado
Método hidrológico	HEC-HMS
Caudal (m³/s)	329,3; 101,9; 358,2; 2986,0
Precisión cartográfica	MDT 2x2 procedente de LIDAR IGN PNOA
Método hidráulico	INFOWORKS
Estudio	SNCZI. Zonas Inundables del Sistema Palancia-Los Valles
Tipo estudio	Estudio de Desarrollo del SNCZI
Documento	Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables en la Demarcación Hidrográfica del Júcar
Clave expediente	08.803.266/0411
Fecha de aprobación	01/11/2011
Fecha de la información geográfica de base	
Organismo	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Demarcación hidrográfica	Júcar

Figura 3: Ficha del estudio de inundabilidad realizado por la CHJ para el SNCZI (Fuente: SNCZI)

A partir de la información disponible, para la realización del estudio de inundabilidad, será necesario desarrollar los siguientes apartados:

- Análisis del estudio previo desarrollado por la CHJ para el SNCZI;
- Análisis de inundaciones históricas;
- Análisis geomorfológico para la definición de las cuencas vertientes;
- Obtención de los hidrogramas obtenidos con un nuevo modelo hidrológico;
- Diagnóstico de la situación actual comparando los caudales definidos por el SNCZI y los obtenidos con el nuevo modelo hidrológico;
- Modelización hidráulica bidimensional (2D) con los nuevos hidrogramas para determinar las envolventes de calados y velocidades para los periodos de retorno de T=10 años, T=25 años, T=100 años y T=500 años;
- Análisis de resultados y diagnóstico del funcionamiento hidráulico actual;
- Definición de la situación futura con el objetivo de mitigar, total o parcialmente, la peligrosidad actual;
- Análisis de afecciones a terceros generadas por las actuaciones previstas
- Análisis de la compatibilidad con la normativa PATRICOVA
- Definición de los condicionantes a la ordenación futura

2. Consideraciones al estudio del SNCZI

Según la cartografía disponible en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI) los terrenos donde se localizan las parcelas se encuentran en zona inundable, en concreto dentro de la ARPSI-0024.

Para entender con detalle la problemática se ha realizado un análisis del modelo hidráulico y los resultados obtenidos en el estudio encargado por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) para los trabajos correspondientes al primer ciclo del SNCZI. Se comprueba que esta zona no ha sido estudiada por el momento en las actualizaciones realizadas para el segundo ciclo del SNCZI:

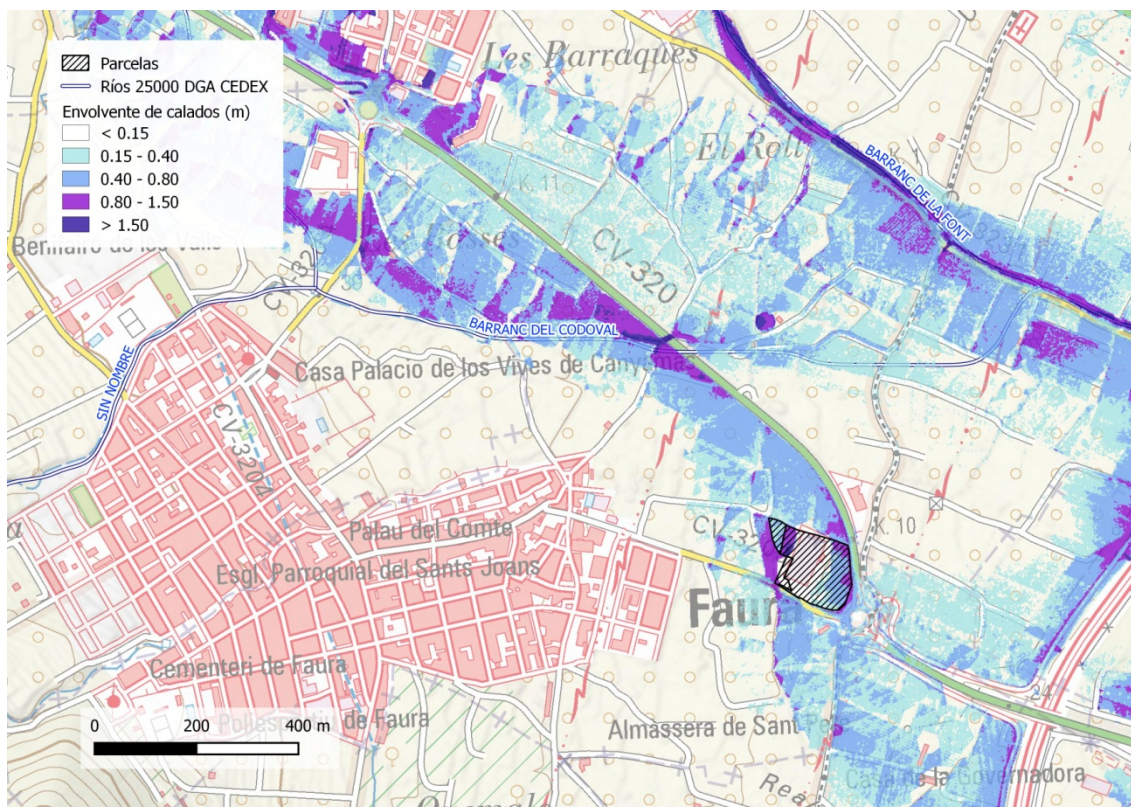


Figura 4: Inundabilidad en el entorno de la parcela según el estudio del SNCZI (T=100 años)

En la siguiente imagen se muestra la ficha correspondiente a la ARPSI-0024 detallando la metodología e información de partida empleada:

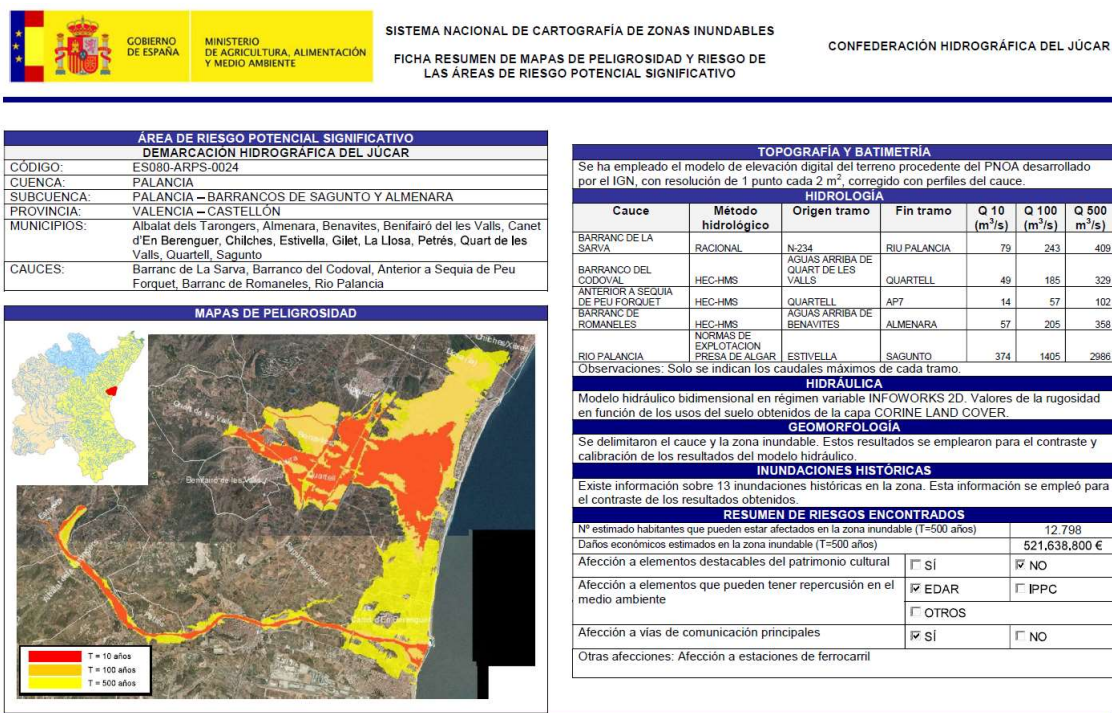


Figura 5: Ficha del SNCZI del estudio de inundabilidad realizado que incluye el barranco del Codoval

Del análisis del estudio realizado se pueden extraer las siguientes consideraciones:

Geomorfología & Hidrología:

- En general la geomorfología del entorno se caracteriza por la presencia de varias cuencas de pequeño tamaño que drenan al barranco de Codoval.
- Según la delimitación de cuencas oficial a escala 1/25.000 de la CHJ (cobertura del CEDEX), a las parcelas de estudio NO le afectan las escorrentías procedentes del barranco del Codoval y sus afluentes.

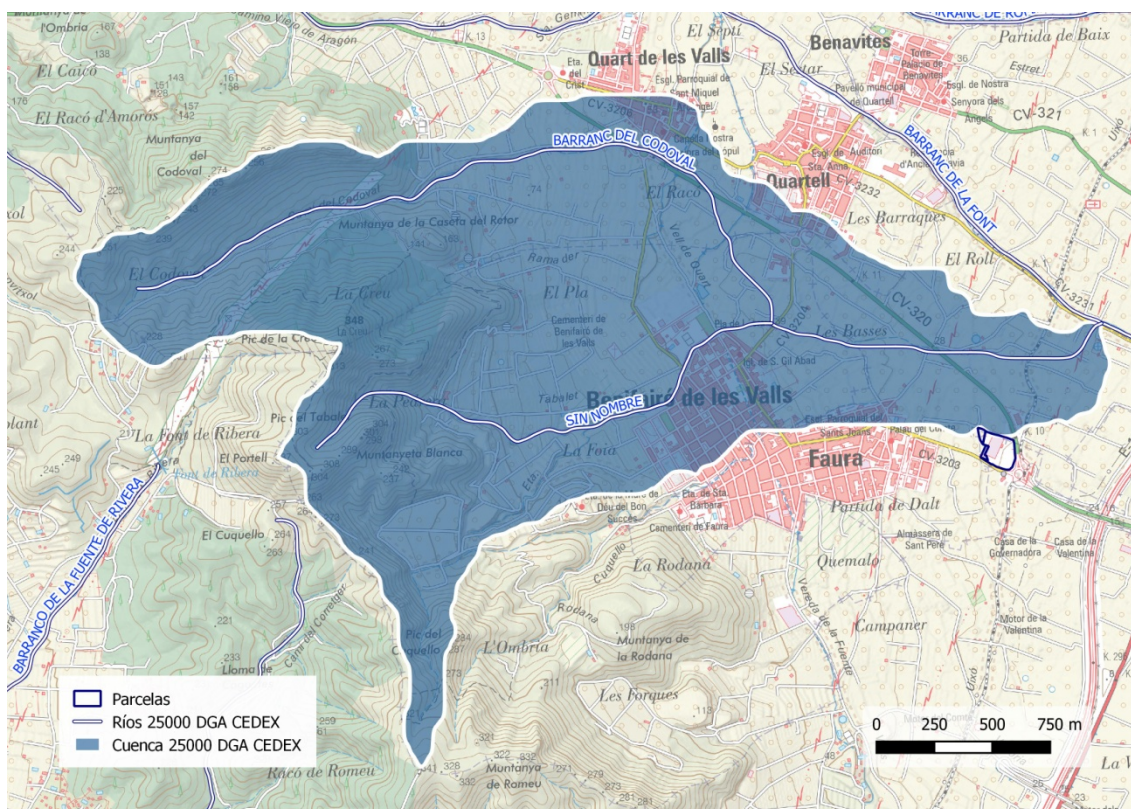


Figura 6: Cuenca del barranco del Codoval en la cobertura de cuencas oficial a escala 1/25.000

- Para la obtención de los caudales el estudio del SNCZI se empleó el software HEC-HMS, obteniendo los hidrogramas con los siguientes caudales punta:

T (años)	Q_p (m ³ /s)
500	329.34
100	185.00
50	173.99
25	108.02
10	48.77
MCO	34.13

Tabla 1: Caudales punta calculados en el estudio del SNCZI

- A priori estos caudales resultan un tanto elevados si tenemos en cuenta la cuenca vertiente del barranco del Codoval hasta la zona de estudio (5 km² según la cobertura oficial a escala 1/25.000).

Hidráulica:

- Los hidrogramas para los periodos de retorno analizados (T= 500, 100, 50, 25, 10 años) obtenidos para la cuenca del barranco del Codoval son introducidos como condiciones de contorno aguas arriba del modelo hidráulico (en concreto aguas arriba de Quart de les Valls). Aunque en la siguiente imagen se ve otro barranco Sin Nombre (al sur del Codoval y que es afluente del mismo) el caudal vertiente de éste se tuvo en cuenta en la entrada correspondiente al Codoval:

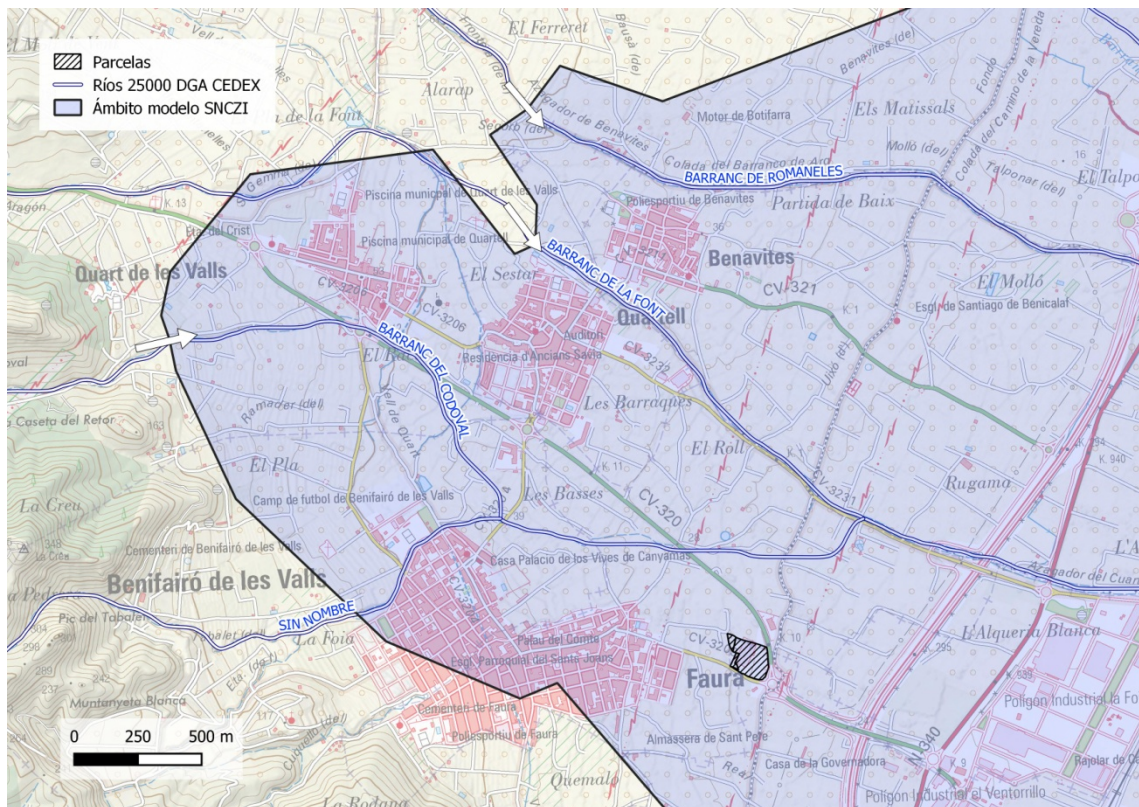


Figura 7: Localización de la condición de contorno de entrada al modelo

- En los resultados obtenidos se observa el siguiente funcionamiento hidráulico:
 - Los flujos del bco Codoval avanzan desbordados ocupando bancales y parcelas con dirección paralela a la CV-320 (dirección sureste).
 - Al llegar al paso inferior bajo la CV-320, parte de los caudales desbordan por la margen derecha.
 - Estos desbordamientos, debido al efecto presa de la CV-320 continúan en dirección sureste alcanzando la parcela de estudio, la cual se localiza fuera de la cuenca del bco Codoval. Se puede afirmar, por tanto, que la CV-320 provoca la conexión de dos cuencas que antes de su construcción no estaban conectadas.

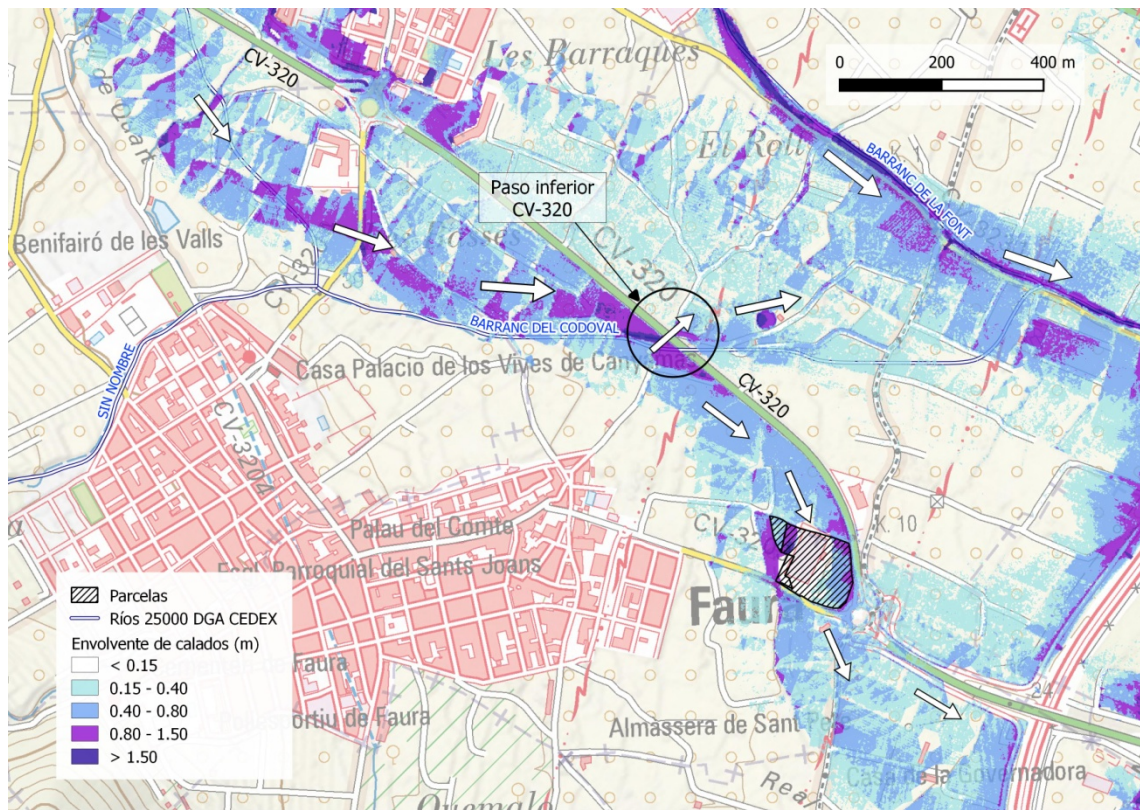


Figura 8: Resultados obtenidos por el SNCZI (T=100 años)

Dado el elevado valor, a priori, de los caudales obtenidos por el estudio del SNCZI, en los siguientes apartados se realizará un estudio completo de inundabilidad en el que se redefinirán los hidrogramas de entrada al modelo hidráulico 2D.

3. Análisis histórico

3.1. Geomorfología y ocupación del suelo

Consultadas las cartoteca digital del IGN (<http://fototeca.cnig.es/>) y la fototeca del ICV (https://visor.gva.es/visor_fototeca/) en el año 1956-1957 la zona en la que se localizan las parcelas de estudio se encontraban rodeadas de campos de naranjos, la carretera de acceso al casco urbano de Faura y un camino de acceso a las huertas. Al norte se aprecia el barranco de la Font al cual desembocan las escorrentías procedentes del barranc del Codoval.

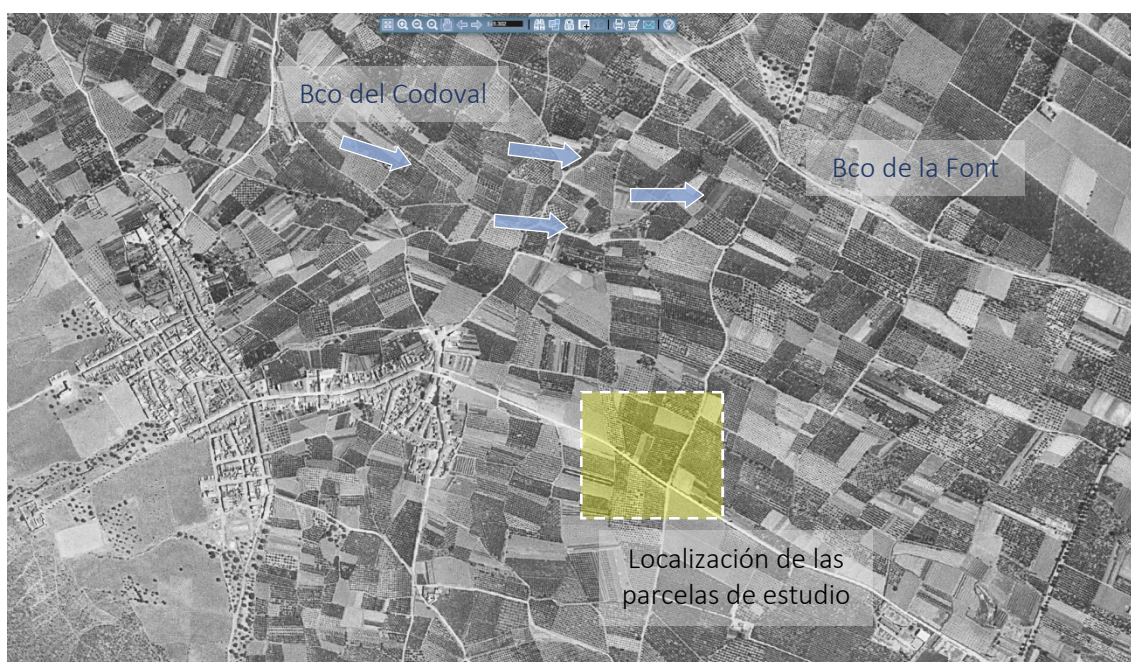


Figura 9: Ortofoto del vuelo del año 1956-1957 (Fuente: IGN)

Geomorfológicamente el Bco del Codoval se caracterizaba por la ausencia de un cauce definido. La ausencia de elementos antrópicos permitía que las escorrentías fluyeran en dirección oeste-este hasta su encuentro con el bco de la Font.

Las ortofotos correspondientes al vuelo nacional 1980-1986 muestran todavía una baja transformación del área donde se localiza el bco del Codoval y bco de la Font. Entre los aspectos a destacar se encuentra que el crecimiento del casco urbano de Faura se produce hacia aguas arriba (dirección oeste), alejándose de los campos de naranjos afectados por las escorrentías del bco de Codoval. Las parcelas de estudio muestran ya una ocupación similar a la que tiene en la actualidad:



Figura 10: Ortofoto del vuelo del año 1980-1986 (Fuente: IGN)

En la ortofoto del año 2003 la actual CV-320 ya aparece construida dejando como único paso a las escorrentías del bco del Codoval un paso inferior que proporciona continuidad a los caminos rurales de la zona. Por su parte las parcelas de estudio se encuentran urbanizadas en un estado muy similar al actual:



Figura 11: Ortofoto del vuelo del año 2003 (Fuente: ICV)

A partir de este primer análisis de la ocupación histórica del suelo se desprenden varias conclusiones:

- Las escorrentías del bco Codoval, ante la ausencia de un cauce definido, originalmente discurrían por los bancales de los campos de naranjos con una dirección oeste-este hasta su encuentro con el bco de la Font.
- La construcción de la nave principal en las parcelas de estudio es anterior a la construcción de la CV-320.
- La construcción de la CV-320 genera un efecto embudo al concentrar todas las escorrentías procedentes de la cuenca del Codoval en un paso inferior que, además, proporciona continuidad al tráfico rodado.
- Esta modificación de la red de drenaje provoca un claro efecto barrera por parte de la CV-320 de forma que si el paso inferior es insuficiente para el desagüe de las escorrentías podría modificar sustancialmente el comportamiento hidráulico original.

3.2. Base de datos CNIH

La base de datos consultada para el estudio de inundaciones históricas ha sido la información disponible en el catálogo nacional de inundaciones históricas (CNIH).

La Dirección General de Protección Civil está llevando a cabo, desde el año 1.995, la elaboración del CNIH, con el objetivo de sistematizar y homogeneizar la recopilación de datos sobre inundaciones históricas a nivel nacional, así como de facilitar y asegurar su actualización ante la ocurrencia de nuevos episodios de inundación.

Este catálogo, además de la información sobre los episodios de inundación de los últimos 30 años, también incluye los estudios de inundaciones históricas realizados por la Comisión Técnica de Emergencia por Inundaciones (CTEI), hasta el año 1.985.

De la información disponible se han filtrado aquellos eventos más destacados ocurridos en los municipios de Sagunto y Faura. A continuación se muestran los principales eventos identificados:

Episodio	Episodio Catálogo	Fecha de inicio	Fecha de final	Denominación
08-19671023-19671024-CT	1650/3340	23/10/1967	24/10/1967	Inundación Octubre de 1967
08-19960908-19960912-N	1672/3340	08/09/1996	12/09/1996	Inundaciones Septiembre 1996
08-19970929-19971001-N	1675/3340	29/09/1997	01/10/1997	Inundaciones Septiembre 1997
08-20001020-20001025-N	1683/3340	20/10/2000	25/10/2000	Inundaciones Octubre 2000
08-20040901-20040907-A	1690/3340	01/09/2004	07/09/2004	Episodio de tormentas septiembre 2004
08-20061107-20061110-A	1693/3340	07/11/2006	10/11/2006	Inundación noviembre 2006
08-20071011-20071019-A	1695/3340	11/10/2007	19/10/2007	Inundación octubre 2007
08-20081008-20081019-A	1698/3340	08/10/2008	19/10/2008	Lluvias torrenciales octubre 2008

Tabla 2: Eventos de inundación registrados en el TM de Sagunto(Fuente: CNIH)

Episodio	Episodio Catálogo	Fecha de inicio	Fecha de final	Denominación
08-20001020-20001025-N	1683/3340	20/10/2000	25/10/2000	Inundaciones Octubre 2000
08-20040901-20040907-A	1690/3340	01/09/2004	07/09/2004	Episodio de tormentas septiembre 2004

Tabla 3: Eventos de inundación registrados en el TM de Faura(Fuente: CNIH)

De todos los eventos anteriores se prestará mayor atención a los comunes a Faura y Sagunto (2000 & 2004). El ámbito de estudio se encuentra en una zona fronteriza entre municipios y los desbordamientos del bco del Codoval, origen de la peligrosidad de análisis, afectarán a ambos.

Las principales afecciones asociadas a los eventos de 2000 y 2004 detalladas por el CNIH son:

- **Evento - 08-20001020-20001025-N:** se registraron daños a:
 - Infraestructuras del transporte:
 - Línea de FFCC (Valencia-Castellón)
 - Red viaria: CV-320 (PK 5 y PK 0.60), CV-302 (PK 5), CV-220 (PK 5), N-234 (PK 0.10).
 - Infraestructuras hidráulicas:
 - Acequia Mayor de Sagunto debido a la crecida del río Palancia
 - Servicios básicos en equipamiento municipal de Sagunto (no especificado)
 - Agricultura en los municipios de Faura y Sagunto (sin especificar localización)
- **Evento - 08-20040901-20040907-A:** se registraron daños a:
 - Infraestructuras de transportes:
 - Carreteras de la localidad de Faura (sin especificar)
 - Línea de FFCC (Valencia-Castellón)
 - Red viaria: A-7 (antiguo PK 950, actual PK 295 aprox), CV-324 (PK 9), N-340.
 - Puerto de Sagunto
 - Agricultura en los municipios de Faura y Sagunto (sin especificar localización)
 - Servicios básicos:
 - TM de Faura: Calles y vías públicas, equipamiento municipal, instalación de agua potable, red de saneamiento, red de energía eléctrica.
 - TM de Sagunto: Calles y vías públicas, equipamiento municipal, red de energía eléctrica.

En nuestro caso particular, no se ha encontrado ninguna referencia más detallada de inundaciones o daños específicos producidos por el bco Codoval en el entorno de estudio en esta referencia bibliográfica (CNIH).

4. Análisis geomorfológico

El análisis geomorfológico tiene dos objetivos principales:

- Delimitar las cuencas hidrográficas vertientes al área de estudio y calcular aquellos parámetros geomorfológicos que servirán de base para la realización de los correspondientes cálculos hidrológicos descritos en apartados posteriores.
- Identificar los cauces y llanuras de inundación en la zona de estudio que servirá para establecer las bases del modelo hidráulico.

4.1. Cuencas vertientes

Para el análisis geomorfológico a escala de cuenca se iniciará el proceso partiendo del MDT de 5m de resolución (disponible en el Instituto Cartográfico Valenciano - ICV) utilizando herramientas de análisis espacial (GIS).

A continuación se describe el proceso realizado:

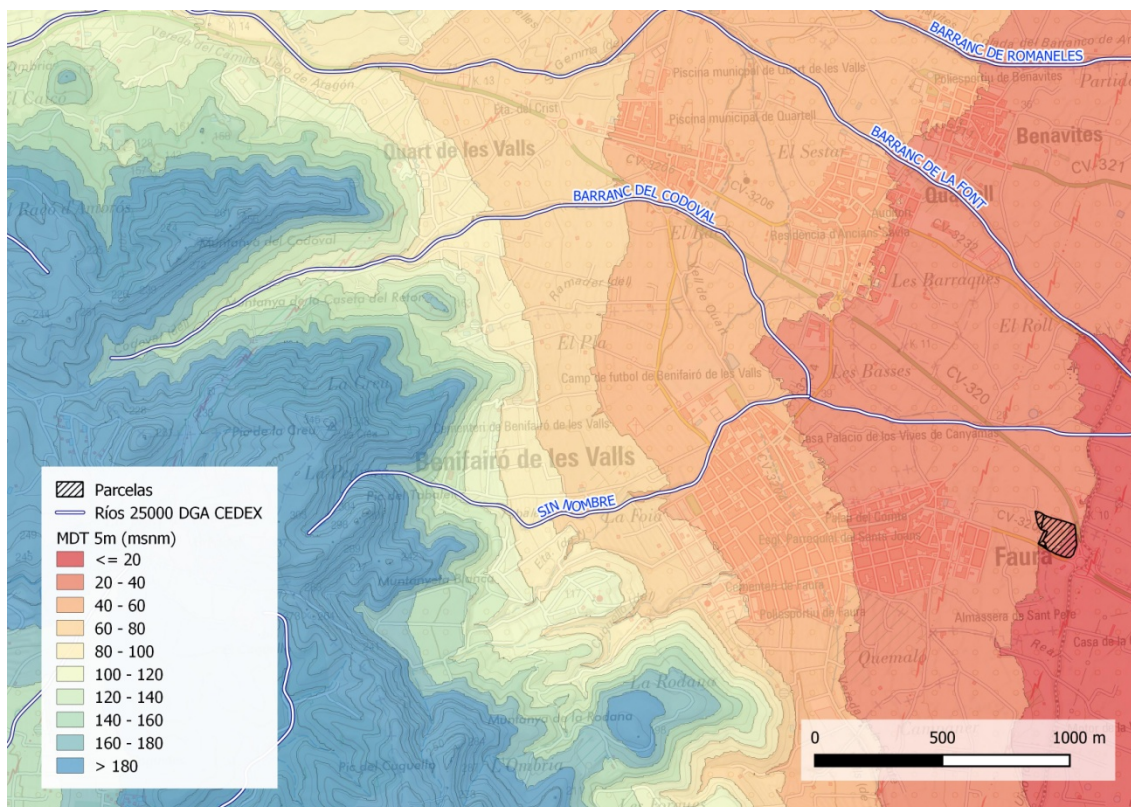


Figura 12: MDT 5m (Fuente: ICV)

1. Apertura de las obras de paso. Se ha forzado al MDT a disminuir la cota de las celdas por donde pasan los cauces con el objeto de dar continuidad al cálculo en aquellos puntos donde atraviesan una infraestructura lineal.
2. Rellenar los sumideros (puntos del terreno en los que se embalsa el agua). Aunque los valores en cotas de aquellas celdas del MDT que forman parte de los sumideros se

modifiquen, este paso es estrictamente necesario para un cálculo preciso de las cuencas vertientes, sin afectar a los parámetros geomorfológicos e hidrológicos.

3. Cálculo de las direcciones de flujo (o direcciones que seguiría el flujo en cada una de las celdas).

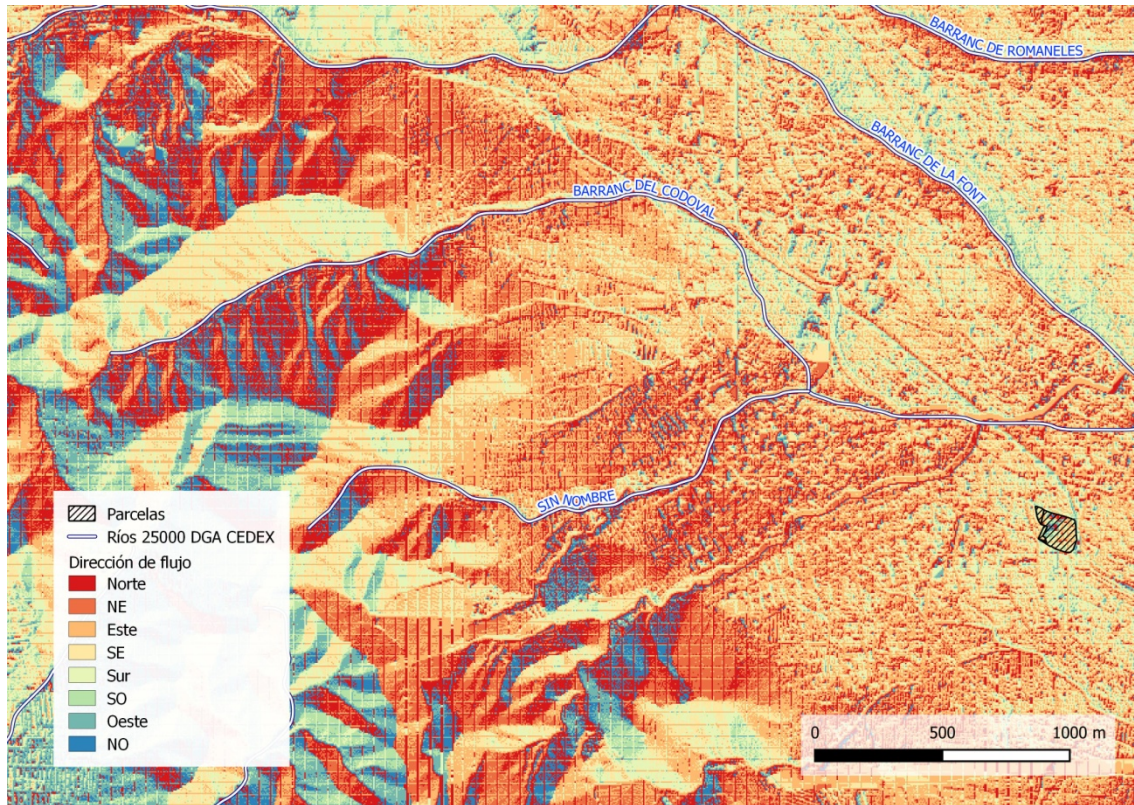


Figura 13: Direcciones de flujo

4. Cálculo de las celdas drenantes acumuladas (número de celdas que drenan a cada celda) y obtención de la red de drenaje para un orden de Strahler mayor a 6.

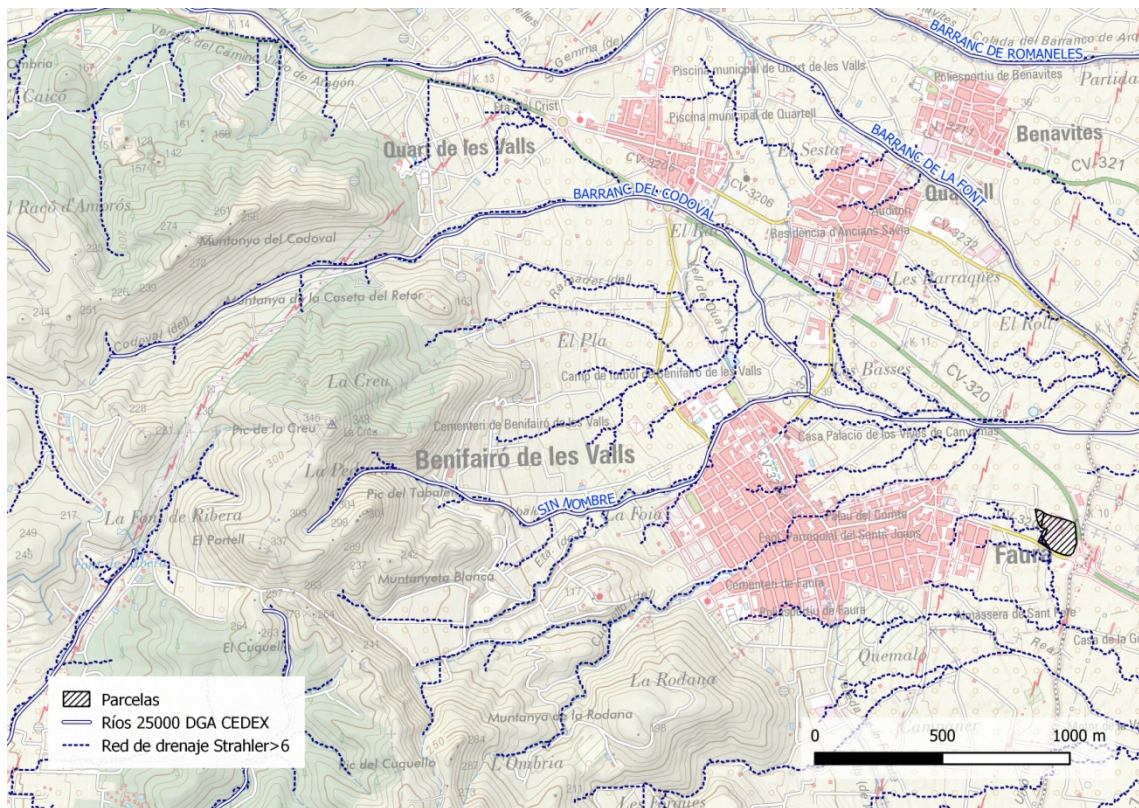


Figura 14: Red de drenaje para un orden de Strahler > 6

5. Cálculo de las cuencas vertientes. Para este paso, en función de la red de drenaje obtenida, se han seleccionado varios puntos de salida cuyas coordenadas son las siguientes.

Cuenca	X UTM ETRS-89	Y UTM ETRS-89
Codoval 1	734629.76	4401440.17
Codoval 2	734949.53	4401404.46
Sin Nombre	734639.85	4401415.10
Canaleta	734964.99	4401394.82

Tabla 4: Coordenadas de los puntos de salida de las cuencas (ETRS-89 H30)

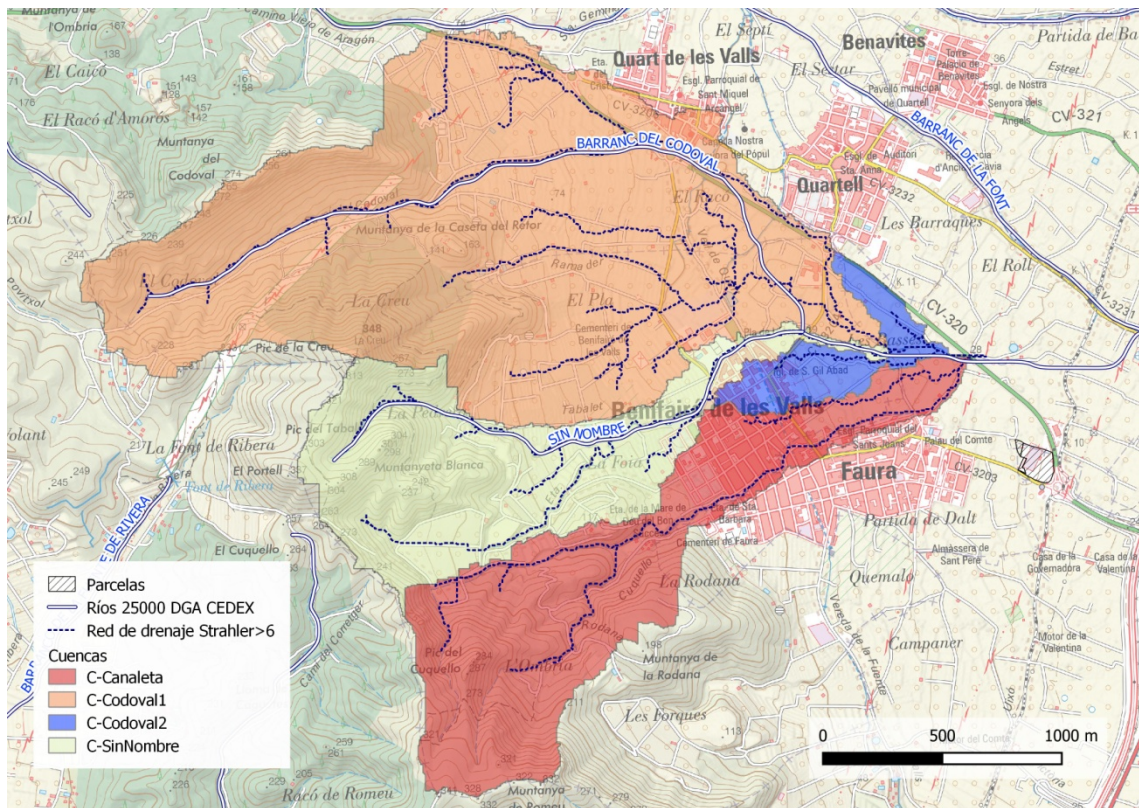


Figura 15: Cuencas vertientes

Definidas las cuencas vertientes, se calculan sus principales parámetros geomorfológicos necesarios para el posterior cálculo hidrológico:

Cuenca	Área (km ²)	Long ppal (m)	Zmax	Zmin	Pendiente (m/m)
Codoval 1	3.080	4266.76	163.60	31.56	0.03
Codoval 2	0.208	334.40	31.56	25.30	0.02
Sin Nombre	1.064	3185.15	262.22	31.56	0.07
Canaleta	1.221	2076.53	80.23	25.30	0.03

Tabla 5: Parámetros geomorfológicos de las cuencas

4.2. Cauces existentes

El barranco del Codoval está catalogado por la CHJ según la codificación Pfafstetter y tiene un afluente por margen derecha llamado bco Sin Nombre. Ambos discurren por caminos de huerta que actúan de Dominio Público Hidráulico.



Figura 16: Camino de huerta cartografiado como DPH del bco Codoval

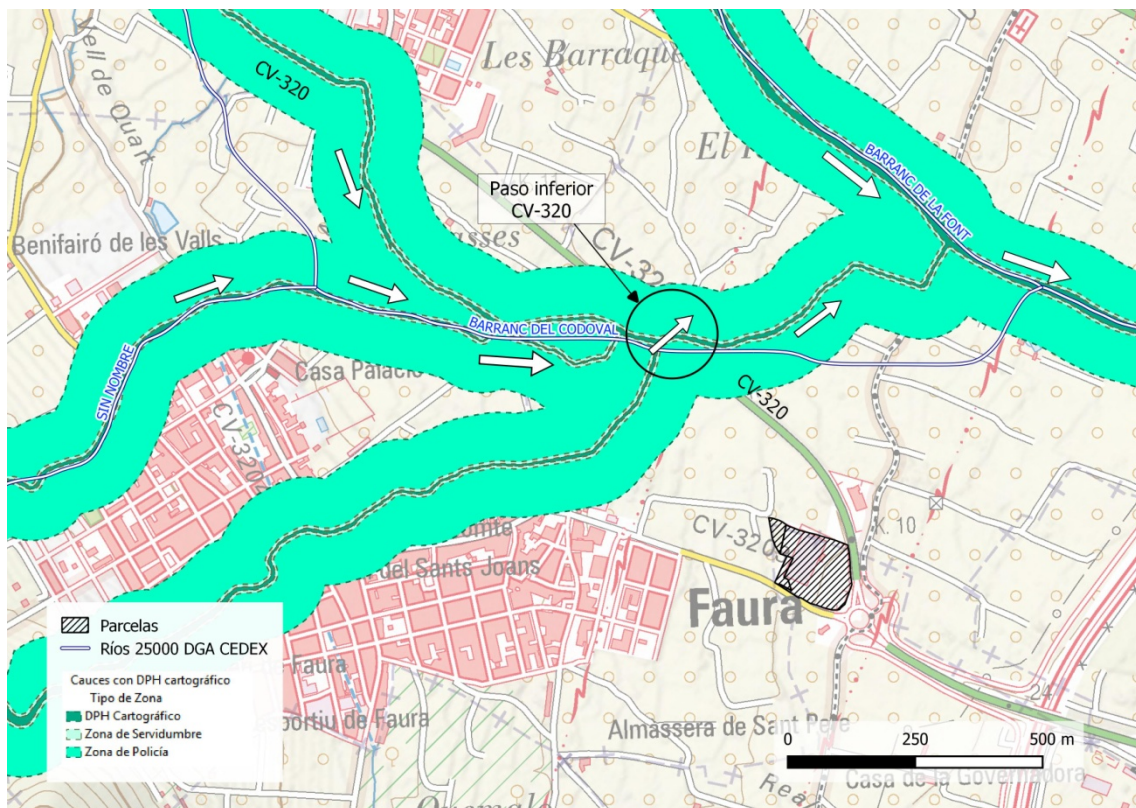


Figura 17: Dominio Público Hidráulico cartografiado para el Bco Codoval y Bco Sin Nombre (Fuente CHJ)

En la imagen anterior se observa la delimitación del DPH de un segundo barranco no codificado en la capa 1/25.000 de la CHJ y cuyo nombre es bco de la Canaleta, el cual procede del casco urbano de Faura.

Los tres barrancos identificados (Codoval, Sin Nombre & Canaleta) confluyen en el paso inferior bajo la CV-320 donde el flujo puede tomar dos caminos claramente diferenciados:

- Su camino natural a través de los caminos de huerta aguas abajo del paso inferior, desembocando posteriormente en el barranco de la Font.
- Para los desbordamientos por margen derecha, el efecto conjunto de las curvas de nivel y el efecto presa de la CV-320 favorecen que el flujo tomen dirección sureste sin opción de retorno al cauce.



Figura 18: Obra de paso bajo la CV-320

El ámbito de estudio se localiza a 500 m al sureste de la obra de paso bajo la CV-320. En la siguiente imagen se muestra la envolvente de calados obtenida en el SNCZI, en la que se aprecia claramente estas dos direcciones, casi perpendiculares, que pueden tomar las escorrentías del bco del Codoval:

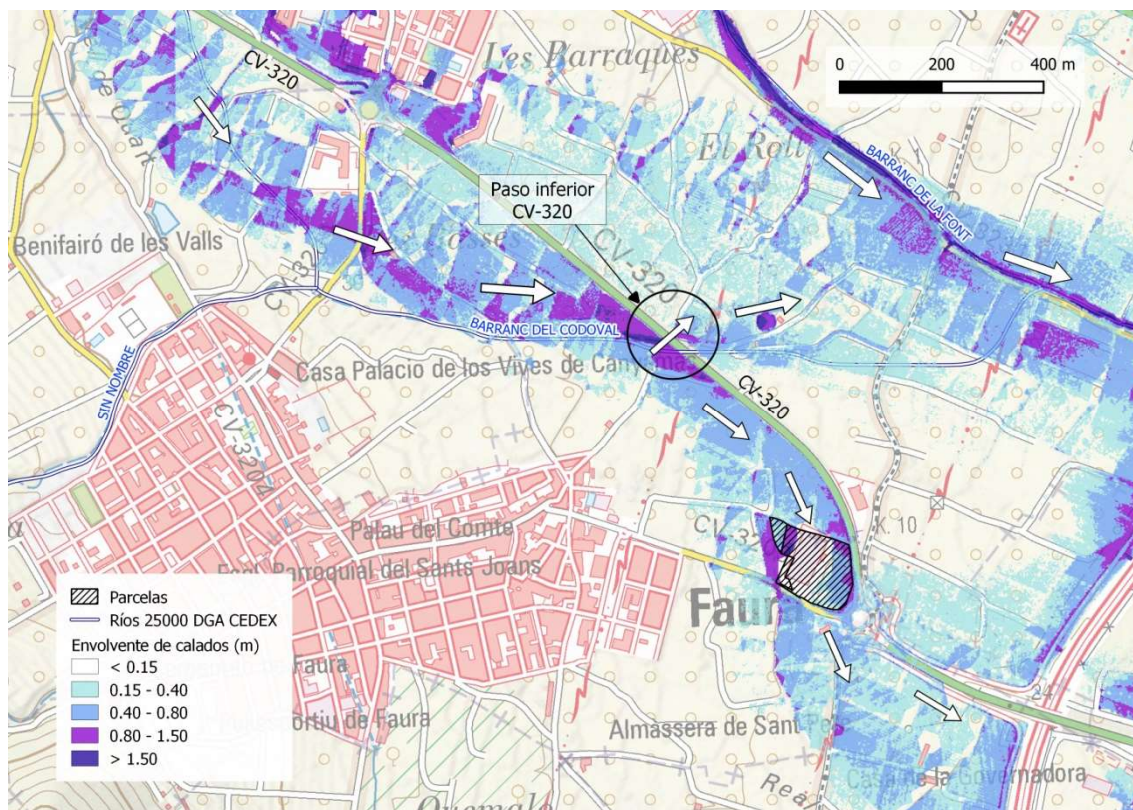


Figura 19: Trayectoria de los flujos desbordados por margen derecha aguas arriba de la CV-320

Realizando un perfil paralelo a la CV-320 se observa cómo el terreno tiene una clara pendiente que dirige los desbordamientos producidos hasta las parcelas de estudio:



Figura 20: Perfil longitudinal del camino seguido por los desbordamientos por margen derecha del Bco Codoval y que discurren paralelos a la CV-320

5. Análisis hidrológico

En este apartado se realiza un nuevo cálculo de los hidrogramas para el barranco del Codoval y sus afluentes con el software HEC-HMS:



Figura 21: Esquema del modelo de cuenca empleado en HEC-HMS

A continuación se detallan los diferentes modelos y métodos empleados para la obtención final de los caudales vertientes por las cuencas delimitadas en el apartado anterior.

5.1. Hietogramas de cálculo

En primer lugar se define la precipitación a introducir en el modelo hidrológico. Para ello se ha empleado el análisis estadístico regional realizado por el CEDEX en el estudio “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (Ferrer y Ardiles, 1995), cuyos cuantiles se pueden encontrar en la última versión de las aplicaciones MAXPLWIN y CauMAX2.3 (2014) en formato ráster:

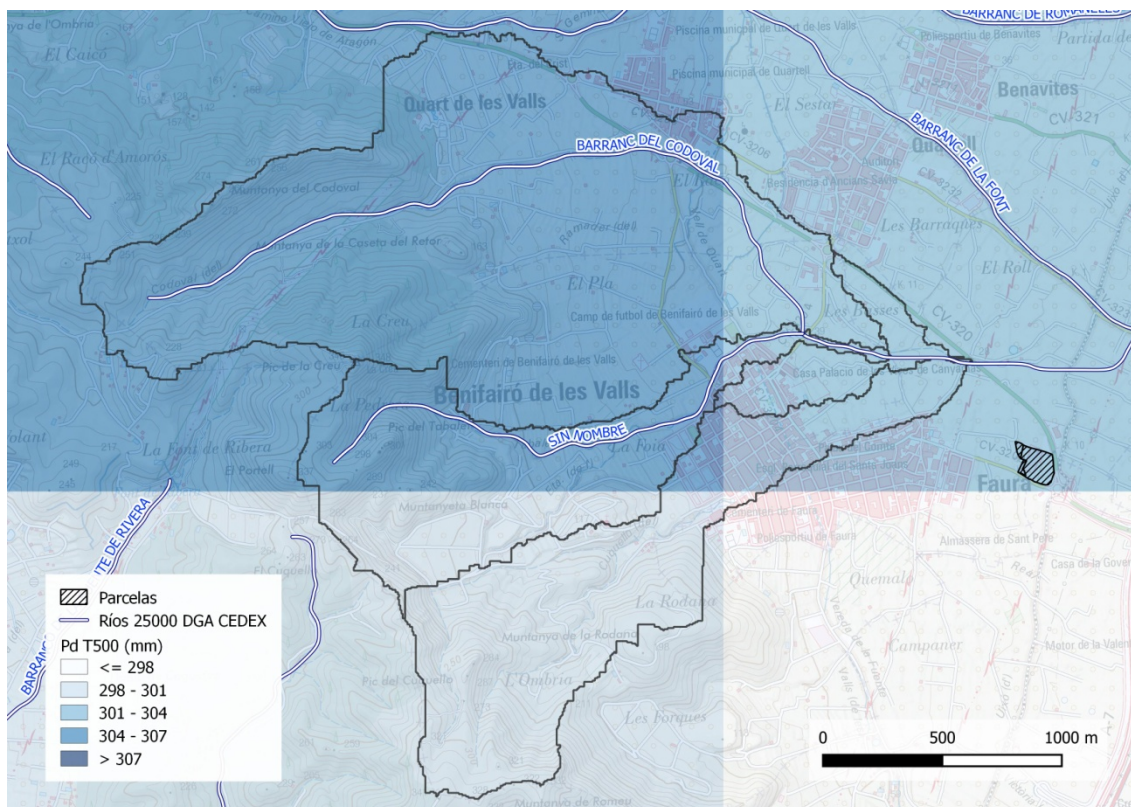


Figura 22: Precipitación en las cuencas analizadas para T=500 años (Fuente: CauMAX)

Los resultados de este análisis estadístico es el recomendado por la Guía Metodológica para el Desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (Guía SNCZI) en su apartado 3.6.1.2.2 como alternativa al estudio estadístico de precipitaciones y su posterior interpolación espacial.

A continuación se muestran los valores obtenidos para cada una de las cuencas analizadas:

Pd _{T500} (mm)	Pd _{T100} (mm)	Pd _{T25} (mm)	Pd _{T10} (mm)
304.86	226.23	165.82	130.18

Tabla 6: Cuantiles de precipitación obtenidos en el análisis regional del CEDEX en las cuencas analizadas

Estos valores han sido corregidos con el factor de reducción areal el cual se define de la siguiente manera:

$$Pd' = Pd \cdot K_A$$

- Si $A < 1 \text{ km}^2$: $K_A = 1$
- Si $1 \text{ km}^2 < A < 3000 \text{ km}^2$: $K_A = 1 - \frac{\log A}{15}$

Si consideramos un único evento para todas las cuencas consideradas, se aplica el valor de área correspondiente a la suma de todas las cuencas ($A = 5.57 \text{ km}^2$), obteniendo un valor de $K_A = 0.95$.

Los cuantiles de precipitación corregidos son los siguientes:

Ka	P'd _{T500}	P'd _{T100}	P'd _{T25}	P'd _{T10}
0.95	289.70	214.97	157.57	123.71

Tabla 7: Cuantiles de precipitación corregidos

Con los cuantiles corregidos se definen los hietogramas que serán empleados en el modelo de HEC-HMS. Para ello se hace uso del software “Bloques” (Flumen-UPC) el cual aplica el método de los bloques alternos. Los parámetros considerados han sido los siguientes:

- La IDF de Témez con un $I1/I_d=11$
- Duración de tormenta igual a 24 h
- Timestep = 15 min < 20% del tiempo de concentración (Valor recomendado por la Guía SNCZI. En nuestro caso se toma el valor del Tc para el bco Codoval en su punto de desagüe bajo la obra de paso de la CV-320)

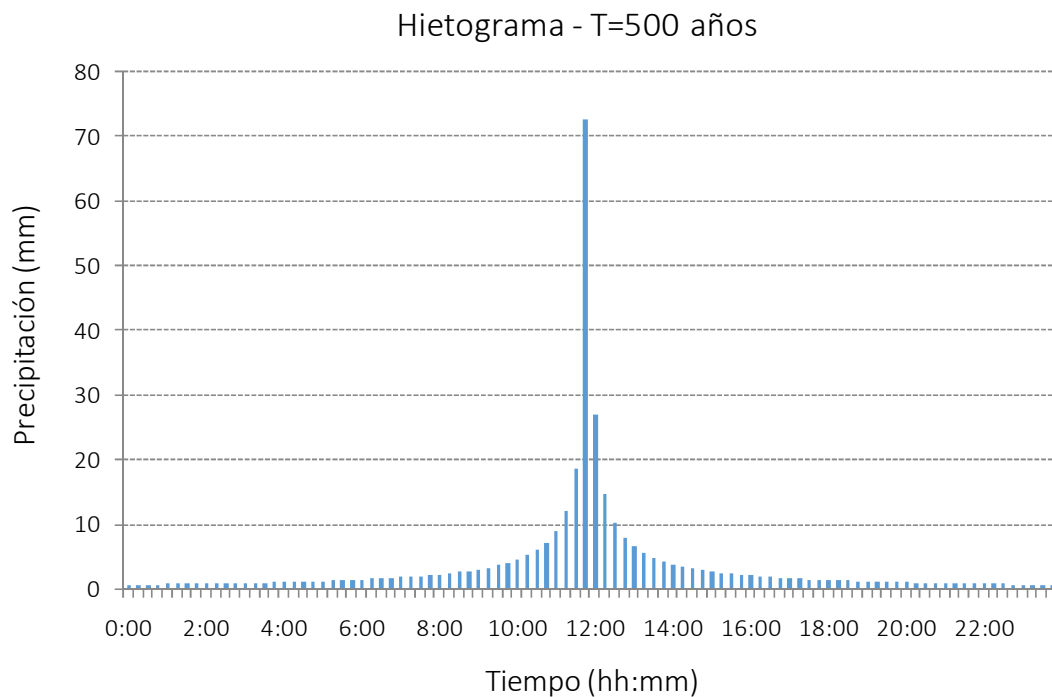


Figura 23: Hietograma de cálculo para T= 500 años

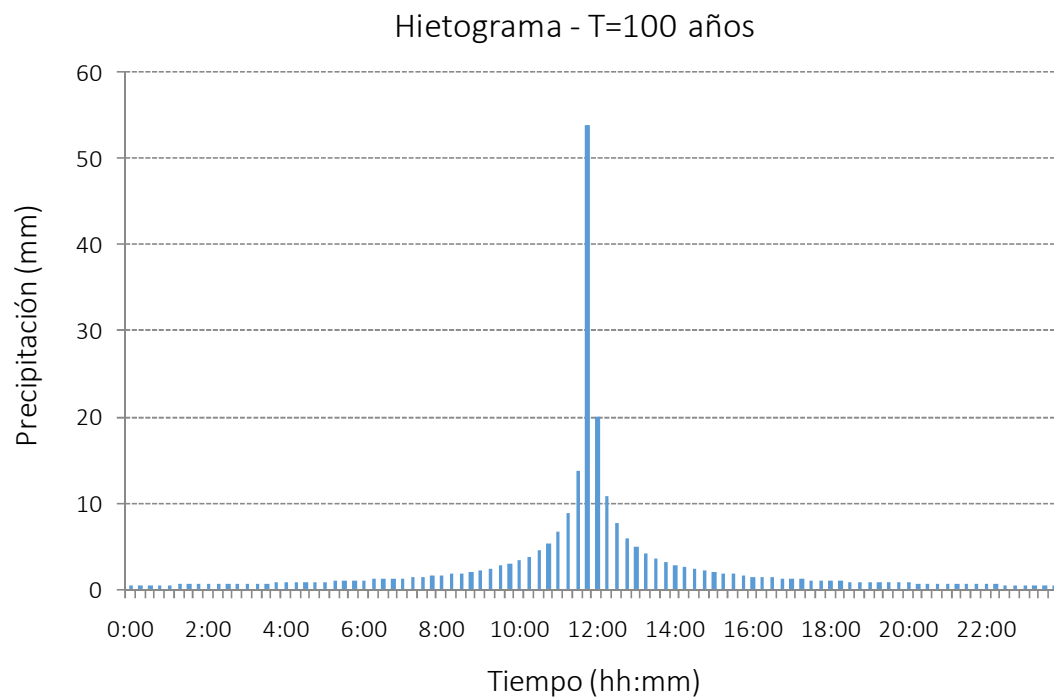


Figura 24: Hietograma de cálculo para T= 100 años

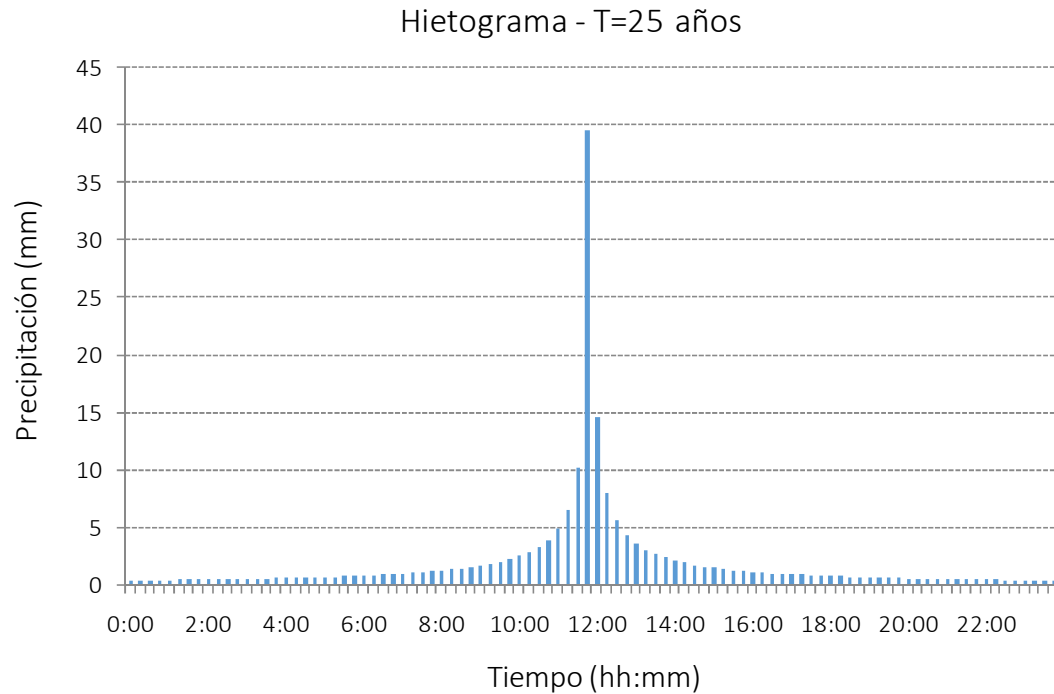


Figura 25: Hietograma de cálculo para T= 25 años

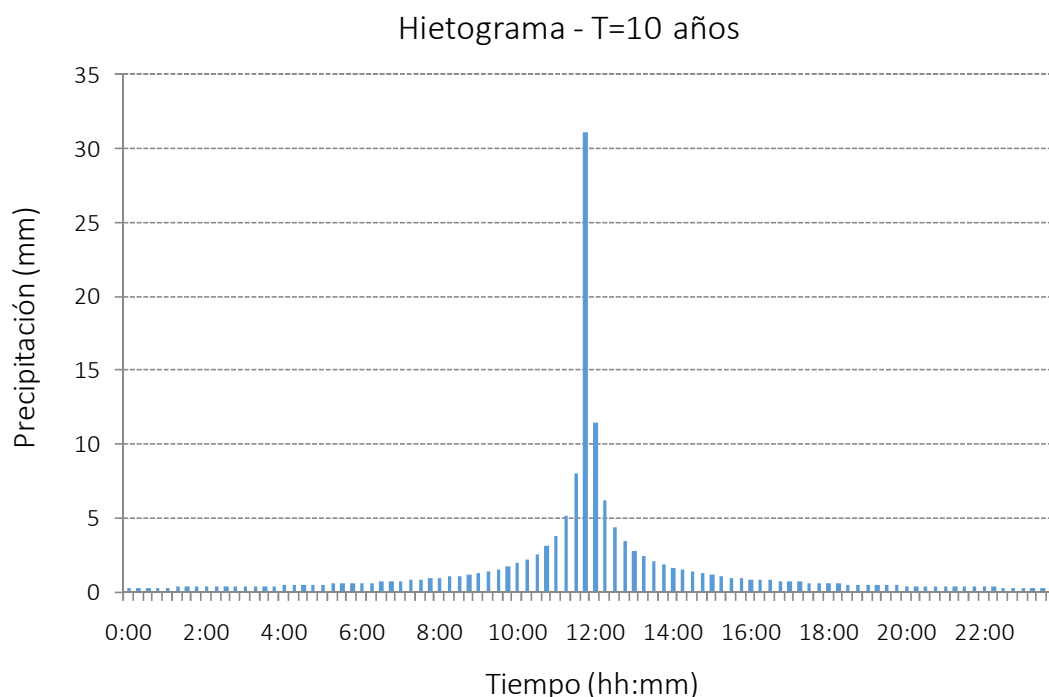


Figura 26: Hietograma de cálculo para T= 10 años

5.2. Transformación lluvia-escorrentía

El método con un uso más extendido para estimar las pérdidas en el cálculo de crecidas es el método del número de curva. Este método se basa en suponer que toda la lluvia se infiltra hasta que se alcanza una determinada cantidad, denominada umbral de escorrentía (P_0), para la cual se supone que la capa superficial del suelo se satura y comienza a generarse la escorrentía superficial. Para determinar la cantidad de escorrentía superficial generada hasta un instante dado se establece la hipótesis de que la escorrentía está en la misma relación respecto a la precipitación total caída hasta ese instante (descontado el P_0), y el agua infiltrada (descontado también el P_0), respecto a la capacidad máxima de almacenamiento del suelo (S).

El umbral de escorrentía se puede relacionar con otra magnitud, denominada número de curva (que da nombre al método), con objeto de facilitar su aplicación práctica mediante gráficos, y que viene dado por la siguiente expresión (con P_0 en mm):

$$CN = 5000 / (P_0 + 50)$$

El HEC-HMS cuenta con la posibilidad de utilizar el Método del Número de Curva del SCS el cual es el más extendido y se considera de suficiente precisión para el objetivo perseguido en la modelización hidrológica.

Para el cálculo del umbral de escorrentía asociado a la cuenca de estudio se empleará la tabla con los valores recomendados de P_0 a partir de la zonificación del CORINE LAND COVER de la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)” en su *Anejo II: Tablas de valores del umbral de escorrentía (mm)*.

Para poder aplicar dicha tabla es necesario procesar y cruzar previamente 3 coberturas:

- Mapa de pendientes:

El mapa de pendientes fue obtenido con herramientas GIS a partir del MDT de resolución 5m. En la siguiente figura se distinguen los valores mayores y menores del 3%:

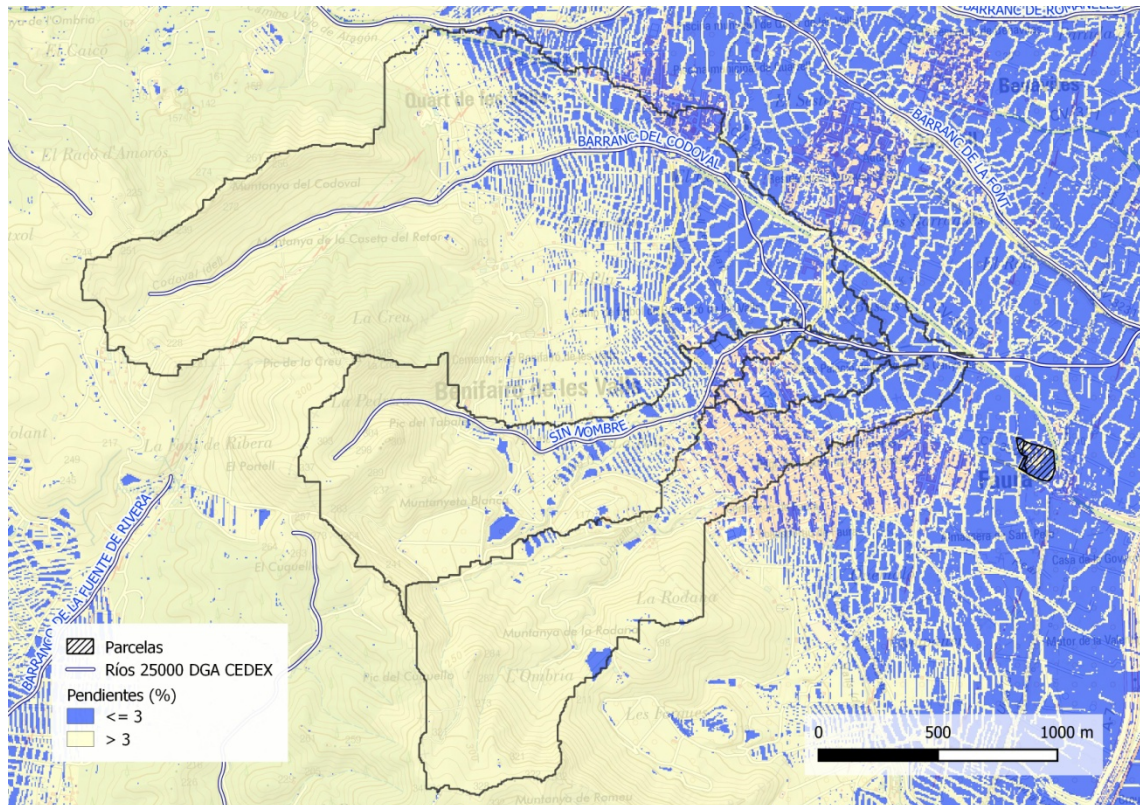


Figura 27: Mapa de pendientes

- Mapa de usos del suelo:

Para la definición de los usos del suelo se tomará la información procedente del CORINE 2018:

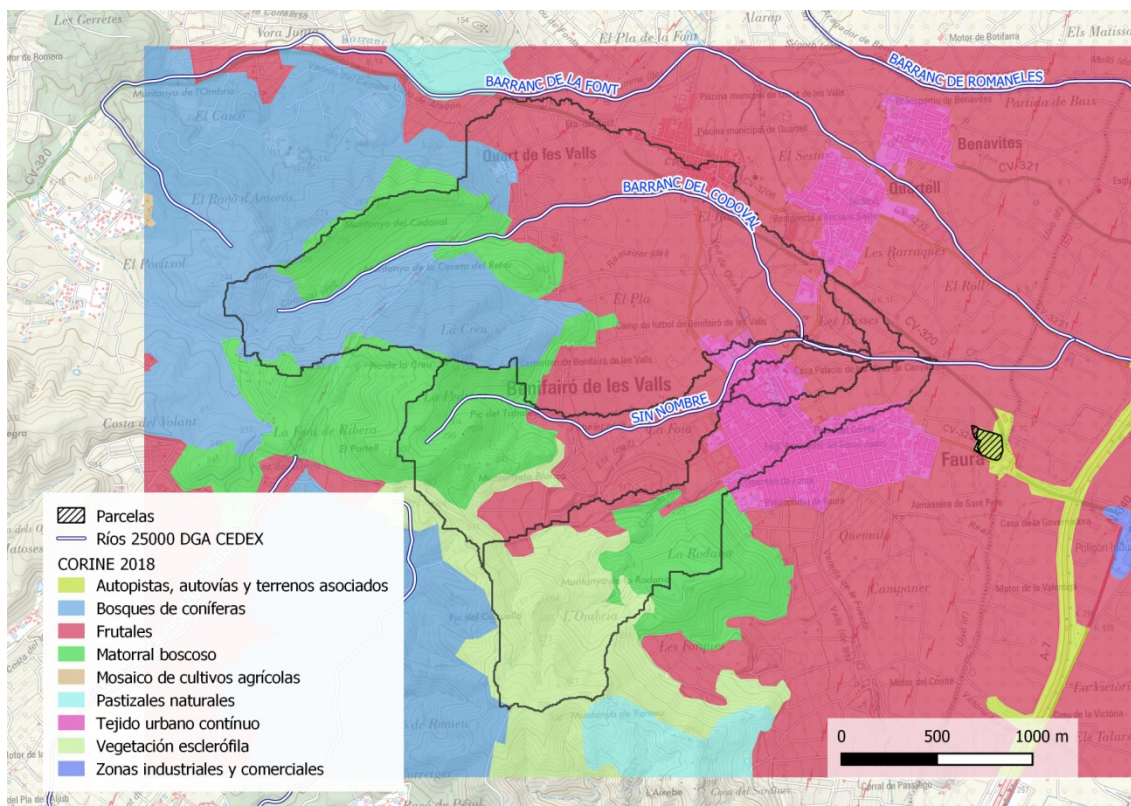


Figura 28: Usos del suelo CORINE 2018

El CORINE Land Cover (CLC) es un proyecto de la Agencia Europea del Medio Ambiente que nace en 1985 con el objetivo de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo actualizada a varios años de referencia. Este proyecto está incluido dentro del programa europeo «Copernicus», una iniciativa de la Unión Europea para desarrollar su propia capacidad operativa de observación de la Tierra.

CORINE Land Cover (CLC) es una base de datos de polígonos de ocupación del suelo con una escala de referencia 1:100.000 y basada en una nomenclatura jerárquica de tres niveles con 44 clases, siendo el tamaño mínimo de polígono de 25 ha.

Desde la primera versión de CLC1990, la base de datos se actualiza periódicamente, con versiones en los años 2000, 2006 y 2012, siendo CLC2018 la cuarta actualización del proyecto junto con su base de datos de cambios 2012-2018.

La versión 2018 de CLC se obtiene incorporando a la base de datos anterior CLC2012 la base de datos de cambio 2012-2018.

- Mapa de grupos hidrológicos:

Para la definición de los grupos litológicos se partirá de la información procedente de la cobertura de litología de la serie temática de la COPUT. A partir de la clasificación de texturas propuesta por la “Instrucción de Carreteras IC 5.2” se realiza la transformación necesaria para la obtención del grupo hidrológico:

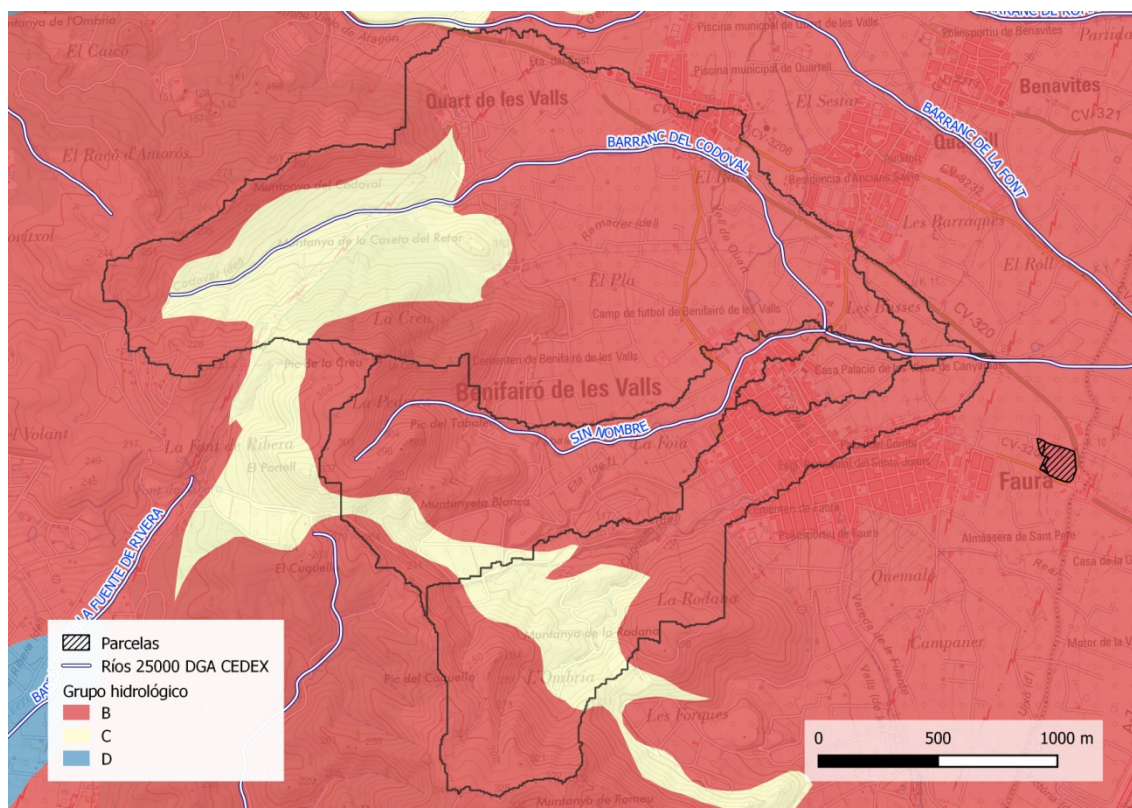


Figura 29: Grupos hidrológicos

TABLA 2.4.- GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO A EFECTOS DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

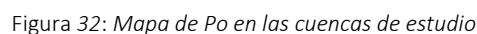
Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
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.

Figura 30: Tabla de transformación: Textura – Grupo Hidrológico



Cruzando las 3 coberturas anteriores y aplicando la tabla de valores del umbral de escorrentía del Anexo II de la Guía Metodológica para el SNCZI se obtiene el siguiente mapa de P_0 :



Haciendo uso de herramientas GIS se calcula el valor medio para cada cuenca en las que se divide el modelo hidrológico:

Cuenca	Po (mm)
Codoval 1	33.86
Codoval 2	23.75
Sin Nombre	30.32
Canaleta	22.29

Tabla 8: Po medio para cada cuenca

Es necesario calibrar el valor del P_0 , realizándose habitualmente esa calibración a través de un coeficiente auxiliar (denominado β), que al multiplicar el valor del P_0 correspondiente a las condiciones medias de humedad (AMC II) proporciona el valor calibrado del parámetro. Su valor se mueve habitualmente en el rango 0.5-3.

$$P_0^{cal} = P_0 \cdot \beta$$

Para su aplicación en la elaboración del mapa de caudales máximos, se realizó una calibración del P_0 a escala nacional, determinando el coeficiente corrector β . A continuación, se muestra el mapa de coeficientes de umbral de esorrentía:

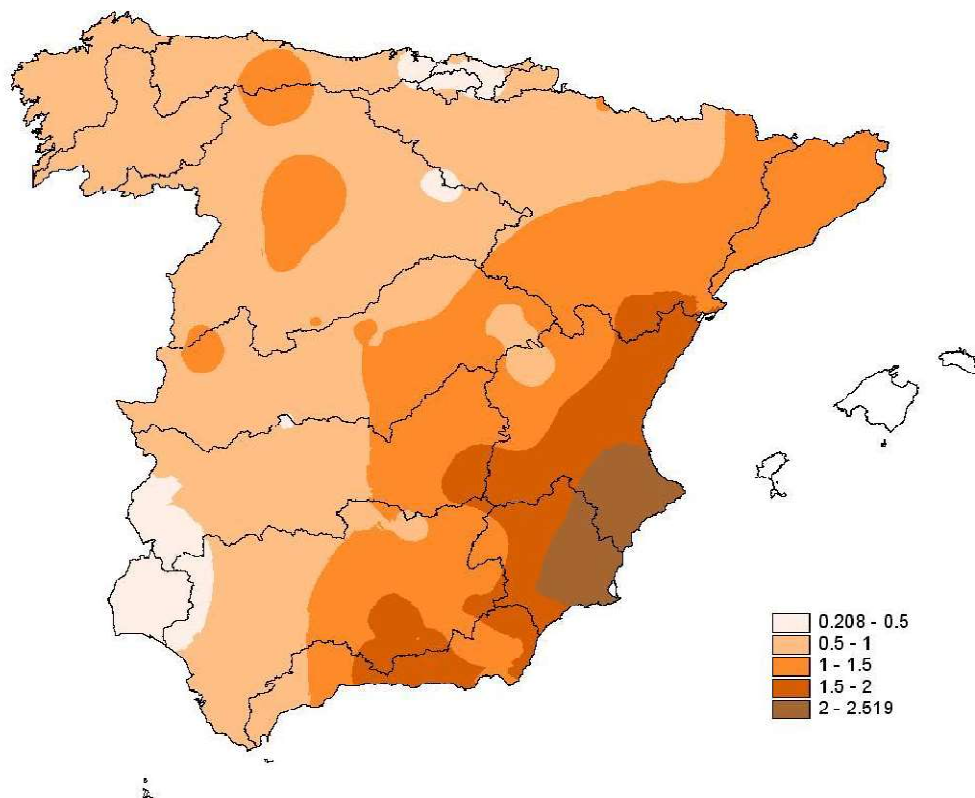


Figura 33: Mapa del coeficiente corrector del umbral de esorrentía (β)

A partir del mapa anterior se ha estimado el valor del coeficiente β en las cuencas vertientes a las estaciones de aforo seleccionadas para validar los resultados, y se ha comparado con los

valores obtenidos en la calibración de dichas estaciones a partir de las series de registradas en las estaciones.

Con la validación anterior se caracterizó estadísticamente los valores del coeficiente corrector β en cada una de las regiones estadísticas definidas, en lugar de proporcionar un valor exacto en cada punto del territorio a través de un mapa. La mencionada caracterización estadística se ha realizado determinando para cada región el valor medio de los valores del coeficiente β obtenidos al calibrar el método racional en cada una de las estaciones de la región, así como una valoración de la dispersión del conjunto de valores en torno a su valor medio a través de los intervalos de confianza del 50%, 67%(relacionado con el error estándar) y 90%.

Conforme a la regionalización que se realizó, la cuenca de estudio se localiza en la región 822:



FIGURA 2.9.- REGIONES CONSIDERADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Figura 34: Regionalización del coeficiente corrector umbral de escorrentía (β)

Según la tabla de caracterización estadística de los valores del coeficiente β en la distintas regiones, la región 822 tiene asignado un valor medio de $\beta=2,40$.

Por otra parte, los valores de coeficiente β se obtuvieron ajustando las leyes de frecuencia calculadas mediante el método racional a las obtenidas a partir de los registros de aforos, de tal forma que hubiera coincidencia entre ambas leyes de frecuencia para el periodo de retorno de 10 años. Al aplicar el coeficiente corrector así obtenido al cálculo de otros periodos de retorno diferentes del de 10 años, se observa que los resultados no son del todo satisfactorios, no existiendo coincidencia en la forma funcional de la ley de frecuencia obtenida a partir de los datos de aforos mediante métodos estadísticos con la calculada mediante el método racional.

Para proporcionar mayor precisión se puede cuantificar una corrección al coeficiente β en función del periodo de retorno que se esté calculando, de tal manera que la forma funcional de la ley de frecuencia calculada mediante la aplicación del método racional coincida con la obtenida mediante procedimientos estadísticos.

$$\beta_T = F_T \times \beta_{10}$$

Donde β_{10} es el coeficiente corrector del umbral de escorrentía para el periodo de retorno de 10 años, β_T el coeficiente corrector del umbral de escorrentía para el periodo de retorno T, y F_T un factor función del periodo de retorno.

Aplicando la tabla de factores correctores del coeficiente β , para la región 822 se obtienen los siguientes valores en función del periodo de retorno (T):

Región 822		
T (años)	Factor corrector	β
T2	1.68	0.70
T5	2.06	0.86
T10	2.40	1.00
T25	2.78	1.16
T50	2.78	1.16
T100	2.78	1.16
T500	2.78	1.16

Tabla 9: Factores correctores del coeficiente β (F_T) y coeficiente β

De la aplicación del coeficiente β se obtienen los siguientes valores corregidos del umbral de escorrentía (P'_0) que será el empleado para la obtención del número de curva (NC):

Umbral de escorrentía corregido (P'_0)				
Cuenca	T10	T25	T100	T500
Codoval 1	81.26	94.27	94.27	94.27
Codoval 2	57.00	66.12	66.12	66.12
Sin Nombre	72.77	84.41	84.41	84.41
Canaleta	53.50	62.06	62.06	62.06

Tabla 10: Umbral de escorrentía corregido (mm)

Número de Curva (NC)				
Cuenca	T10	T25	T100	T500
Codoval 1	38.09	34.66	34.66	34.66
Codoval 2	46.73	43.06	43.06	43.06
Sin Nombre	40.73	37.20	37.20	37.20
Canaleta	48.31	44.62	44.62	44.62

Tabla 11: Número de Curva empleado en el HEC-HMS

5.3. Hidrograma unitario de Clark

Una vez calculada la precipitación neta, es decir, la parte de la precipitación total sobre la cuenca que se transforma en escorrentía superficial (o en un sentido más amplio, en escorrentía directa), es necesario determinar cómo esa escorrentía al desplazarse por la red de drenaje genera los caudales a lo largo del tiempo en el punto de salida, transformando el hietograma neto en el hidrograma de escorrentía directa.

De entre las funciones de transferencia, la universalmente utilizada es el hidrograma unitario, que se basa en asumir que la cuenca presenta un comportamiento lineal e invariante en el tiempo, siendo mucho menos utilizadas otro tipo de funciones no invariantes o no lineales.

Para obtener el hidrograma unitario de una cuenca determinada existen dos posibilidades. La primera consiste en partir del análisis de los hidrogramas de avenidas reales medidos en estaciones de aforo, método que es muy laborioso y complejo. Otra posibilidad, más usual, consiste en la utilización de los hidrogramas unitarios sintéticos predefinidos, que han sido confeccionados por distintos autores u organismos a partir del estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas.

El hidrograma unitario de Clark presenta la posibilidad de aplicación en forma distribuida, lo que permite tener en cuenta la estructura real de la red de drenaje, así como la distribución de la lluvia neta dentro de la cuenca, por lo que, sin perjuicio de que se puedan utilizar otras opciones de modelización más sofisticadas, constituye una buena opción para la elaboración de los modelos hidrológicos distribuidos.

Los parámetros del método del hidrograma unitario de Clark son el tiempo de viaje (T_v) y el coeficiente de almacenamiento (K). Según la *Guía del SNCZI* se recomiendan las siguientes expresiones para su estimación:

- Tiempo de viaje de la cuenca (T_v): $T_v = 0.64 T_c$
- Coeficiente de almacenamiento (K): $K/(T_v+K) = 0.25$

Cuenca	T_c (h)	T_v (h)	K (h)
Codoval 1	1.75	1.12	0.37
Codoval 2	0.28	0.18	0.06
Sin Nombre	1.19	0.76	0.26
Canaleta	1.04	0.67	0.22

Tabla 12: Parámetros del hidrograma unitario de Clark

5.4. Propagación de hidrogramas

La propagación de la avenida a lo largo de la red de drenaje dependerá de la configuración concreta del cauce a lo largo de la misma. El hidrograma propagado sufrirá cierta laminación, que será tanto mayor cuanto mayor sea la capacidad de almacenamiento del tramo de río.

Habitualmente para tener en cuenta este efecto dentro de la modelización hidrológica se emplea un modelo simplificado de las ecuaciones de Saint-Venant.

Entre los métodos de propagación simplificados, quizá el más utilizado sea el método de Muskingum, que resulta de la aplicación de la ecuación de continuidad a un conjunto de elementos de almacenamiento en los que se divide el tramo, y de asumir una relación lineal entre el volumen almacenado en el tramo y los caudales entrantes y salientes. Esta relación lineal se obtiene distinguiendo en el tramo un almacenamiento en prisma en régimen permanente y un almacenamiento en cuña, que será positivo en la fase creciente del hidrograma y será negativo en la decreciente:

$$S = K [XI - (1 - X) O]$$

En la ecuación anterior S es el volumen almacenado en el tramo, I el caudal entrante al mismo y O el caudal saliente. K y X son coeficientes que representan el tiempo de viaje de la onda y la laminación en el tramo, respectivamente. Los parámetros K y X pueden calibrarse para el tramo de propagación en estudio si se dispone de información sobre hidrogramas entrantes y salientes del mismo. Dicha información casi nunca se conoce, por lo que es necesario estimar el valor de los parámetros a partir de las características morfológicas del tramo. Una estimación adecuada de este parámetro requiere disponer de información detallada sobre la topografía del río, así como la realización de un análisis hidráulico de sus secciones, por lo que en muchas ocasiones puede ser más ventajoso y más preciso aplicar el método de Muskingum-Cunge, en el cual los parámetros K y X se relacionan con características físicas de la sección del río tales como:

- Longitud del tramo
- Celeridad de la onda
- Ancho de la lámina de agua en la sección
- Pendiente del cauce

Por este último motivo la *Guía del SNCZI* recomienda emplear con carácter general el método de Muskingum-Cunge para el cálculo de los tramos de propagación del modelo, salvo que se pueda aplicar un método más exacto basado en la modelización hidráulica del tramo.

En nuestro caso se consideró únicamente 1 tramo que discurre entre la intersección de las cuencas Codoval 1 y Sin Nombre, hasta el paso inferior de la CV-320. Este tramo se caracteriza por estar el barranco “encauzado” por un camino de huerta, limitado a ambos lados por los muros de los bancales:

Parámetro	Tramo Codoval
Longitud (m)	334.40
Pendiente (m/m)	0.019
Manning	0.030
Sección	Rectangular
Ancho (m)	6.00

Tabla 13: Parámetros introducidos para el método de Muskingum-Cunge



Figura 35: Tramo del bco Codoval caracterizado con el método Muskingum-Cunge

5.5. Hidrogramas obtenidos

De la simulación realizada con el programa HEC-HMS se obtienen los hidrogramas que servirán de entrada al modelo hidráulico. Los hidrogramas para cada cuenca se muestran a continuación:

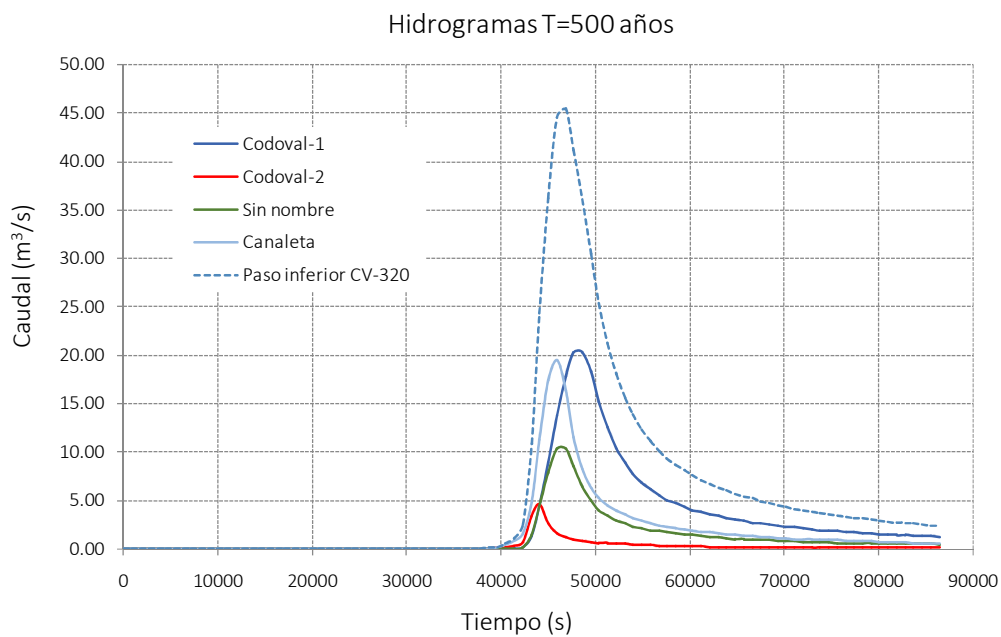


Figura 36: Hidrogramas para T=500 años

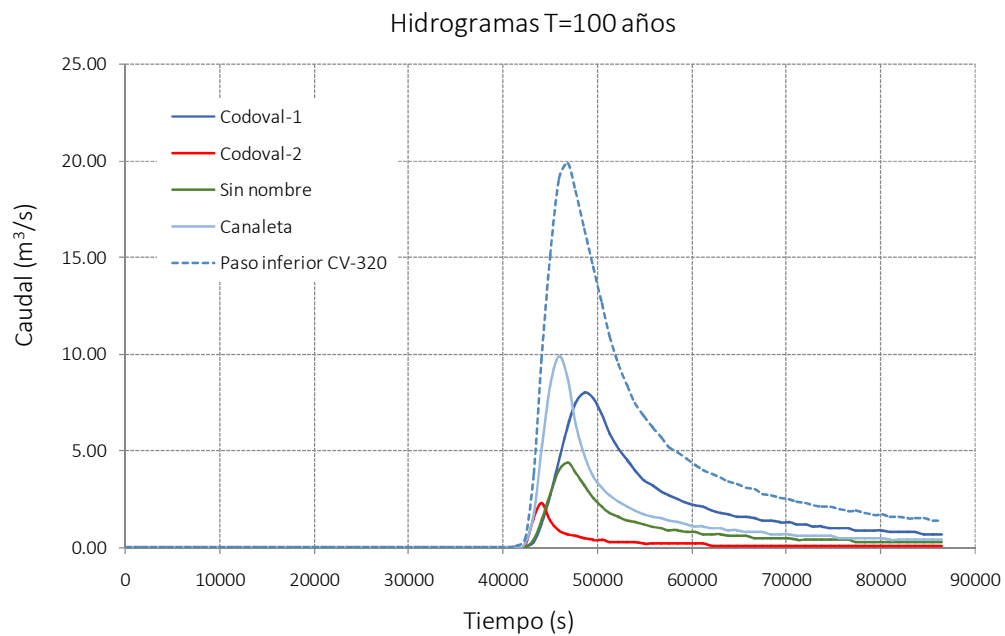


Figura 37: Hidrogramas para T=100 años

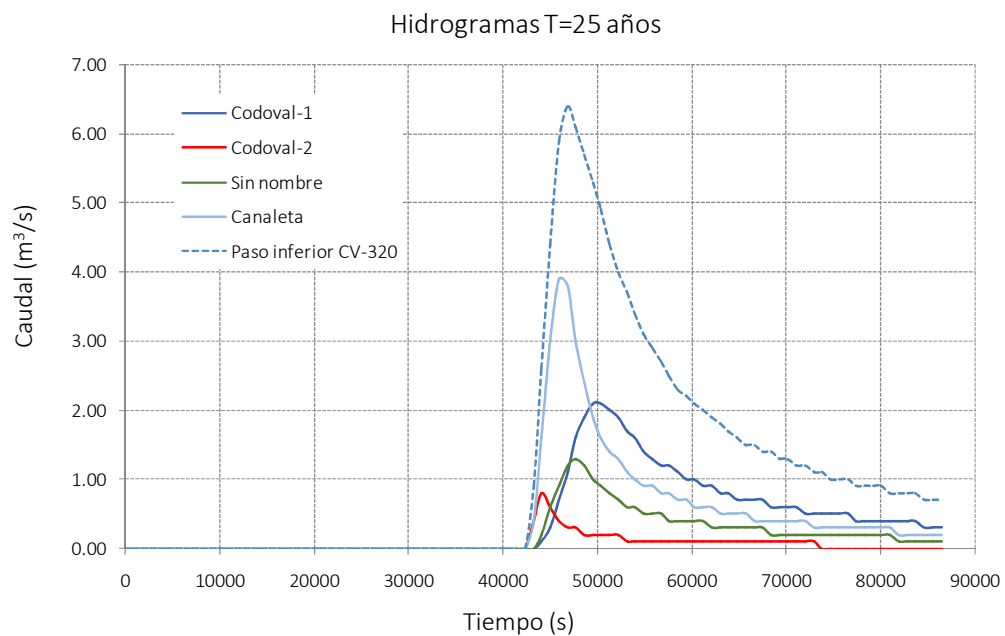


Figura 38: Hidrogramas para T=25 años

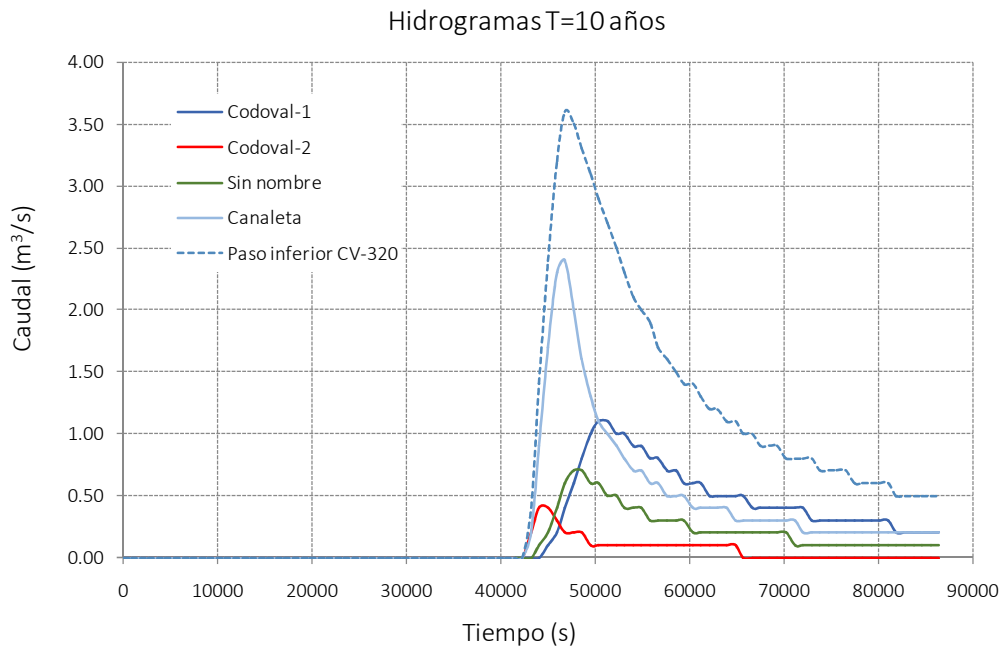


Figura 39: Hidrogramas para T=10 años

Caudal punta (m^3/s)				
Cuenca	T= 10 años	T=25 años	T=100 años	T=500 años
Codoval-1	1.10	2.10	8.00	20.30
Codoval-2	0.40	0.80	2.30	4.60
Sin nombre	0.70	1.30	4.40	10.30
Canaleta	2.40	3.90	9.90	19.50
Paso inferior CV-320	3.60	6.40	19.90	45.40

Volumen ($\times 1000 m^3$)				
Cuenca	T= 10 años	T=25 años	T=100 años	T=500 años
Codoval-1	21.20	36.90	105.90	231.30
Codoval-2	3.80	5.80	12.70	23.90
Sin nombre	10.60	17.50	45.00	92.80
Canaleta	25.10	37.70	80.10	147.60
Paso inferior CV-320	60.70	97.80	243.70	495.70

Tabla 14: Caudales punta y volúmenes de los hidrogramas obtenidos

5.6. Diagnóstico y conclusiones

Comparando los resultados obtenidos en el análisis hidrológico con los caudales empleados en el modelo del SNCZI se aprecia una diferencia significativa en cuanto a la magnitud de los mismos. En la siguiente tabla se muestra una comparativa de estos valores:

Caudal punta (m ³ /s)		
T (años)	SNCZI	Estudio PATRICOVA
500	329.34	45.40
100	185.00	19.90
50	173.99	
25	108.02	6.40
10	48.77	3.60
MCO	34.13	

Tabla 15: Caudales punta empleados en el SNCZI y los obtenidos en el presente estudio

Un posible motivo de esta gran diferencia se puede encontrar en la escala de trabajo de las modelaciones del SNCZI, que consideró, como hipótesis conservadora, una cuenca mucho mayor a la que en realidad vierte al paso inferior de la CV-320.

Gracias al análisis hidrológico de mayor detalle realizado en el presente estudio se puede afirmar que el riesgo de inundabilidad actual de las parcelas debido a un evento para T=500 años se correspondería, en realidad, con las envolventes de calados y velocidades obtenidas para T= 10 años por el SNCZI.

Aunque el ámbito de estudio sigue estando afectado por los desbordamientos del barranco del Codoval, se comprueba una reducción significativa del nivel de peligrosidad.

6. Modelación hidráulica 2D

En este apartado se describe la estructura del modelo hidráulico generado con una descripción de cada uno de los pasos realizados para la obtención de su topología.

Un aspecto tan importante como la simulación de los flujos desbordados mediante un modelo matemático adecuado, es la introducción de los datos topográficos, geométricos de las estructuras, rugosidad y caudal, así como las condiciones de contorno internas y externas. En este sentido la disponibilidad de nuevas fuentes de información son fundamentales para la constatación, completado o modificación, en su caso, de los datos de partida obtenidos en base a los antecedentes disponibles.

La delimitación del modelo hidráulico se realizó teniendo en cuenta el ámbito de estudio, las cuencas vertientes a la zona de estudio, así como los posibles puntos de control del flujo y las condiciones de contorno aguas arriba y aguas abajo.

El software empleado para realizar las simulaciones hidráulicas ha sido IBER 2.5.

A continuación se muestra el ámbito en el cual se ha definido el modelo hidráulico bidimensional 2D:

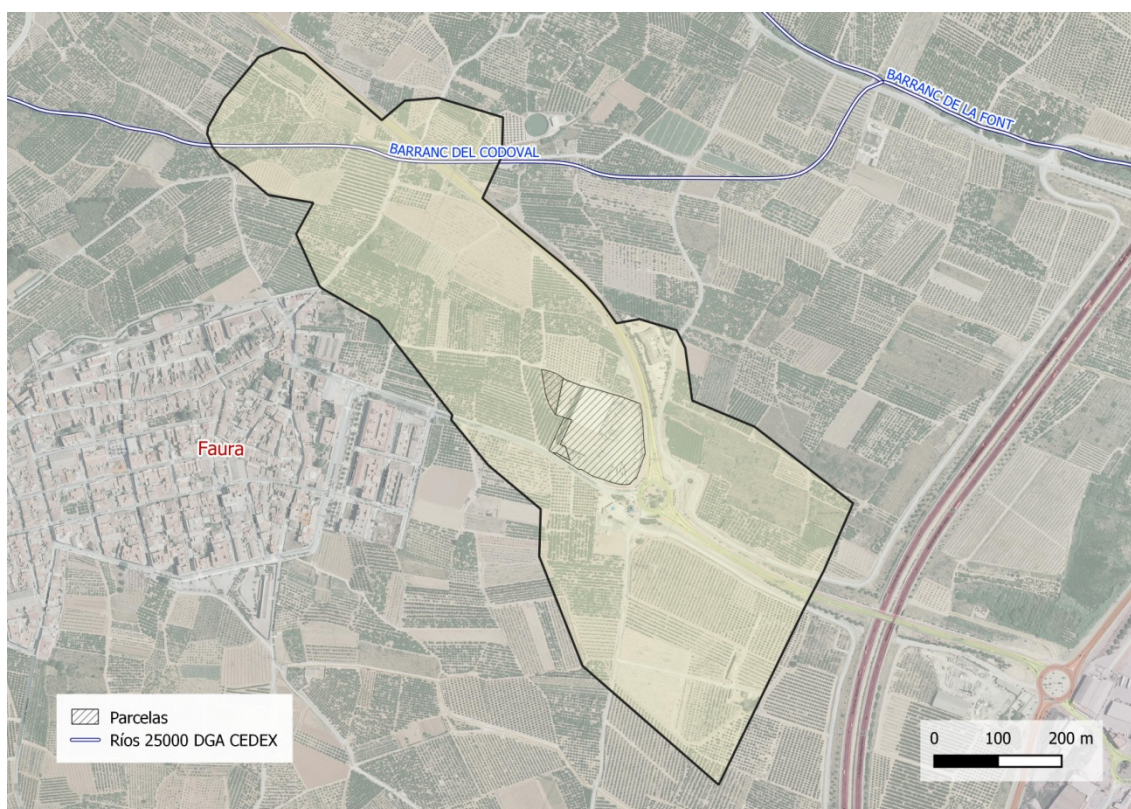


Figura 40: Delimitación del modelo hidráulico

6.1. Modelo Digital del Terreno

El modelo digital del terreno (MDT) empleado ha sido el resultado de procesar (con paso de malla de 0.25m) los datos LiDAR de la segunda cobertura del Proyecto PNOA para la provincia de Valencia del año 2015, disponible en el Centro de Descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica).

Este aspecto supone una actualización y mejora respecto al modelo hidráulico del SNCZI (MDT con datos del año 2009) al estar considerando un MDT de mayor actualidad.

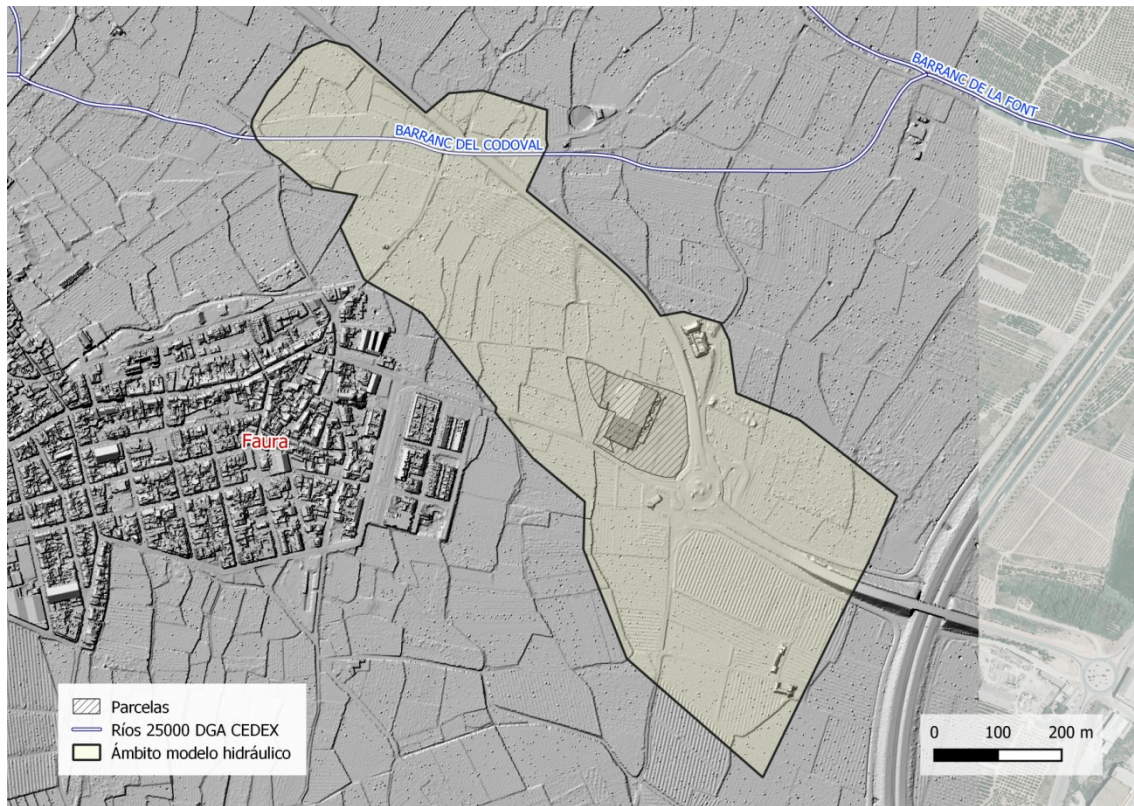


Figura 41: Modelo Digital del Terreno con paso de malla 0.25m (Fuente: elaboración propia)

6.2. Malla de cálculo

Definido el polígono de simulación en el cual se establece la extensión del modelo hidráulico, en función del grado de detalle requerido para poder representar adecuadamente el terreno, se divide el polígono de simulación en diferentes superficies de forma que se pueden asignar tamaños de malla específicos y condiciones de contorno internas a cada una de ellas.

En nuestro caso se han definido varias superficies con diferentes tamaños de malla máximo:

- Cauce Bco del Codoval: 2 metros
- Entorno parcelas de estudio (viales, rotonda y parcelas): 2 metros
- Cuneta CV-320 a su paso por las parcelas de estudio: 0.5 m
- Obra de paso bajo la CV-320: 0.5 m
- Resto de cunetas: 1 m
- Resto modelo hidráulico: 5 metros

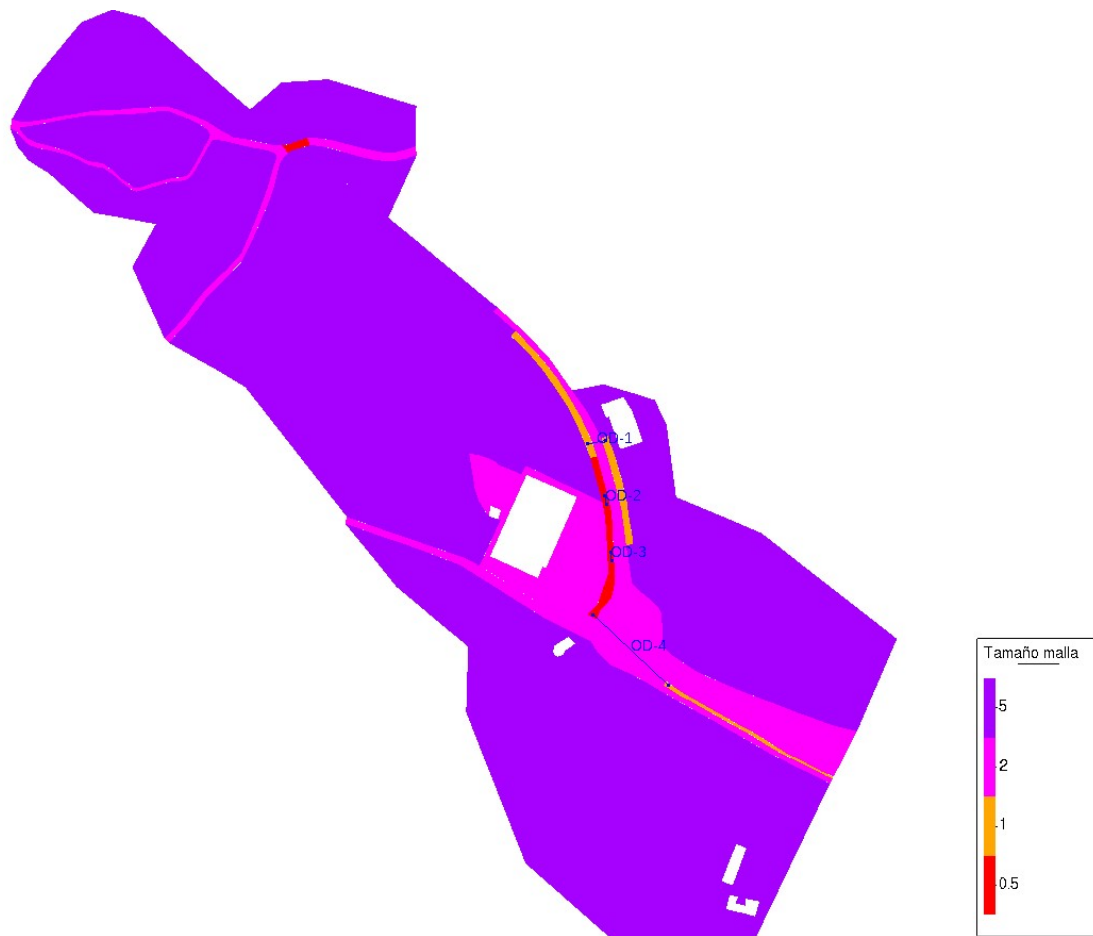


Figura 42: Tamaños de malla definidos en el modelo IBER 2.5

Para poder tener en cuenta las edificaciones de la forma más precisa, antes de generar la malla, se agujerean las superficies definidas con el objeto de generar condiciones de contorno internas que actúen a modo de paredes verticales. Para ello se ha empleado la capa de edificaciones de la cartografía oficial 1/5.000 disponible en el ICV.

Con las superficies preparadas y los parámetros definidos el número total de elementos de la malla es de 84130 triángulos, abarcando un área total de 0.4085 km².



Figura 43: Detalle de la malla 2D empleada en la simulación hidráulica

6.3. Rugosidad

En cuanto a la rugosidad del terreno se ha empleado como base la cobertura de usos del suelo definida por el SIOSE 2015 a la cual, a partir de visitas de campo, se le ha proporcionado de mayor detalle con la definición de los materiales que componen las cunetas y caminos rurales por los que discurren las escorrentías del barranco del Codoval.

La estimación de la rugosidad se realiza empleando la tabla de asignación propuesta por la Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Dicha tabla establece una relación entre la clasificación de los usos del suelo definidos por el SIOSE y un coeficiente de rugosidad de Manning (*Fuente: Tabla 1 del anejo V de la “Guía Metodológica del SNCZI”*).

En la siguiente figura se muestran los usos del suelo definidos y a continuación la tabla que relaciona el número de Manning para cada uno de ellos:

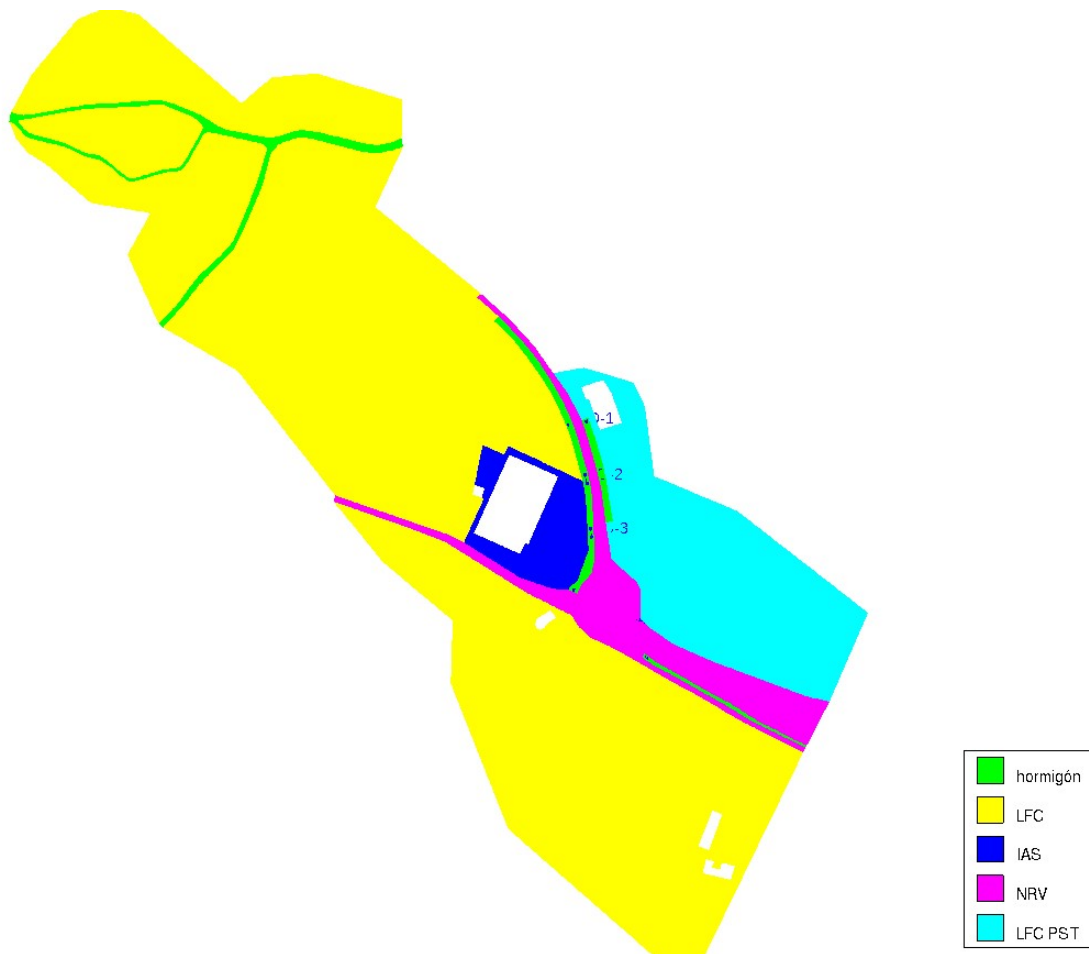


Figura 44: Usos del suelo (Fuente: SIOSE 2015 + Elaboración propia)

Descripción	Manning	Código
Frutales cítricos	0.060	LFC
Red viaria	0.100	NRV
Industria aislada	0.100	IAS
Frutales & Pastizal	0.048	LFN_PST
Cuentas hormigón	0.018	Hormigón
Pavimento hormigón	0.018	Hormigón

Tabla 16: Relación de usos del suelo y número de manning

6.4. Muros

A continuación se pasan a describir los muretes presentes en el ámbito de estudio y que juegan un papel fundamental en el funcionamiento hidráulico de los desbordamientos y su afección a las parcelas de estudio.

Gracias a que se trata de muros cuya cota permanece horizontal se han introducido en el modelo como condiciones de contorno internas definiendo vertederos de pared fina y paramento vertical donde la cota del labio es la de coronación del murete. De esta forma se

puede tener en cuenta dentro de la topología del modelo pequeñas paredes verticales cuya cota de coronación se puede asumir constante para una longitud determinada.

La definición de la cota de estos elementos se obtuvo de la suma de las cotas del Modelo Digital del Terreno generado con las alturas de los muretes medidas en campo.

Parcelas de estudio

En el entorno de las parcelas de estudio se encuentra construida una valla perimetral que tiene en su base un murete que puede actuar como elemento de contención parcial de las escorrentías desbordada por el bco de Codoval. Además del murete se localizan dos puertas de entrada en el lado sur, las cuales, para tenerlas en cuenta, se supondrá que se encuentran abiertas ya que no ofrecen estanqueidad.

Para la definición del muro perimetral alrededor de las parcelas de análisis se realizó una campaña de campo para obtener la altura de muro actual y la localización de las 2 puertas de acceso. En la siguiente imagen se muestran las cotas del murete obtenidas de sumar al Modelo Digital del Terreno la altura medida:



Figura 45: Cotas del murete perimetral (msnm)

Un aspecto a destacar es la cota del murete en un tramo específico del límite norte el cual se encuentra a la misma que el terreno situados aguas arriba, suponiendo un punto crítico para la entrada de escorrentías dentro de la parcela.



Figura 46: Vallado con murete en el lado norte de la parcela (MN1)



Figura 47: Vallado con murete en el lado norte de la parcela (MN2)



Figura 48: Vallado con murete en el lado este de la parcela (ME1)



Figura 49: Vallado con murete en el lado este de la parcela (ME2)



Figura 50: Vallado con murete en el lado oeste de la parcela (MO1)



Figura 51: Vallado con murete en el lado oeste de la parcela (MO2)



Figura 52: Vallado con murete en el lado oeste de la parcela (MO3)



Figura 53: Vallado con murete en el lado sur de la parcela (MS1)

Camino rural bco la Canaleta

A la salida del casco urbano de Faura el bco de la Canaleta tiene continuidad a través de un camino rural delimitado a ambos lados por los bancales de naranjos y sus muretes. Tal y como se pudo comprobar en campo la margen derecha se encuentra por debajo de la cota del camino, por lo que la altura del mismo jugará un papel fundamental en la modelación de la capacidad hidráulica.

En la siguiente figura se muestra la altura del murete por tramos para el bco la Canaleta:

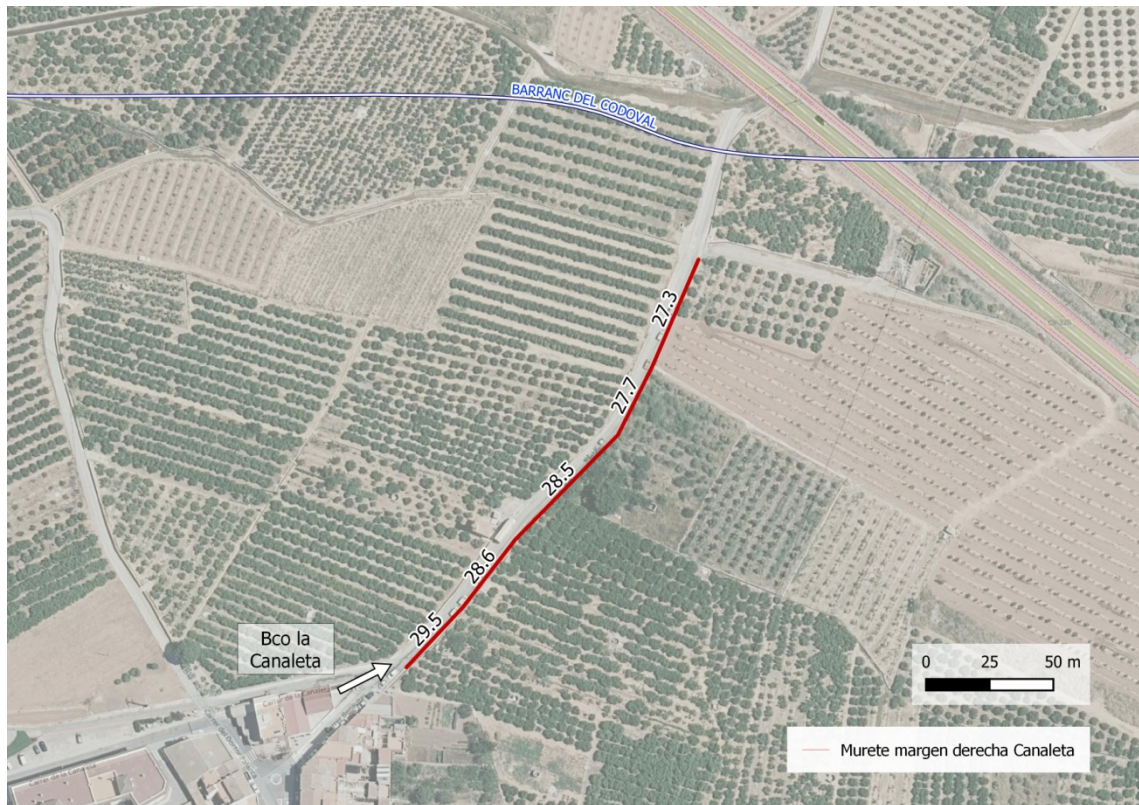


Figura 54: Cotas del murete por margen derecha del bco la Canaleta



Figura 55: Vista desde aguas abajo del camino rural por el que discurre el Bco la Canaleta

6.5. Obras de drenaje

En el proceso de generación del modelo ha sido necesario identificar y obtener las dimensiones de las estructuras de paso presentes en la zona.

De las visitas realizadas se identifican 5 obras de paso bajo la CV-320. Las coordenadas de sus localizaciones son las siguientes:

Obra de Paso	X UTM ETRS-89 H-30	Y UTM ETRS-89 H-30
CV-320 Bco Codoval	734972.78	4401404.57
OD-1	735313.91	4401066.01
OD-2	735323.87	4401000.12
OD-3	735330.24	4400936.62
OD-4	735352.97	4400829.75

Tabla 17: Coordenadas de las obras de paso (ETRS-89 H30)

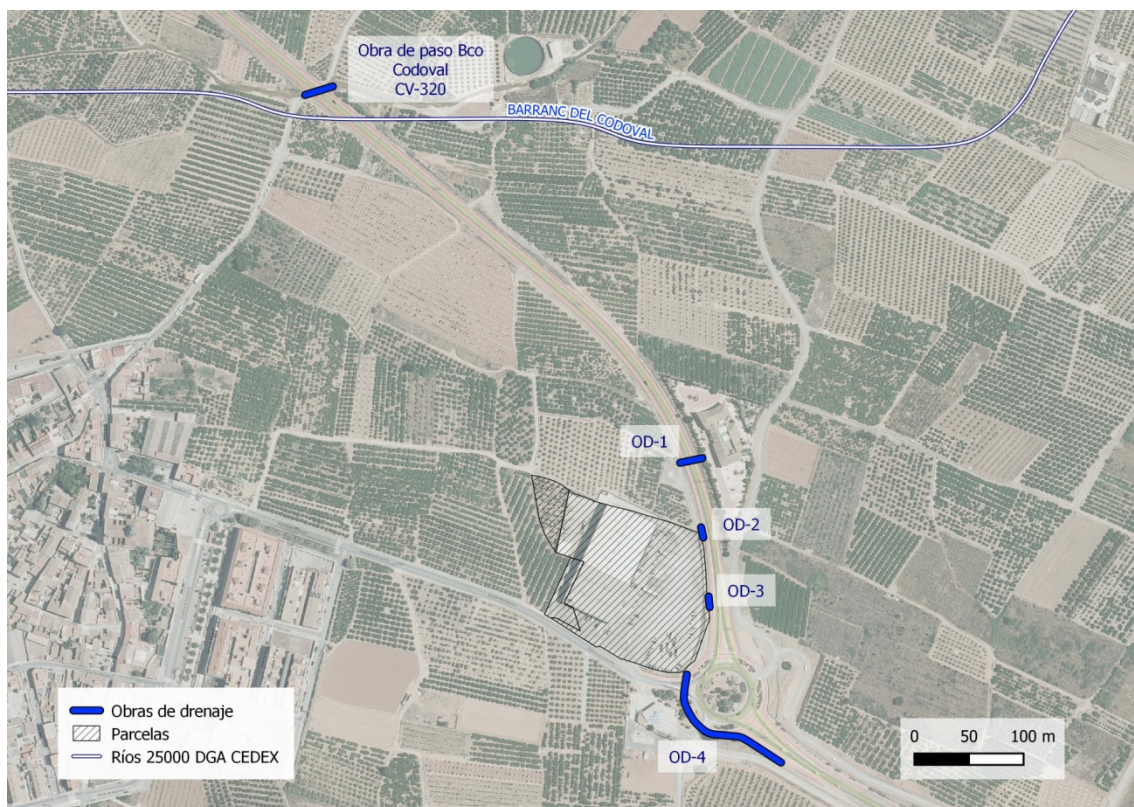


Figura 56: Localización de las obras de paso

Las obras de paso introducidas atienden a dos geometrías básicas:

- Estructura de paso bajo la CV-320 que proporciona continuidad al tráfico rodado de los caminos rurales y forma parte del DPH del barranco del Codoval: sección rectangular de ancho 7.5 m y altura de 2.4 metros.



Figura 57: Estructura de paso bajo la CV-320

- Obras de drenaje longitudinal y transversal en las cunetas de la CV-320: secciones circulares con diferentes diámetros (700 mm, 550 mm, 800 mm).

Para tenerlas en cuenta se introducirán de diferente forma dentro de la topología del modelo:

- Estructura de paso bajo la CV-320: a partir de unas primeras simulaciones se demuestra que dada la gran altura disponible se comprueba que la lámina de agua en ningún momento entra en contacto con el tablero. Por este motivo se opta por abrir el Modelo Digital del Terreno con una anchura de 7.5 metros en lugar de emplear un elemento 1D conectado a la malla 2D.

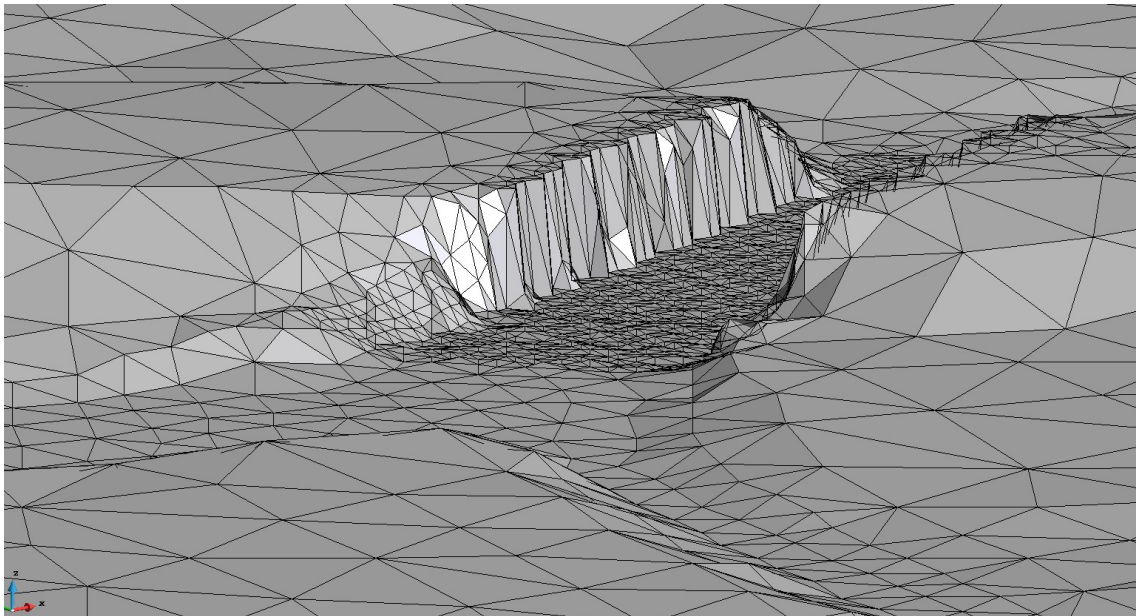


Figura 58: Vista 3D de la malla abierta para la estructura de paso bajo la CV-320

- Colectores de sección circular: se emplearán elementos 1D conectados a la malla 2D. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones y rugosidades asociadas a las obras de paso introducidas en el modelo:

ODT	Sección	Diámetro (mm)	Manning
OD-1	Circular	700	0.02
OD-2	Circular	550	0.02
OD-3	Circular	550	0.02
OD-4	Circular	800	0.02

Tabla 18: Características de las obras de paso introducidas como elementos 1D

Para mayor detalle, se muestran imágenes de dichas estructuras:



Figura 59: Entrada de la obra de paso OD-1



Figura 60: Entrada de la obra de paso OD-2



Figura 61: Entrada de la obra de paso OD-3



Figura 62: Salida obra de paso OD-4

6.6. Condiciones iniciales y de contorno

Como **condición inicial** para todo el ámbito de modelación 2D, se considera que el terreno está seco.

Para la **condición de contorno de entrada** se toman los hidrogramas obtenidos en el estudio hidrológico detallado en apartados anteriores. Se han definido dos entradas al modelo:

- Hidrogramas procedentes del bco del Codoval (cuencas Codoval1 + Codoval2 + Sin nombre)
- Hidrogramas procedentes del bco de la Canaleta

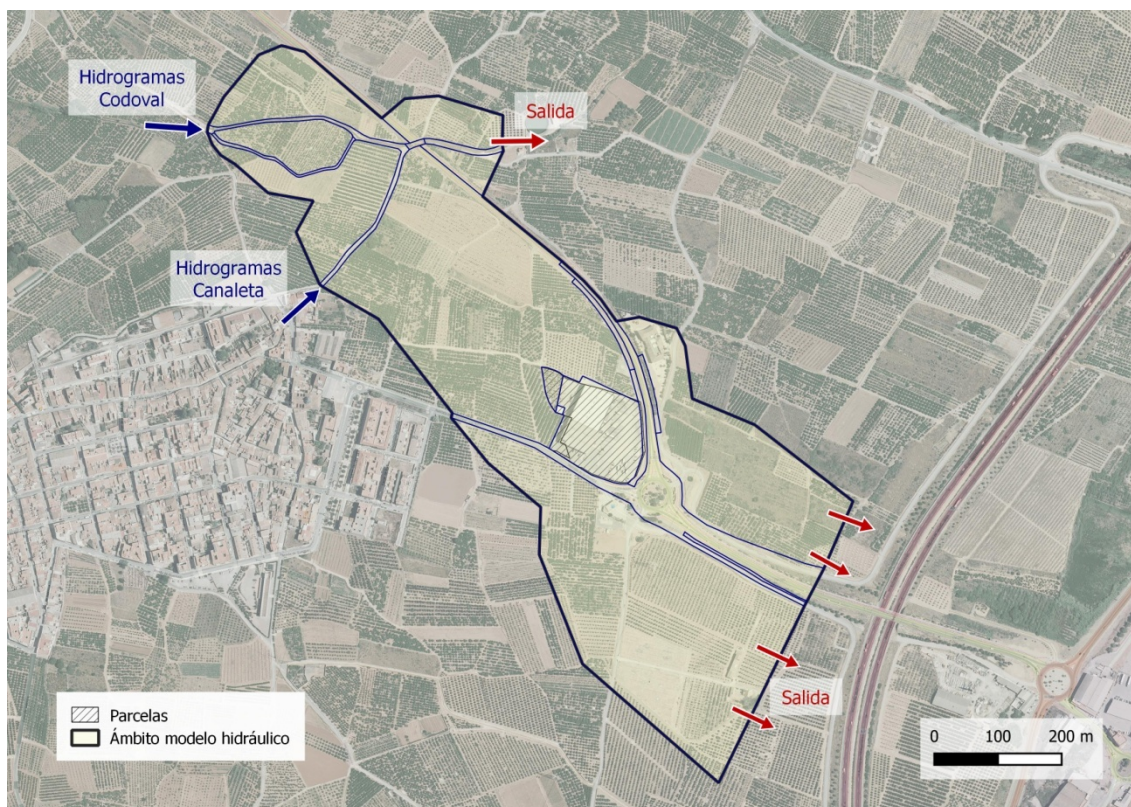


Figura 63: Condiciones de contorno definidas

Caudal punta (m^3/s)				
Cuencas	T= 10 años	T =25 años	T =100 años	T =500 años
Codoval	1.70	3.30	12.00	29.60
Canaleta	2.40	3.90	9.90	19.50

(*) Codoval = Codoval1 + Codoval2 + Sin nombre

Tabla 19: Caudales punta de los hidrogramas de entrada empleados

En relación a la **condición de contorno de salida** se ha definido salida libre (condición crítica) en todo el perímetro situado aguas abajo. El calado y la velocidad se mantienen constantes cuando el caudal llega al borde, por lo que fluye fuera sin pérdidas. La condición de salida se establece a una distancia suficiente ($> 400 \text{ m}$) para que las imprecisiones que se puedan cometer en su definición no afecten al funcionamiento hidráulico del ámbito de estudio.

7. Resultados en situación actual

A continuación se muestran los resultados en términos de calados de las simulaciones realizadas para los eventos correspondientes a T=10 años, T= 25 años, T=100 años y T= 500 años.

7.1. T= 10 años

El funcionamiento hidráulico para T=10 años muestra desbordamientos de muy baja magnitud (en general < 15 cm) por margen derecha del Bco del Codoval a la altura de la obra de paso bajo la CV-320. Estos desbordamientos, como ya se adelantaba en el análisis geomorfológico, ayudados por el efecto barrera de la CV-320 son dirigidos directamente hacia las parcelas de análisis.

Por su parte el bco la Canaleta apenas sufre unos ligeros desbordamientos por margen derecha, de tan baja magnitud que no consiguen alcanzar el ámbito de análisis.

Al llegar al entorno de estudio se observa como el flujo se aproxima por el frente norte, concentrándose su mayor parte en la cuneta de la CV-320.

Debido al tramo de valla con murete a la cota del terreno en el lado norte se producen entradas de agua a la parcela que en ningún caso generan calados superiores a los 9 cm de calado en la zona sureste del parking.

La zona de repostaje de camiones permanece sin afección para T=10 años.

Aguas abajo de la zona de estudio el flujo sigue su camino gracias a las cunetas existentes. La rotonda de acceso al núcleo urbano de Faura no se ve afectada por los desbordamientos del bco del Codoval.

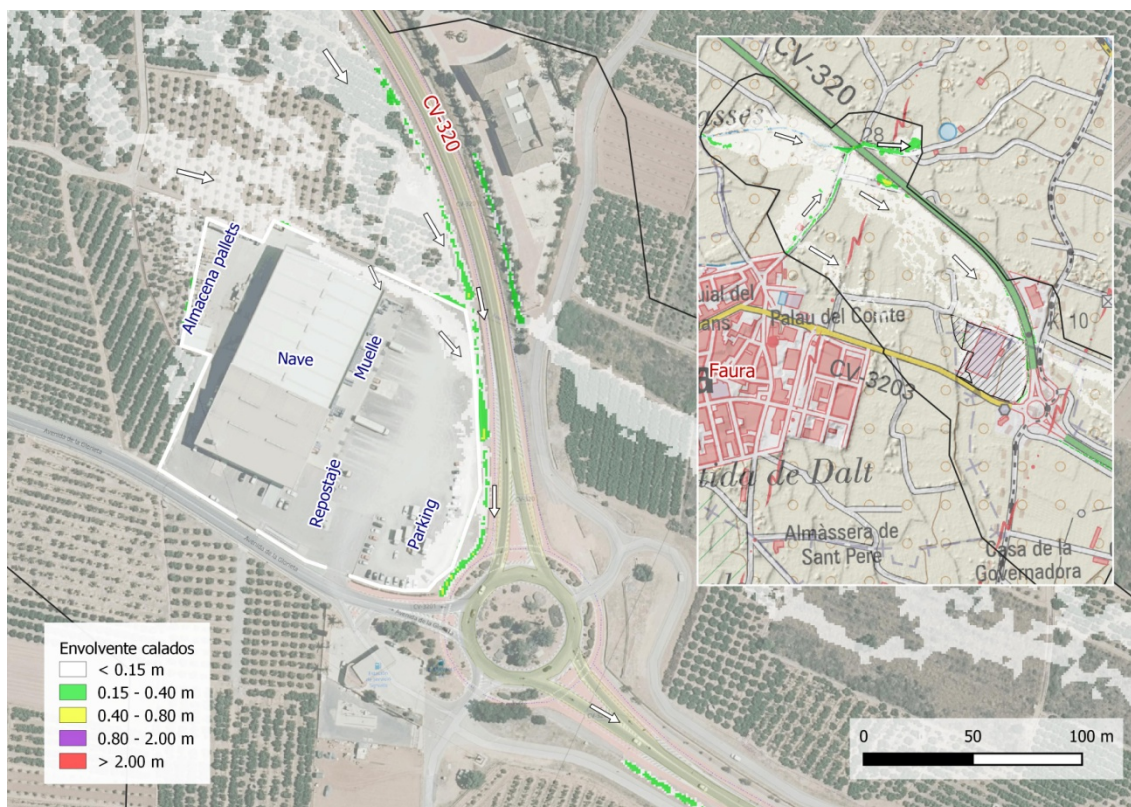


Figura 64: Envoltentes de calados para T=10 años (Sit. Actual)

7.2. T= 25 años

El funcionamiento hidráulico para T=25 años es muy similar al obtenido para T=10 años.

Se producen desbordamientos de muy baja magnitud (en general < 15 cm) por margen derecha del Bco del Codoval a la altura de la obra de paso bajo la CV-320. Estos caudales, como ya se adelantaba en el análisis geomorfológico, ayudados por el efecto barrera de la CV-320 son dirigidos directamente hacia las parcelas de análisis.

Por su parte el bco la Canaleta apenas sufre unos ligeros desbordamientos por margen derecha, de muy escasa magnitud y que consiguen llegar al muro oeste de las parcelas pero sin sobrepasarlo.

Al llegar al entorno de estudio se observa como el flujo se aproxima por el frente norte, concentrándose su mayor parte en la cuneta de la CV-320.

Debido al tramo de valla con murete a la cota del terreno en el lado norte se producen entradas de agua a la parcela que, a excepción de una fina franja junto al muro, no superan los 15 cm de calado en la zona sureste del parking.

La zona de repostaje de camiones permanece sin afección para T=25 años.

Aguas abajo de la zona de estudio el flujo sigue su camino gracias a las cunetas existentes y puntualmente se producen desbordamientos que afectan a la rotonda, pero siempre con calados inferiores a 15 cm.

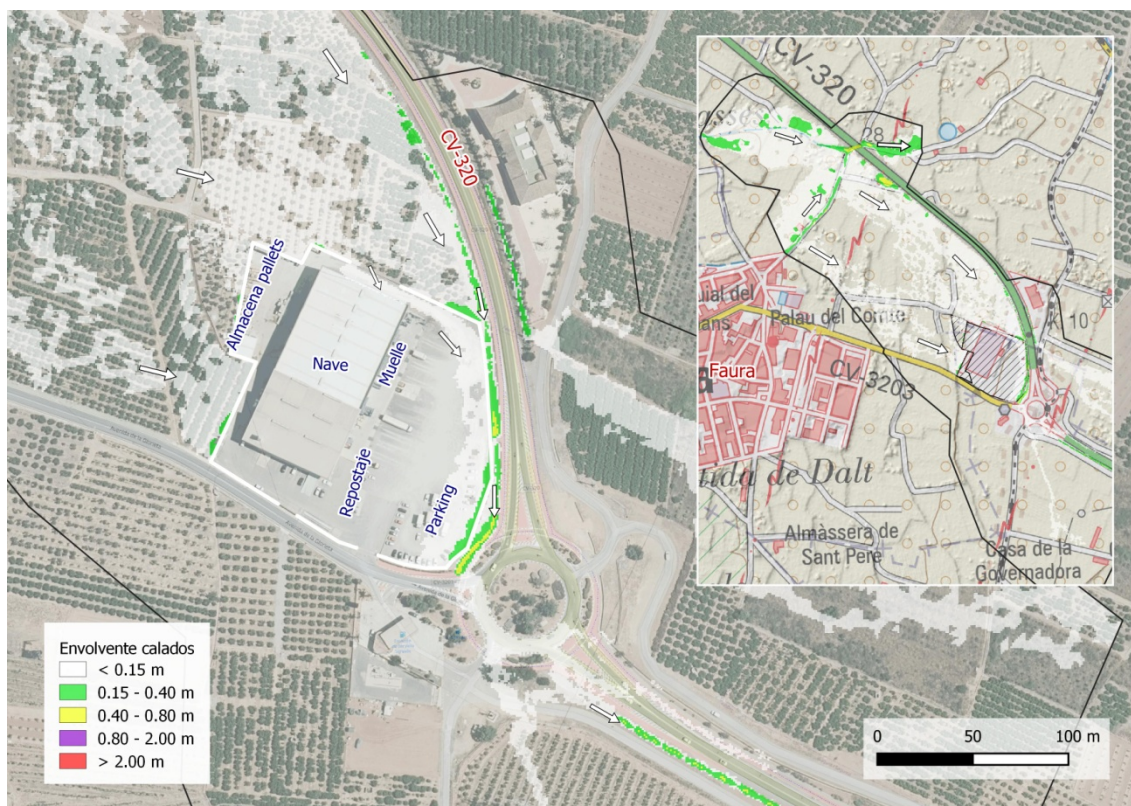


Figura 65: Envoltentes de calados para T=25 años (Sit. Actual)

7.3. T= 100 años

El funcionamiento hidráulico para T=100 años es similar al descrito para T=25 años pero con una mayor afección a las parcelas de estudio.

Se producen desbordamientos por margen derecha del Bco del Codoval a la altura de la obra de paso bajo la CV-320. Estos caudales, como ya se adelantaba en el análisis geomorfológico, ayudados por el efecto barrera de la CV-320 son dirigidos directamente hacia las parcelas de análisis. El calado máximo alcanzado bajo la obra de paso de la CV-320 es del orden de 1.20 m (el galíbo disponible de la estructura es de 2.4 m)

Por su parte el bco la Canaleta sufre desbordamientos generalizados por margen derecha, de muy escaso calado pero que alcanzan y se acumulan en el muro oeste de las parcelas de estudio.

Al llegar al entorno de estudio se observa como el flujo que se aproxima por el frente norte se concentra en su mayor parte en la cuneta de la CV-320.

Debido al tramo de valla con murete a la cota del terreno en el lado norte se produce una entrada significativa de agua a la parcela que provoca una acumulación en la zona del parking con calados entre 15-40 cm.

La zona de repostaje de camiones permanece sin afección para T=100 años.

Respecto a la zona oeste, el murete ofrece una limitada capacidad de retención y es incapaz de impedir la entrada de caudal en la parcela, generando calados entre 15-40 cm.

Los puntos de salida del flujo se localizan bien en las puertas de acceso a la parcela, o bien sobrepasando la cota del murete en toda la zona sur-sureste.

Aguas abajo de la zona de estudio el flujo sigue su camino en dirección sur-sureste a través de las cunetas existentes y de forma desbordada con calados de muy baja magnitud (< 15 cm). La rotonda de acceso al núcleo urbano de Faura se ve afectada con calados máximos de hasta 30 cm en su lado oeste-suroeste.

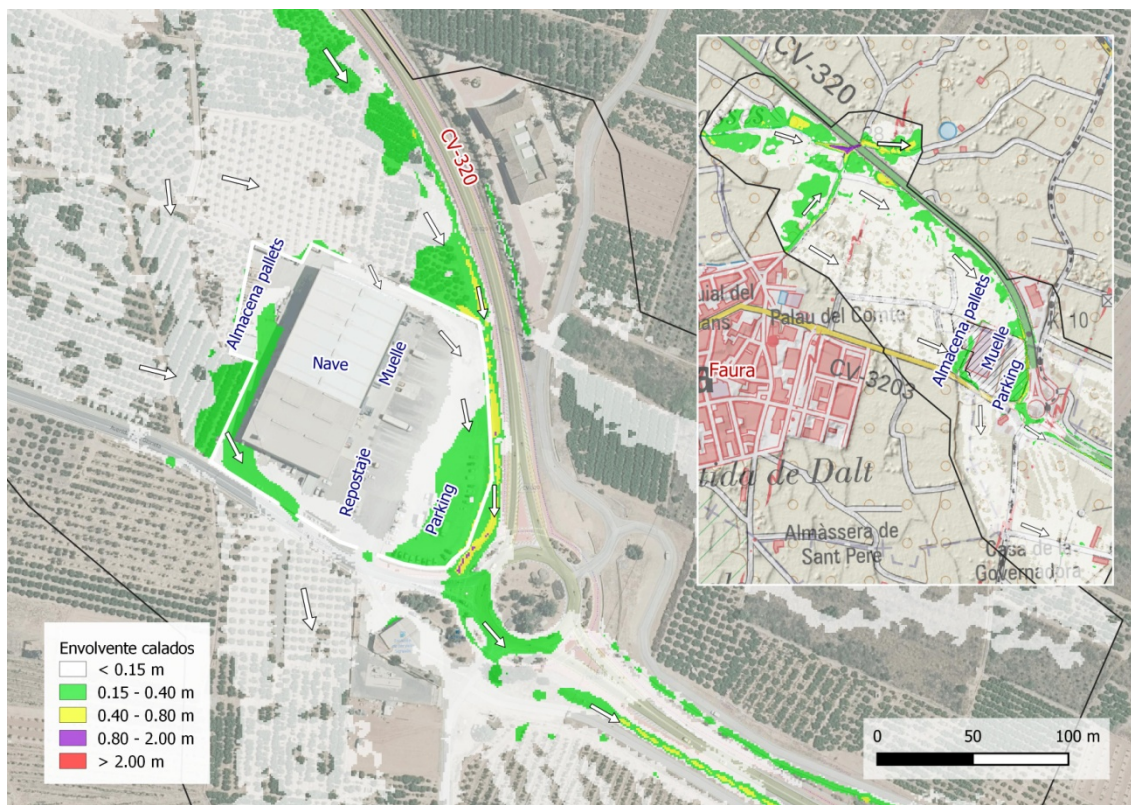


Figura 66: Envoltentes de calados para T=100 años (Sit. Actual)

7.4. Zona de Flujo Preferente

Según el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se define en su art. 9 la Zona de Flujo Preferente:

“La zona de flujo preferente es aquella zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe, y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes, quedando delimitado su límite exterior mediante la envoltente de ambas zonas.

A los efectos de la aplicación de la definición anterior, se considerará que pueden producirse graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- Que el calado sea superior a 1 m.
- Que la velocidad sea superior a 1 m/s.

c) Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m²/s.

Se entiende por vía de intenso desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente.

En la delimitación de la zona de flujo preferente se empleará toda la información de índole histórica y geomorfológica existente, a fin de garantizar la adecuada coherencia de los resultados con las evidencias físicas disponibles sobre el comportamiento hidráulico del río.”

Zona de Inundación Peligrosa (ZIP)

Aplicando los criterios definidos por el RDPH 849/1986 se obtiene la siguiente Zona de Inundación Peligrosa (ZIP):

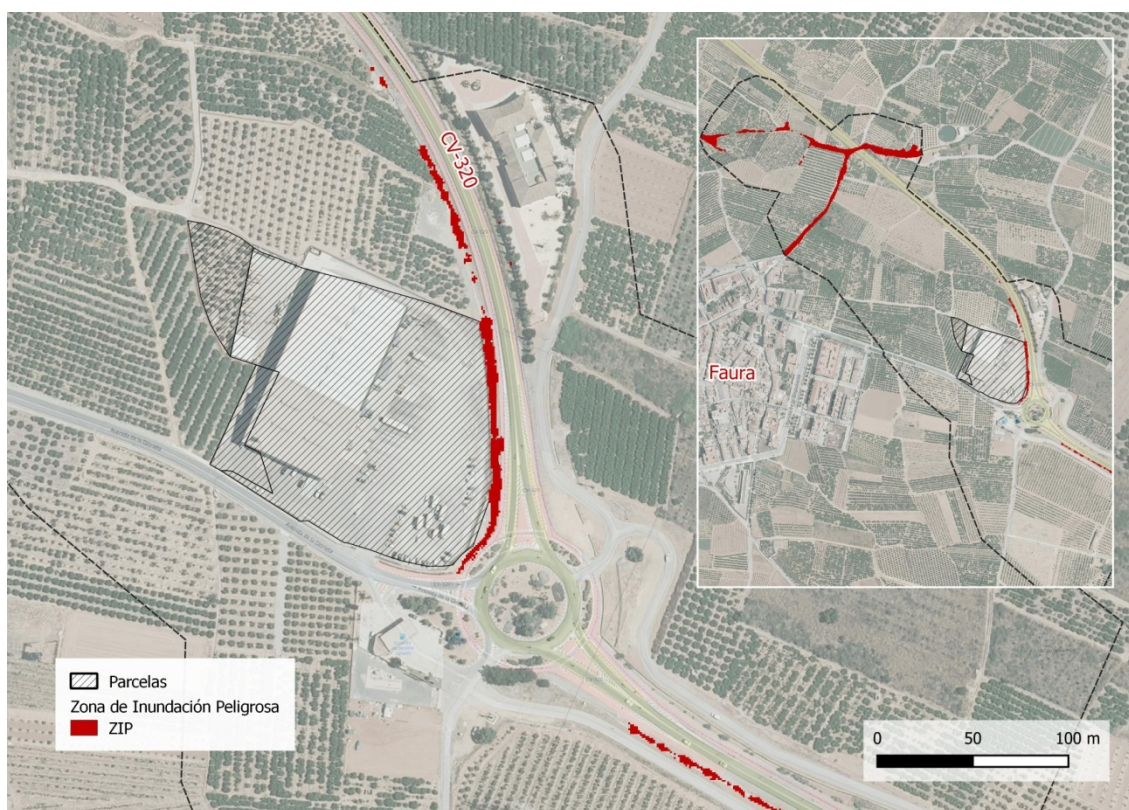


Figura 67: Zona de Inundación Peligrosa (Sit. Actual)

Realizados los cálculos necesarios se comprueba en la imagen anterior que las parcelas de análisis quedan fuera de la ZIP.

Vía de Intenso Desagüe (VID)

La propia definición de VID, en especial en casos como el que nos ocupa con un área inundable extensa y altamente condicionada por la presencia de una carretera que provoca la conexión hidráulica entre cuencas adyacentes, provoca que no exista una única delimitación que cumpla con los requisitos establecidos.

Dado que solo nos interesa el potencial efecto de una actuación que impida la inundación de las parcelas de estudio, se ha definido un “estrechamiento” por margen derecha de forma que

todas las escorrentías procedentes del bco del Codoval y Canaleta pasen por la obra de paso bajo la CV-320, impidiendo los desbordamientos que afectan al área de estudio.

En la siguiente figura se muestra la restricción definida por margen derecha y el resultado final obtenido en términos de calados:

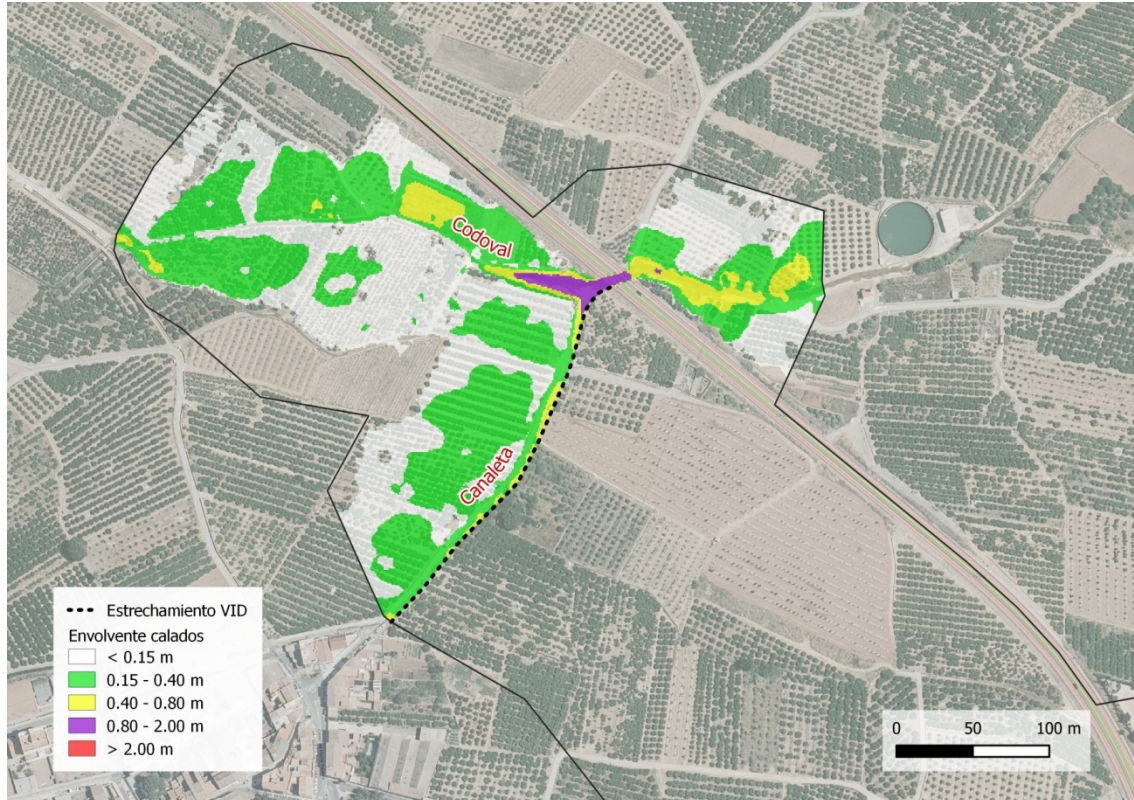


Figura 68: Vía de Intenso Desagüe analizada y envolvente de calados obtenida

Para poder confirmar que el estrechamiento analizado puede ser una VID, se calcularon las diferencias de calados obtenidas respecto a la simulación para T=100 años en situación actual:

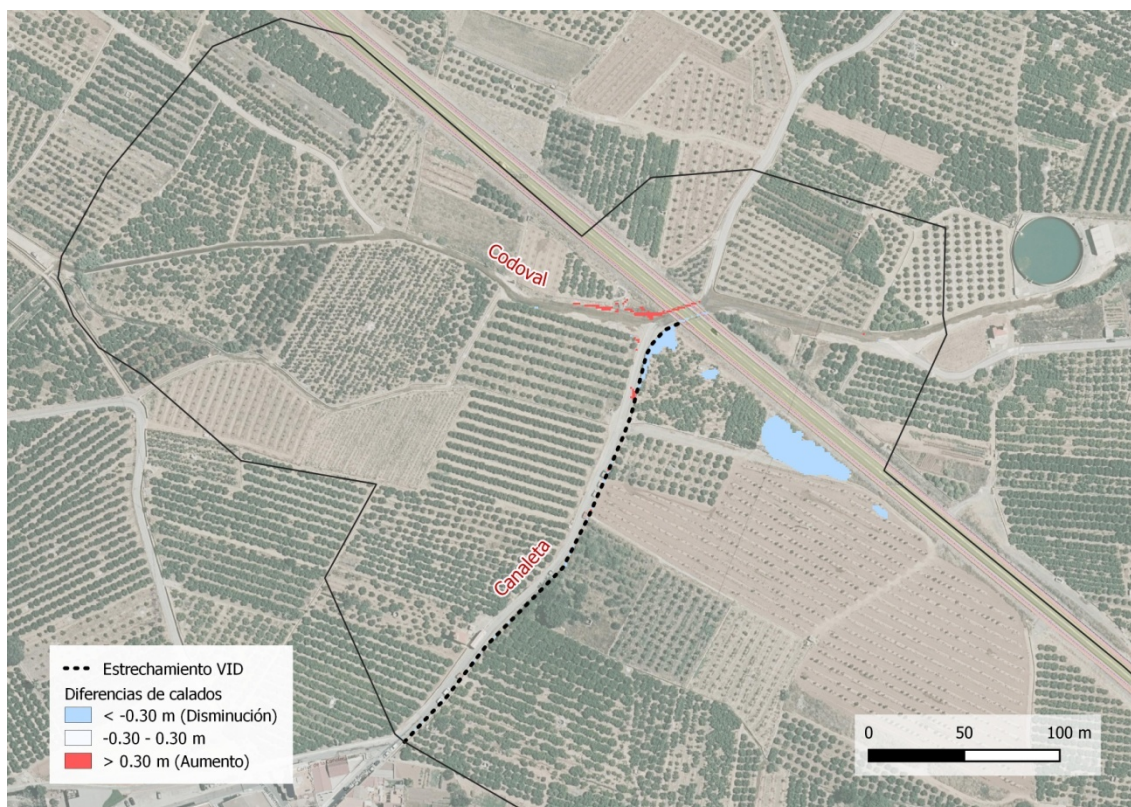


Figura 69: Diferencias de calados para la VID analizada

A la vista de los resultados se demuestra que, a excepción de una fila muy estrecha de celdas situadas en la margen izquierda, los incrementos en toda la sección son siempre inferiores a 30 cm, y por lo tanto cumple con la definición de Vía de Intenso Desagüe (VID).

Del análisis realizado, y teniendo en cuenta las definiciones anteriores, se puede concluir lo siguiente:

- Una actuación que impida el desbordamiento por margen derecha de los bcos Codoval y Canaleta cumplirá con la definición de Vía de Intenso Desagüe (VID).
- Dado que la Zona de Inundación Peligrosa (ZIP) es más restrictiva que la Vía de Intenso Desagüe (VID), será esta primera la que defina la delimitación de la Zona de Flujo Preferente (ZFP) en el entorno de la parcela:

$$ZIP = ZFP$$

Como principal conclusión se desprende que las parcelas de análisis NO se encuentran en Zona de Flujo Preferente.

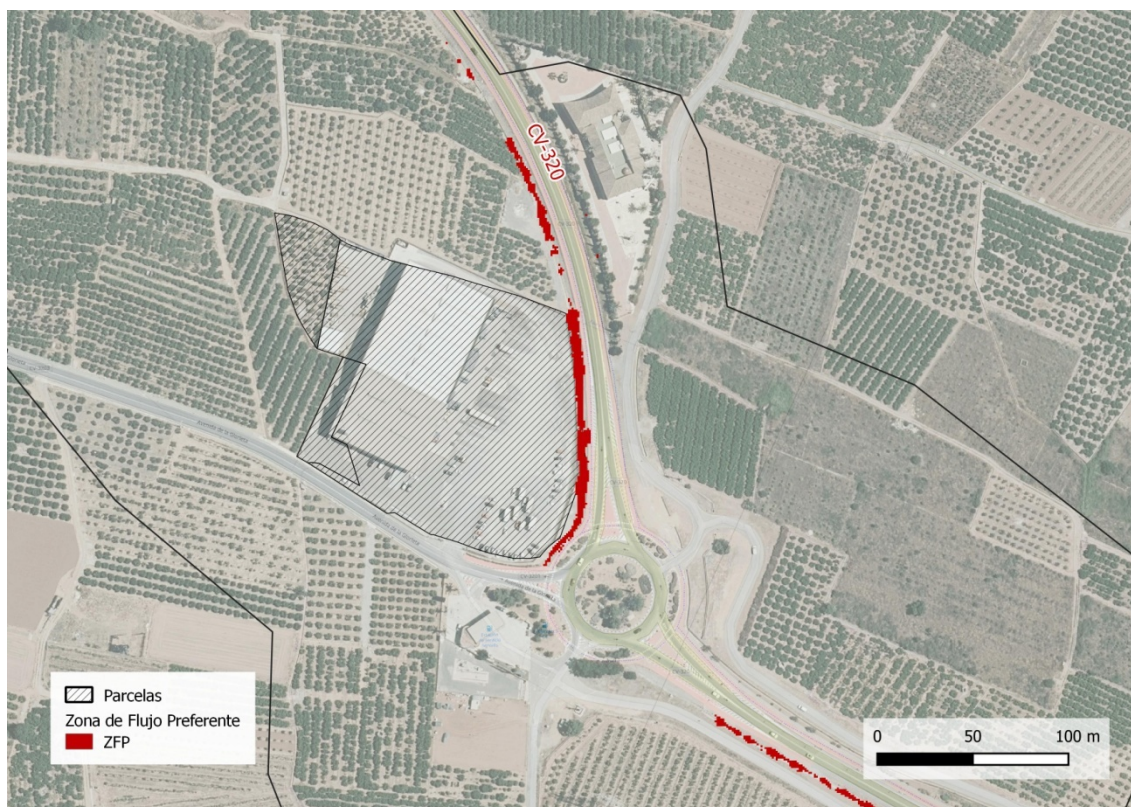


Figura 70: Zona de Flujo Preferente = Zona de Inundación Peligrosa en el entorno de estudio (Sit. Actual)

7.5. T= 500 años

El funcionamiento hidráulico para T=500 años ya muestra órdenes de magnitud de los calados significativos en el entorno de análisis.

Se producen desbordamientos por margen derecha del Bco del Codoval a la altura de la obra de paso bajo la CV-320. Estos caudales, como ya se adelantaba en el análisis geomorfológico, ayudados por el efecto barrera de la CV-320 son dirigidos directamente hacia las parcelas de análisis. El calado máximo alcanzado bajo la obra de paso de la CV-320 es del orden de 1.60 m (el gálibo disponible de la estructura es de 2.4 m).

Por su parte el bco la Canaleta sufre desbordamientos generalizados por margen derecha, de bajo calado pero que alcanzan y se acumulan en el muro oeste de las parcelas de estudio.

Al llegar al entorno de estudio se observa como el flujo que se aproxima por el frente norte se concentra en su mayor parte en la cuneta de la CV-320.

Debido al tramo de valla con murete a la cota del terreno en el lado norte se produce una entrada significativa de agua a la parcela que provoca una acumulación en la zona del parking con calados de hasta 50 cm.

La zona de repostaje de camiones se ve afectada por calados < 15 cm, a excepción de la parte más próxima a las puertas de salida con calados < 20 cm.

Respecto a la zona oeste, el murete ofrece una limitada capacidad de retención y es incapaz de impedir la entrada de caudal en la parcela, generando calados entre 40-80 cm.

Los puntos de salida del flujo se localizan bien en las puertas de acceso a la parcela, o bien sobrepasando la cota del murete en toda la zona sur-sureste.

Aguas abajo de la zona de estudio el flujo sigue su camino en dirección sur-sureste a través de las cunetas existentes y de forma desbordada con calados de baja magnitud (15-40 cm). La rotonda de acceso al núcleo urbano de Faura se ve afectada con calados máximos de hasta 60 cm en su lado oeste-suroeste.

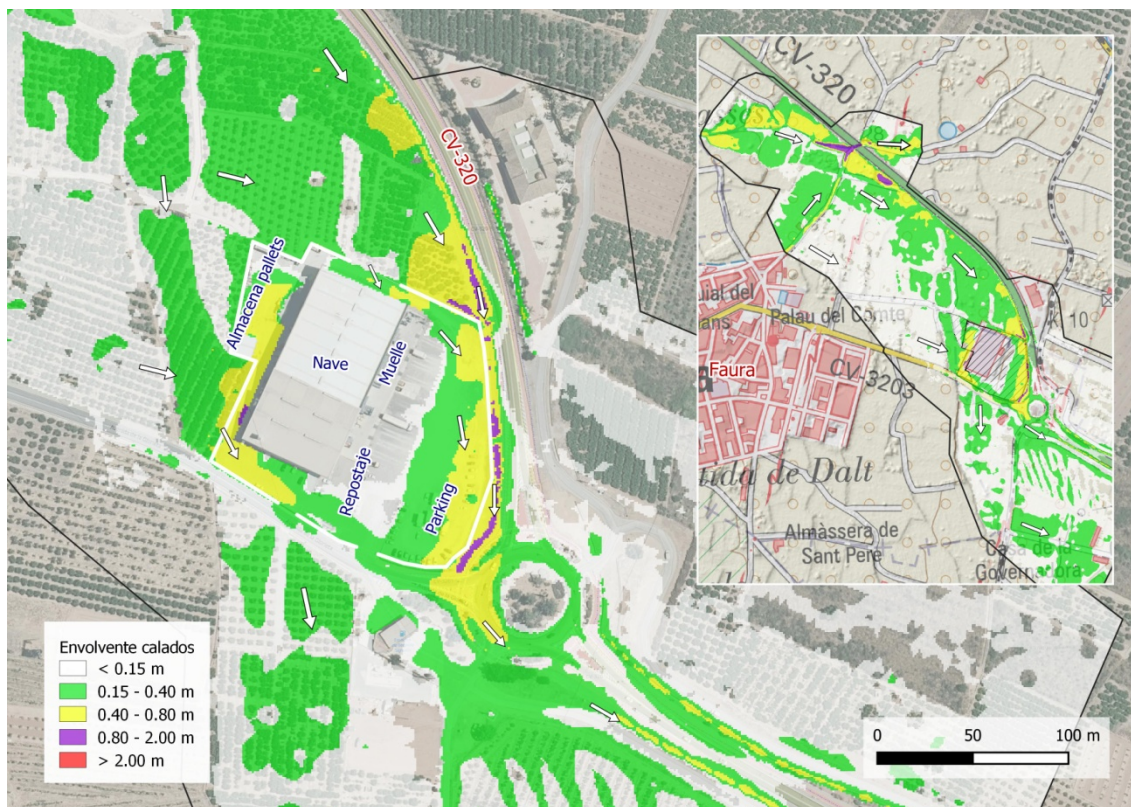


Figura 71: Envolturas de calados para T=500 años (Sit. Actual)

7.6. Peligrosidad PATRICOVA

A los efectos de rangos de niveles de peligrosidad se ha utilizado la categorización impuesta por el PATRICOVA -en el artículo 8 de su normativa-, que dice lo siguiente:

“Artículo 8. Niveles de peligrosidad de inundación.

“...1. A efectos de esta Normativa se establecen seis niveles de peligrosidad de origen hidrológico-hidráulico y un nivel geomorfológico que, de mayor a menor, son:

- *Peligrosidad de nivel 1. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación es 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 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 es 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 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 se encuentra entre 0'01 y 0'002 (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 se encuentra entre 0'01 y 0'002 (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)..."*

Para la aplicación de estos criterios sobre los resultados obtenidos ha sido aplicado el siguiente procedimiento:

- Se ha partido de las envolventes máximas de calados obtenidas con el modelo hidráulico (celdas de 1x1m de resolución espacial).
- Se ha realizado un cálculo celda a celda de forma secuencial, seleccionando para cada T aquellas celdas que cumplen el criterio para cada nivel de peligrosidad: Nivel 1, Nivel 2,...Nivel 6.
- Por último, se ha obtenido un único GRID de Niveles de Peligrosidad mediante la fusión de los resultados de la selección de celdas según los criterios establecidos en el PATRICOVA, estableciendo el valor de máximo nivel de peligrosidad obtenido para cada una de las celdas del territorio.

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

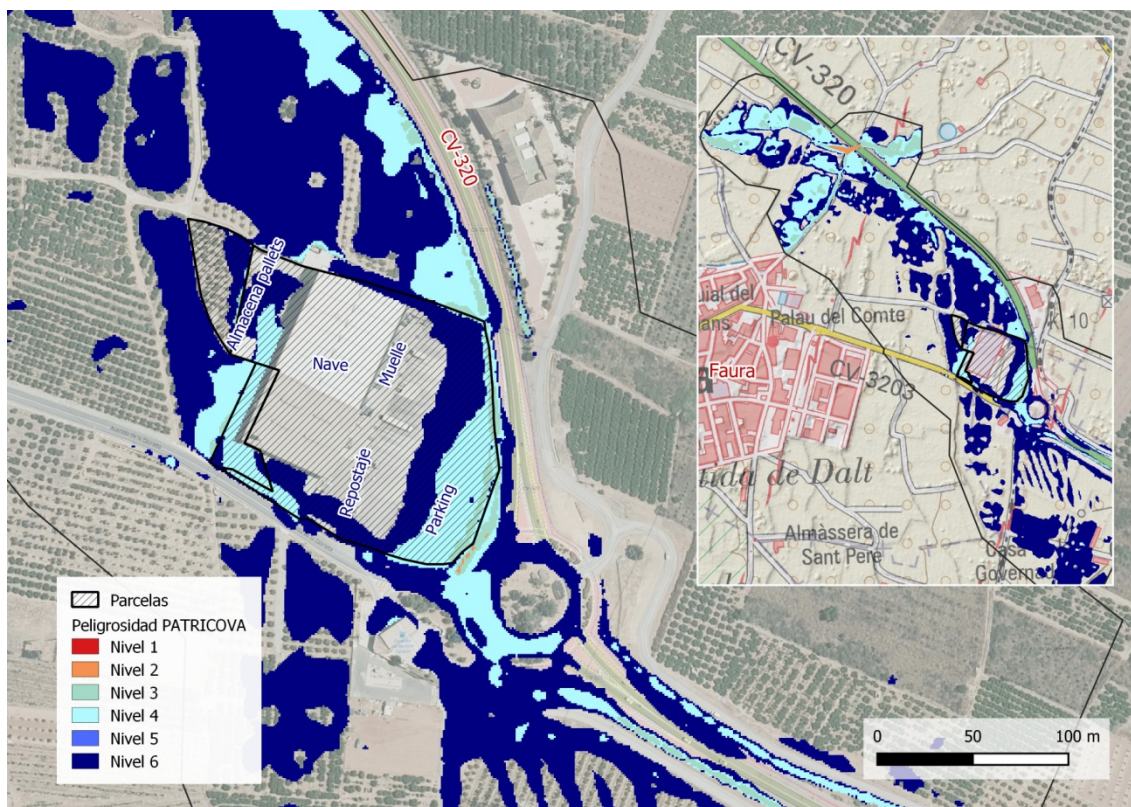


Figura 72: Peligrosidad PATRICOVA (Sit. Actual)

Aplicados los criterios PATRICOVA en las parcelas de análisis se definen los siguientes niveles de peligrosidad:

- Nivel 3: localizado en una pequeña y fina franja junto al murete situado al este.
- Nivel 4: localizado en:
 - La zona oeste y zona noroeste donde se encuentra una pequeña área de almacenaje de pallets;
 - La zona sureste del parking debido al efecto barrera de parte del murete.
- Nivel 6: localizado en:
 - Gran parte del parking situado al sureste;
 - La zona noroeste donde se encuentra una pequeña área de almacenaje de pallets;
 - La zona norte por donde entran flujos debido a la falta de murete en un pequeño tramo;
 - Pequeña esquina en la zona de repostaje de camiones (debido a calados < 20 cm);
 - La parcela que en la actualidad se encuentra ocupada por naranjos.

8. Descripción de la situación futura

Para la situación futura se propone modificar parcialmente la altura del murete sobre la que está el vallado.

Gracias al diagnóstico realizado en situación actual se identifican los siguientes puntos críticos:

- Tramo del vallado con murete a la cota del terreno en la zona norte;
- Tramo del vallado con murete en la zona sur que provoca la acumulación de flujo en el interior de la parcela.

En la siguiente figura se muestran los puntos críticos identificados:



Figura 73: Cotas del murete en situación actual e identificación de los puntos críticos identificados

Para reducir parcialmente la peligrosidad actual en el interior de las parcelas se proponen las siguientes actuaciones:

- Elevación a la cota 21.60 del murete del vallado en parte de la zona norte donde en la actualidad se encuentra a la cota del terreno, evitando de esta forma la entrada de flujo dentro de la parcela;
- Eliminación del murete (permeabilización total) del vallado situado en un tramo de la zona sur, posibilitando la salida de las escorrentías acumuladas en la zona del parking.

El esquema de la solución propuesta se muestra en la siguiente figura:



Figura 74: Cotas del murete en situación futura

Las coordenadas de inicio y fin de las actuaciones a realizar son las siguientes (ETRS-89 H30):

Actuación	Inicio		Fin	
	X _{ETRS-89 H-30}	Y _{ETRS-89 H-30}	X _{ETRS-89 H-30}	Y _{ETRS-89 H-30}
Elevación murete norte	735279.0	4401017.7	735252.6	4401030.0
Eliminación murete sur	735303.0	4400870.1	735267.6	4400876.8

Tabla 20: Coordenadas de inicio y fin de las actuaciones propuestas

9. Resultados en situación futura

A continuación se muestran los resultados en términos de calados de las simulaciones realizadas para los eventos correspondientes a T=10 años, T= 25 años, T=100 años y T= 500 años.

9.1. T= 10 años

Para T=10 años, la gran diferencia respecto a la situación actual se encuentra en que ya no se produce entrada de caudal a través del murete norte.

Por el resto, el funcionamiento hidráulico de los desbordamientos se mantiene igual que para la situación actual.

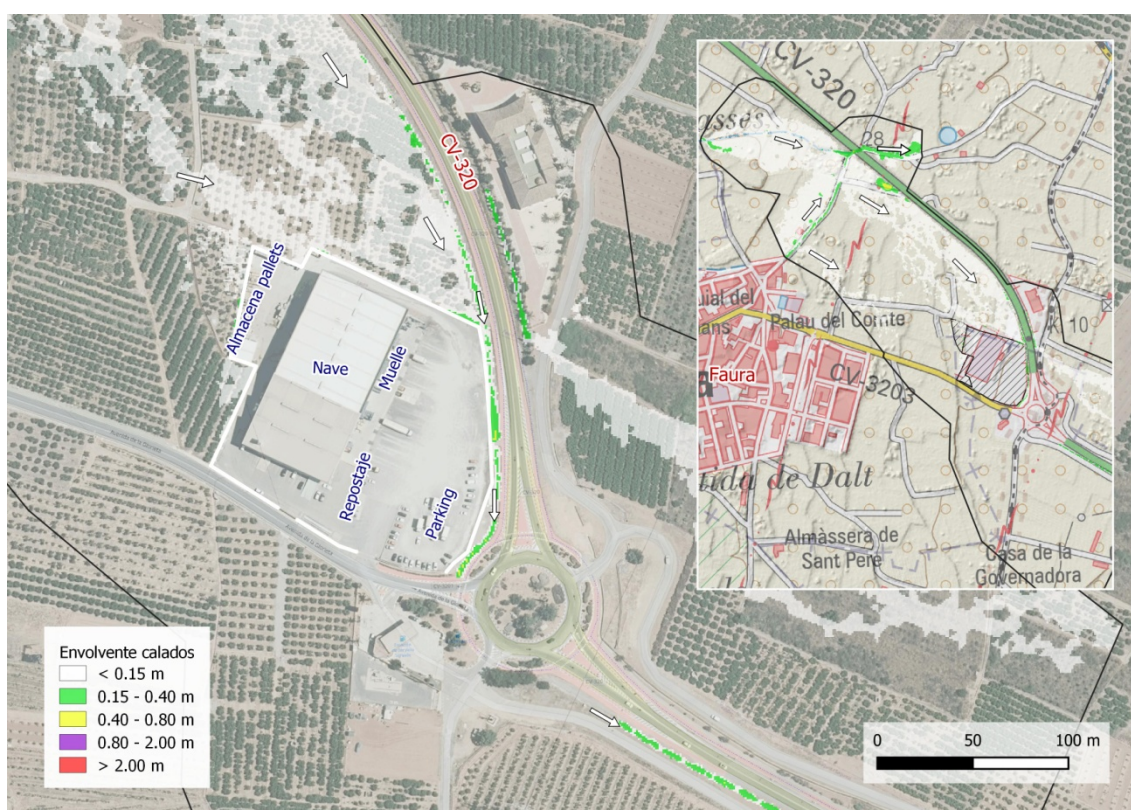


Figura 75: Envoltentes de calados para T=10 años (Sit. Futura)

9.2. T= 25 años

Para T=25 años, la gran diferencia respecto a la situación actual se encuentra en que ya no se produce entrada de caudal a través del murete norte.

Por el resto, el funcionamiento hidráulico de los desbordamientos se mantiene igual que para la situación actual.

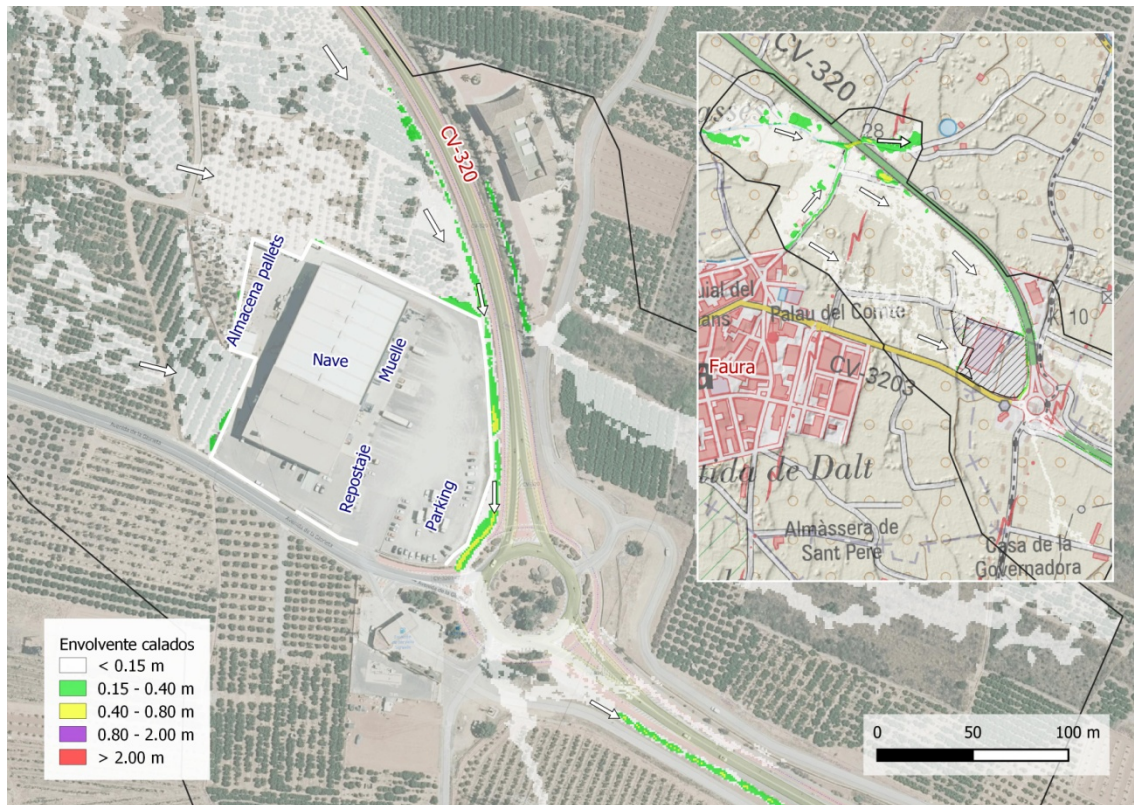


Figura 76: Envoltentes de calados para T=25 años (Sit. Futura)

9.3. T= 100 años

Para T=100 años, la gran diferencia respecto a la situación actual se encuentra en que ya no se produce entrada de caudal a través del murete norte. La entrada de caudal que se produce en la zona del parking se debe al desbordamiento del murete situado al este.

Por el resto, el funcionamiento hidráulico de los desbordamientos se mantiene igual que para la situación actual.

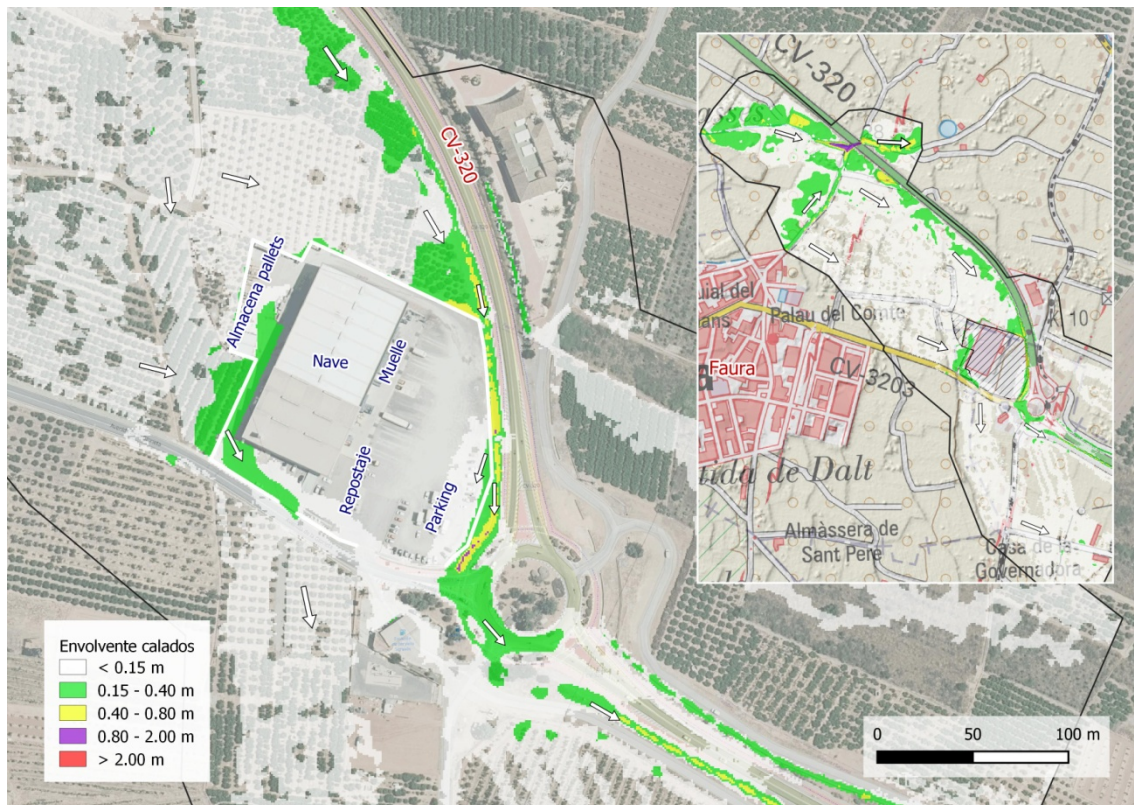


Figura 77: Envoltentes de calados para T=100 años (Sit. Futura)

9.4. Zona de Flujo Preferente

Al igual que para la situación actual, aplicando la definición del art.9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, se muestra la Zona de Inundación Peligrosa:

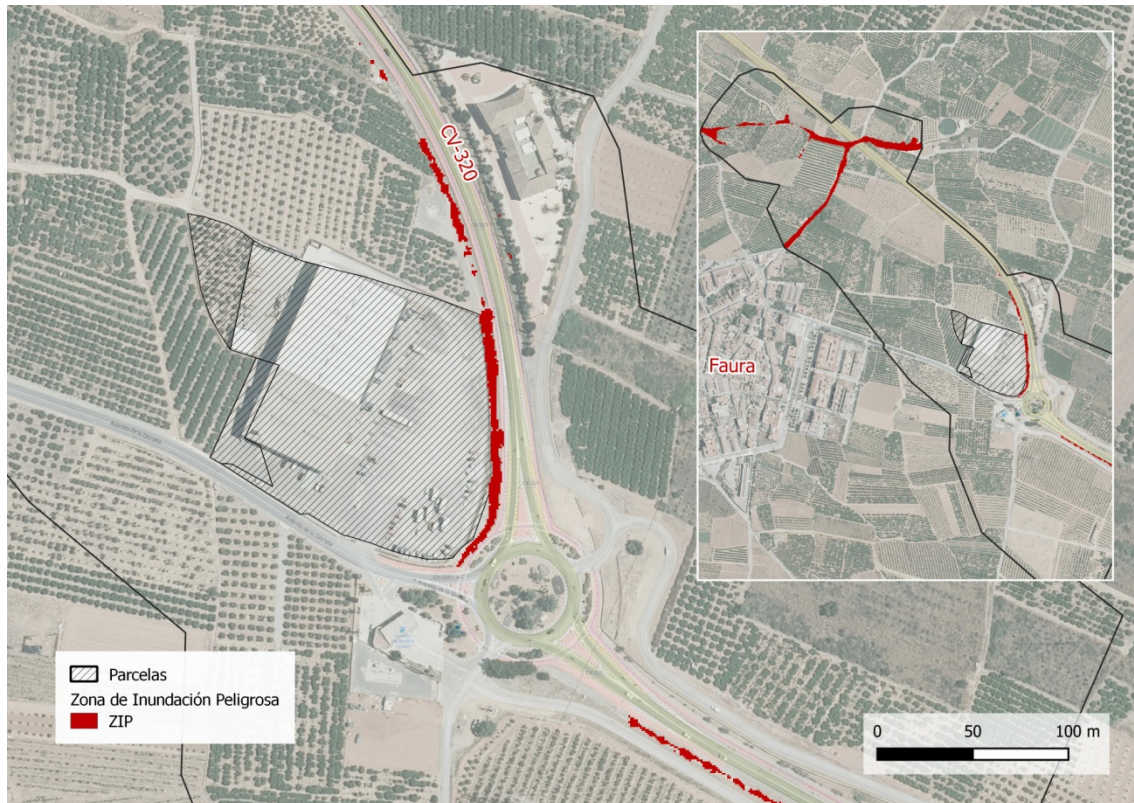


Figura 78: Zona de Inundación Peligrosa (Sit. Futura)

Se comprueba que para la situación futura la delimitación de la Zona de Inundación Peligrosa no se modifica respecto a la situación actual. Por lo tanto, y teniendo en cuenta lo que se comentó para la situación actual, la Zona de Flujo Preferente, en el entorno de la parcela, es igual a la Zona de Inundación Peligrosa:

$$ZPF = ZIP$$

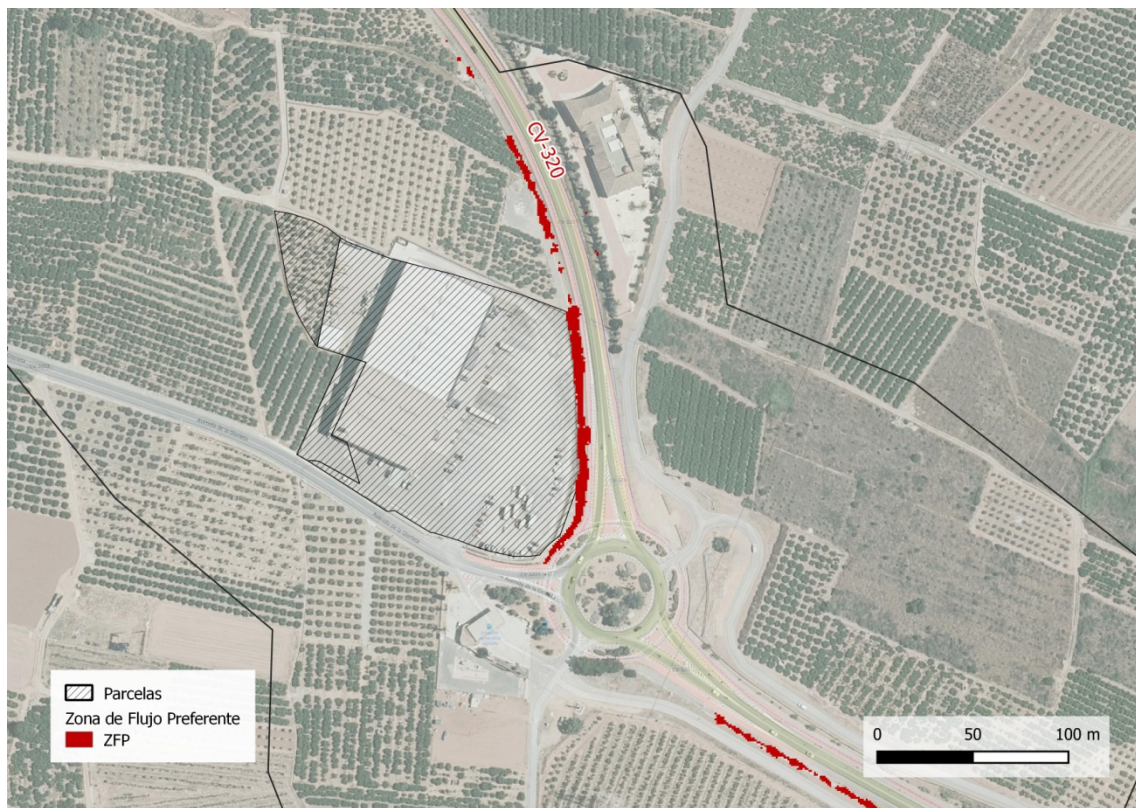


Figura 79: Zona de Flujo Preferente = Zona de Inundación Peligrosa en el entorno de estudio (Sit. Futura)

9.5. T= 500 años

Para T=500 años, la gran diferencia respecto a la situación actual se encuentra en que ya no se produce entrada de caudal a través del murete norte. La entrada de caudal que se produce en la zona del parking se debe al desbordamiento del murete situado al este.

Por el resto, el funcionamiento hidráulico de los desbordamientos se mantiene igual que para la situación actual.

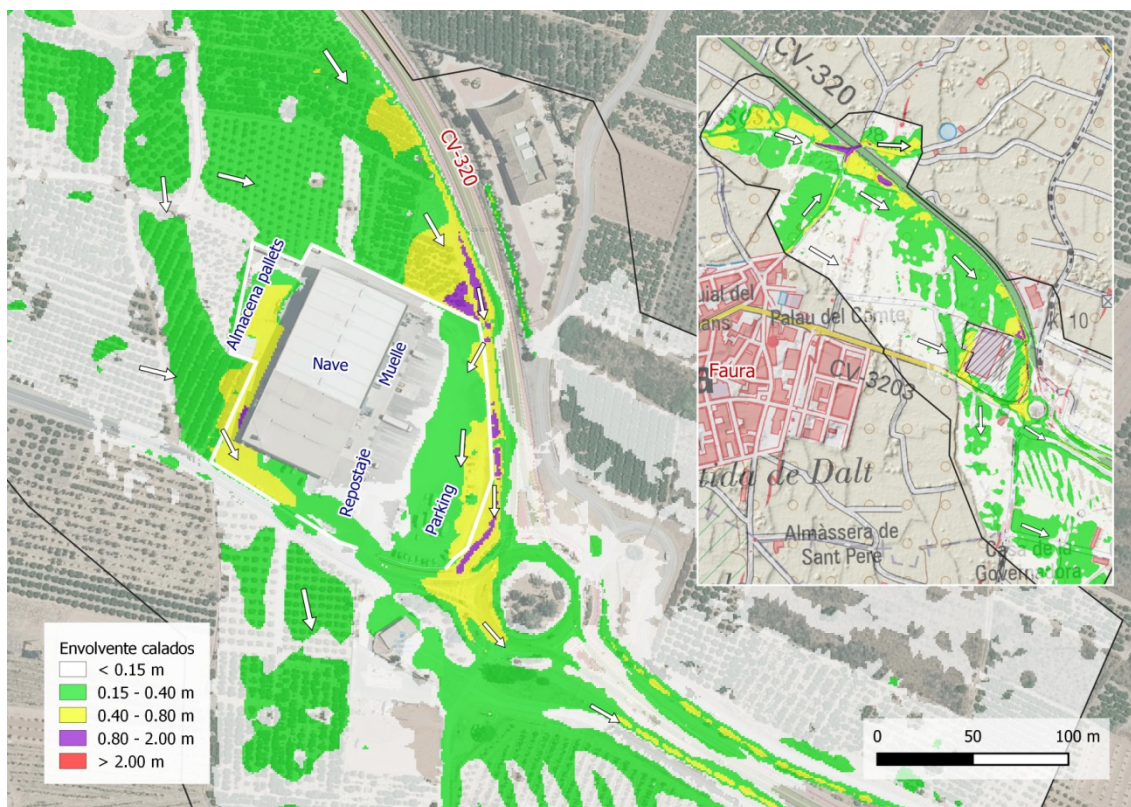


Figura 80: Envolventes de calados para T=500 años (Sit. Futura)

Para mostrar con mayor detalle el funcionamiento de la solución propuesta a continuación se muestra la comparativa, a lo largo del murete norte, del perfil de la lámina de agua en situación actual y futura, así como las cotas del murete propuesto y del terreno:

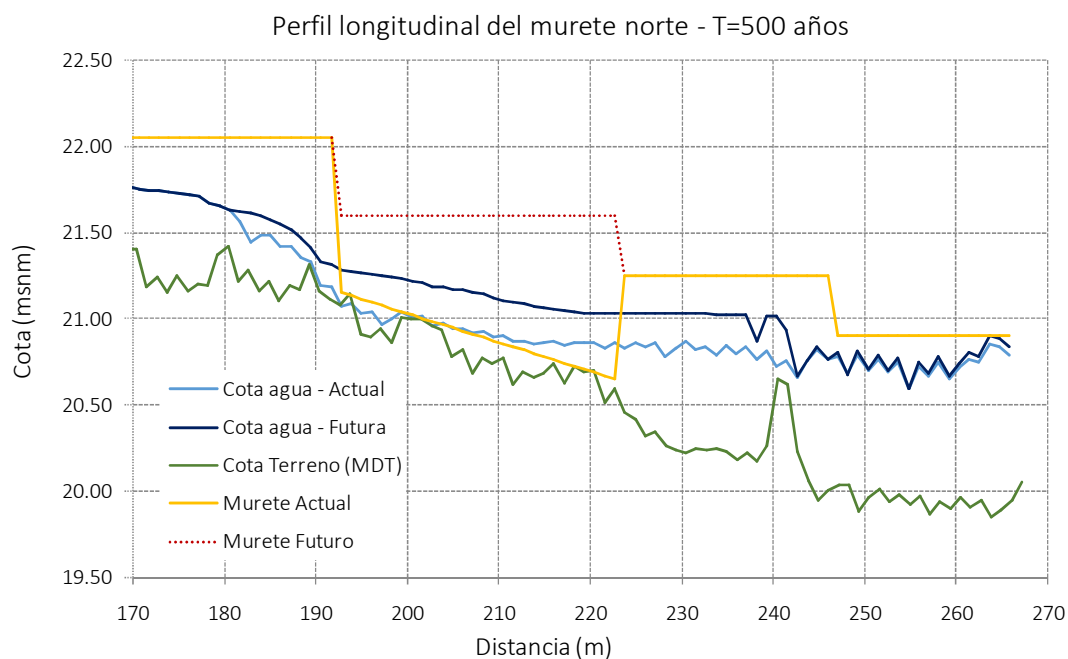


Figura 81: Perfil longitudinal de las cotas de agua y murete en la zona norte

9.6. Peligrosidad PATRICOVA

Para la situación futura la peligrosidad dentro de las parcelas disminuye ligeramente en extensión así como en nivel de peligrosidad:

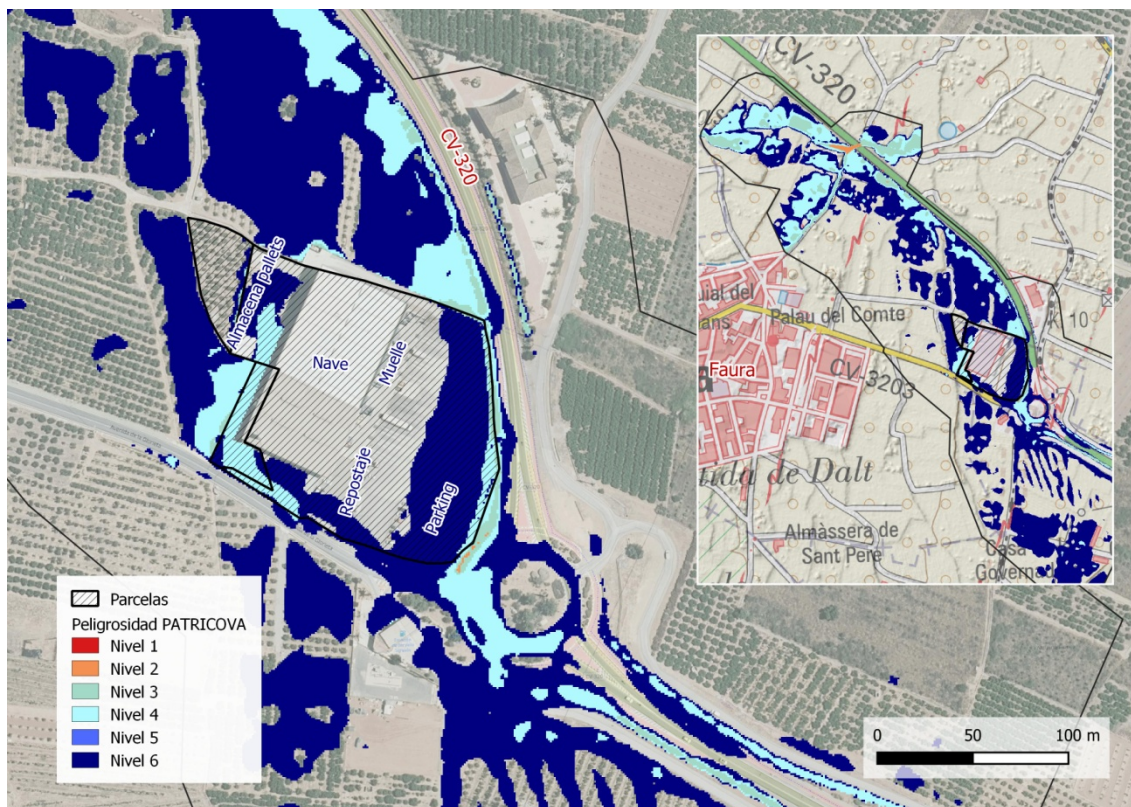


Figura 82: Peligrosidad PATRICOVA (Sit. Futura)

Aplicados los criterios PATRICOVA en las parcelas de análisis se definen los siguientes niveles de peligrosidad:

- Nivel 4: localizado en:
 - Una pequeña y fina franja junto al murete situado al este;
 - La zona oeste debido a la escasa altura de parte del muro.
- Nivel 6: localizado en:
 - Gran parte del parking situado al sureste;
 - La zona noroeste donde se encuentra una pequeña zona de almacenaje de pallets;
 - Pequeña esquina en la zona de repostaje de camiones (debido a calados < 20 cm);
 - La parcela que en la actualidad se encuentra ocupada por naranjos.

9.7. Análisis de afecciones

El análisis de afección a terceros se realizará atendiendo a los criterios establecidos por artículo 9 del PATRICOVA, partiendo de los rasters de envolventes de calados máximos y velocidades máximas en situación actual y futura:

“Artículo 9. Zona de peligrosidad e incremento significativo de la peligrosidad

1. Zona de peligrosidad es aquella parte del territorio que tiene el mismo nivel de peligrosidad y se encuentra en la misma zona inundable.

2. Se considera que existe un incremento significativo de la peligrosidad de inundación en la zona de peligrosidad cuando se produce un aumento del calado máximo o de la velocidad de más de un diez por ciento (10%) y de más de diez centímetros (10 cm) para cualquier periodo de retorno entre 25 y 500 años, provocado por cualquier nuevo elemento artificial situado en la zona inundable.”

El primer paso será la obtención de las diferencias de calado (mediante análisis celda a celda) para la localización de las diferencias existentes. Posteriormente se analizarán dichas diferencias en función de las zonas de peligrosidad obtenidas para la situación actual. Las siguientes figuras muestran estas diferencias para los distintos períodos de retorno considerados:



Figura 83: Diferencias de calados para T=10 años



Figura 84: Diferencias de calados para T=25 años

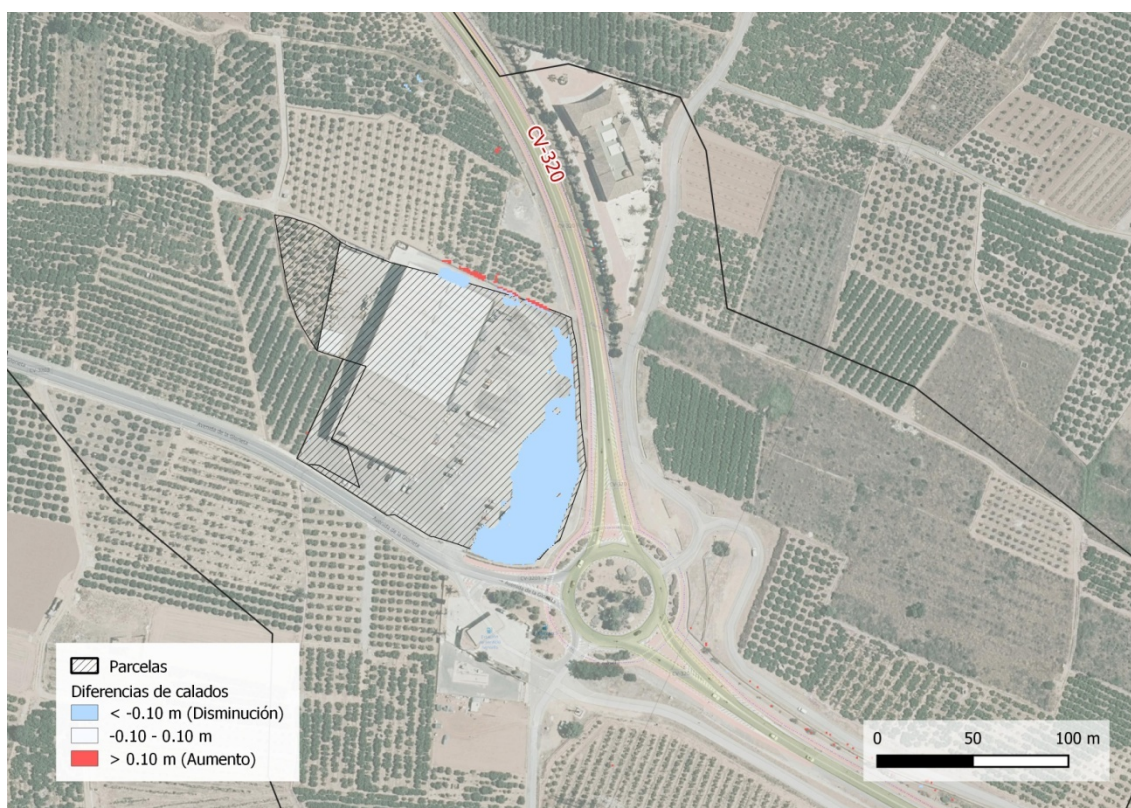


Figura 85: Diferencias de calados para T=100 años



Figura 86: Diferencias de calados para T=500 años

En general se observa para todos los periodos de retorno una mejora significativa de los valores de calados, especialmente en la zona de parking dentro del interior de las parcelas.

Únicamente para T=100 años y T=500 años existen incrementos mayores a 10 cm aguas arriba del murete norte. Esto es debido al aumento de cota previsto en la situación futura.

A continuación se realizará el análisis de diferencias en mayor detalle para concretar el incremento porcentual por niveles de peligrosidad al que se ve afectado los terrenos situados aguas arriba del murete norte.

Para poder realizar este análisis, en primer lugar es necesario identificar el ámbito sobre el que deben aplicarse las disposiciones del artículo 9 del PATRICOVA. En este caso se delimita el análisis a las parcelas afectadas por los incrementos mayores a 10 cm aguas arriba del murete norte.

A continuación, y haciendo uso de los mapas de calados obtenidos de las simulaciones, se calculan los incrementos promedio para cada uno de las zonas con igual nivel de peligrosidad. Este paso se realizará únicamente para los periodos de retorno T=100 años y T=500 años por ser los únicos que muestran incrementos mayores de 10 cm.

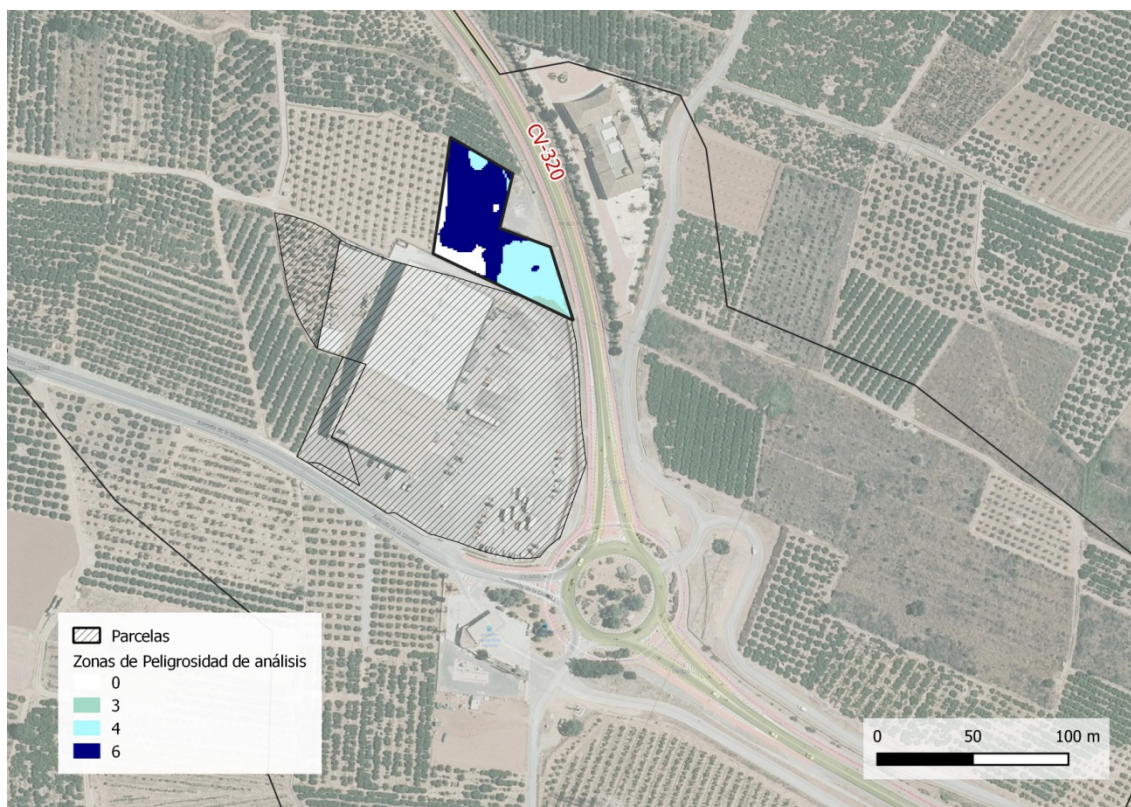


Figura 87: Ámbito donde se realiza el análisis de diferencias

El resultado obtenido se muestra en la siguiente tabla:

Variable	Nivel Peligrosidad	T=100 años				T=500 años			
		Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)
Promedio de los calados máximos (m)	0	0.025	0.050	0.025	97.57%	0.114	0.176	0.062	54.86%
	3	0.426	0.472	0.046	10.86%	0.809	0.856	0.047	5.80%
	4	0.228	0.245	0.017	7.47%	0.623	0.690	0.066	10.65%
	6	0.082	0.084	0.002	2.20%	0.270	0.289	0.020	7.29%

Tabla 21: Análisis de diferencias de calados aguas arriba del murete norte

Pueden observarse que para una peligrosidad nivel 0 aparecen calados mayores a 0. Ello es debido a que son zonas con calados menores a 15 cm, y por tanto no alcanzan el mínimo para ser incluidos en los niveles definidos por la Normativa PATRICOVA.

Un razonamiento análogo es aplicable a la zona de peligrosidad de nivel 6 (T=500 años con $15\text{cm} < \text{calados} < 80\text{cm}$) con valores inferiores a 15 cm para T=100 años.

De las tablas anteriores se deduce que para todos los casos los incrementos de calados son siempre inferiores a 10 cm, no existiendo, por tanto, afecciones negativas a terceros según criterios PATRICOVA.

10. Compatibilidad de usos con la Normativa PATRICOVA

Con las medidas tomadas se reduce parcialmente la peligrosidad PATRICOVA en el interior de las parcelas de estudio. Aunque aún mantiene peligrosidad 4 y 6 el área afectada es menor a la situación actual, y desaparece la pequeña franja afectada por peligrosidad 3.

Como ya se comentó al inicio del documento, todas las actividades que se desarrollan en el interior de la nave existente se encuentran elevadas más de 1.10 metros por encima de la cota de la rasante.

Así mismo, los accesos también se encuentran elevados un mínimo de 1.10 m por encima de la cota de la rasante, lo que garantiza la estanqueidad del interior frente a un evento de inundación con niveles de peligrosidad PATRICOVA 4 y 6.

En las siguientes imágenes se puede apreciar como no existe ninguna ventana o puerta de acceso a nivel de la parcela, situándose en todo momento por encima de 1.10 metros de altura.

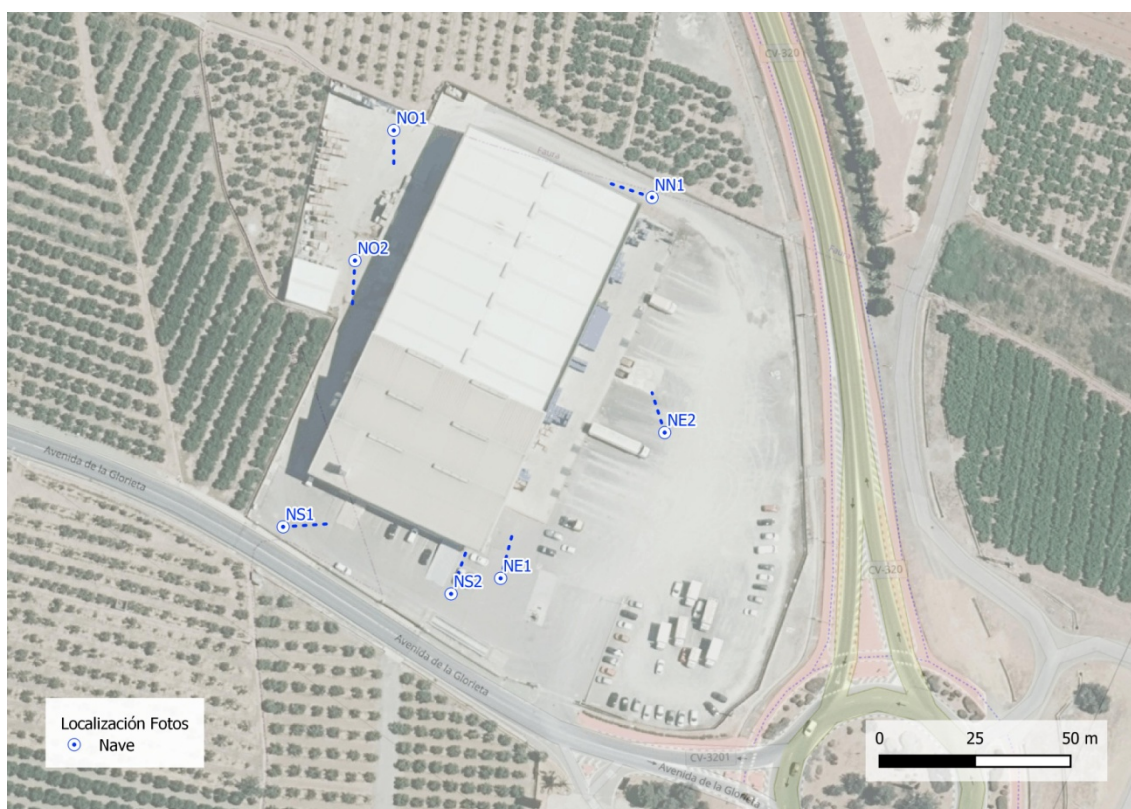


Figura 88: Localización fotos en el entorno de la nave



Figura 89: Localización de ventanas y accesos al interior de la nave, lado este (NE1)



Figura 90: Localización de ventanas y accesos al interior de la nave, lado este (NE2)



Figura 91: Localización de ventanas y accesos al interior de la nave, lado norte (NN1)



Figura 92: Localización de ventanas y accesos al interior de la nave, lado oeste (NO1)



Figura 93: Localización de ventanas y accesos al interior de la nave, lado oeste (NO2)



Figura 94: Localización de ventanas y accesos al interior de la nave, lado sur (NS1)



Figura 95: Localización de ventanas y accesos al interior de la nave, lado sur (NS2)

El análisis de compatibilidad de usos se realiza en base a lo establecido en el artículo 18 de la normativa PATRICOVA:

“Artículo 18. Limitaciones en suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación.

1. El suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación no podrá ser objeto de reclasificación como suelo urbano o suelo urbanizable, excepto en los municipios con elevada peligrosidad de inundación, que se sujetarán a lo dispuesto en el artículo 15 de esta normativa.

2. En suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación de nivel 2, 3, 4 o 5, o por peligrosidad geomorfológica, se prohíben los siguientes usos y actividades: viviendas; establos, granjas y criaderos de animales; estaciones de suministro de carburantes; actividades industriales; establecimientos hoteleros y campamentos de turismo; centros hípicos y parques zoológicos; servicios funerarios y cementerios; depósitos de almacenamiento de residuos y vertederos, a excepción de los destinados a residuos de la construcción y demolición (RCD's); plantas de valorización; equipamientos estratégicos, como centros de emergencia, parques de bomberos, cuarteles, centros escolares y sanitarios, y pabellones deportivos cubiertos. Las infraestructuras puntuales estratégicas, como plantas potabilizadoras y centros de producción, transformación y almacenamiento de energía, quedan prohibidas, salvo que, por requerimientos de funcionamiento, queden avaladas por la administración competente para su autorización, garantizándose la adopción de medidas que disminuyan o eliminen el riesgo por inundación. La relación de actividades indicada no es cerrada, de modo que se consideran incluidas en este apartado las actividades similares a las expresamente indicadas y, con carácter general, las que supongan una elevada concentración de personas.

3. En suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación de nivel 6, se prohíben los mismos usos y actividades señalados en el apartado anterior, excepto las viviendas y los establecimientos hoteleros, que sí son autorizables, previa adopción de las medidas de adecuación de la edificación que se impongan, dándose cumplimiento, como mínimo, a los

condicionantes generales de adecuación de las edificaciones incluidos en el anexo I de esta normativa.

4. En suelo no urbanizable afectado por peligrosidad geomorfológica, se puede eximir justificadamente de la prohibición de alguno de los usos regulados en el apartado 2, siempre que, mediante un estudio específico y detallado de la zona, se justifique la escasa incidencia del riesgo de inundación en relación con la actividad a implantar.

5. Cualquier otro uso o actividad que no quede encuadrado en los apartados 2 y 3 anteriores, y se pretenda implantar en suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación de los niveles comprendidos entre 2 y 6, o por peligrosidad geomorfológica, sólo podrá autorizarse si se justifica adecuadamente que, por razones de funcionalidad de la actividad, debe implantarse necesariamente en el emplazamiento propuesto, y siempre que no existan otras zonas de menor peligrosidad de inundación en el entorno que sean igualmente aptas para desarrollar la actividad.

6. Las limitaciones de uso, en el suelo no urbanizable afectado por peligrosidad de inundación, señaladas en el presente artículo podrán ser excepcionadas, justificadamente, en los municipios con elevada peligrosidad de inundación, siempre que no afecten en ningún caso a la zona de flujo preferente, previo cumplimiento de las condiciones generales y específicas de adecuación de las edificaciones a las que se hace referencia en el anexo I de esta normativa.”

A la vista de los resultados obtenidos y a las características particulares de los usos que se desarrollan en el interior de las parcelas, se realizan las siguientes consideraciones respecto al artículo 18 de la normativa PATRICOVA

- Las actividades que se desarrollan en el interior de la nave son compatibles con lo definido el artículo 18.4, dado que la incidencia por inundabilidad es nula al localizarse todos los accesos y ventanas por encima de 1.10 m respecto a la rasante de la parcela.
- Las actividades que se desarrollan en los exteriores de la nave también son compatibles con el artículo 18.2. En particular se tienen los siguientes casos:
 - Peligrosidad 4 y 6: parking y almacenamiento de pallets.
 - Peligrosidad 6: pequeña esquina en la zona de repostaje de camiones.

11. Condicionantes a la ordenación futura de las parcelas

Por último se definen, además de las actuaciones sobre en el murete perimetral, los siguientes condicionantes a la ordenación futura de las parcelas:

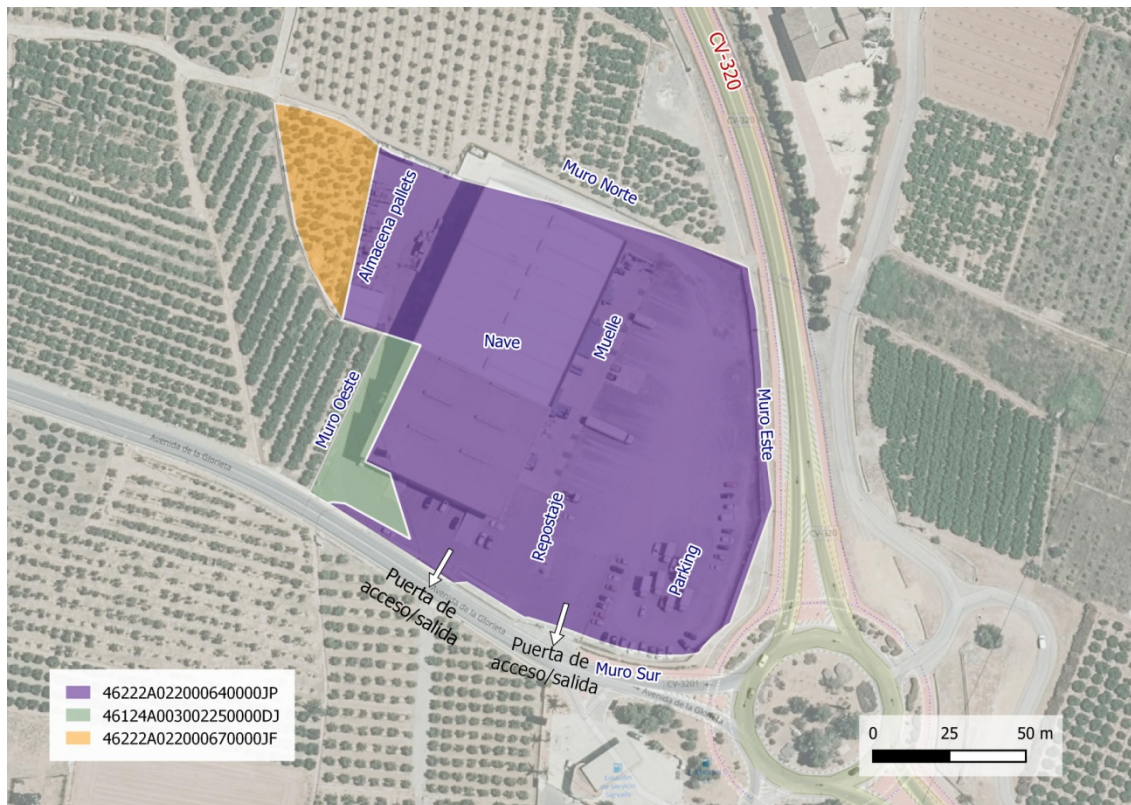


Figura 96: Parcelas de análisis

- Polígono 22, Parcela 67, Municipio de Sagunto. Ref: 46222A022000670000JF:

Esta parcela en la actualidad tiene una plantación de naranjos y se sitúa fuera del vallado sobre el que es necesario actuar. Se establece como condicionante mantener la cota del terreno y dejar el perímetro libre para el paso de las escorrentías.

- Polígono 22, Parcela 64, Municipio de Sagunto. Ref: 46222A022000640000JP
- Polígono 3, Parcela 225, Municipio de Sagunto. Ref: 46124A003002250000DJ

Para las dos parcelas que se localizan dentro de los límites del vallado se define como principal condicionante que cualquier ventana o nuevo acceso al interior de la nave, así como cualquier ampliación que pudiera derivarse de la nave actual, deberán continuar elevados un mínimo de 1 m por encima de la rasante actual, salvaguardando el interior de posibles inundaciones debido a eventos de hasta T=500 años.

Además de estos condicionantes, cualquier actuación futura deberá tener en cuenta las medidas de adecuación definidas en el “ANEXO I. CONDICIONES DE ADECUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES Y LA URBANIZACIÓN” de la normativa PATRICOVA.

12. Resumen y conclusiones

A continuación se muestra un resumen de las principales conclusiones relativas a los diferentes aspectos analizados y resultados alcanzados en el presente estudio.

Introducción

Las parcelas de estudio se encuentran afectadas, según el PATRICOVA, por peligrosidad geomorfológica.

A partir del estudio de mayor detalle realizado para el SNCZI se comprueba que las parcelas de análisis se encuentran afectadas por los desbordamientos del barranco del Codoval.

Consideraciones al SNCZI

Para entender con detalle la problemática se ha realizado un análisis del modelo hidráulico y los resultados obtenidos en el estudio encargado por la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) para los trabajos correspondientes al primer ciclo del SNCZI. Se comprueba que esta zona no ha sido estudiada por el momento en las actualizaciones realizadas para el segundo ciclo del SNCZI.

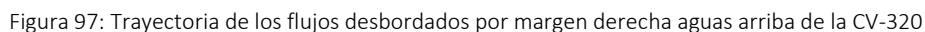
A priori, los caudales pico obtenidos en la modelización hidrológica resultan un tanto elevados si tenemos en cuenta la cuenca vertiente del barranco del Codoval (5 km² según la cobertura oficial a escala 1/25.000).

Este aspecto motiva a realizar un estudio completo de inundabilidad en el que se redefinen los hidrogramas de entrada al modelo hidráulico 2D.

Análisis histórico de la ocupación del suelo

Consultadas las cartoteca digital del IGN y la fototeca del ICV se desprenden varias conclusiones:

- Las escorrentías del bco Codoval, ante la ausencia de un cauce definido, originalmente discurrían por los bancales de los campos de naranjos con una dirección oeste-este hasta su encuentro con el bco de la Font.
- La construcción de la nave principal en las parcelas de estudio es anterior a la construcción de la CV-320.
- La construcción de la CV-320 genera un efecto embudo al concentrar todas las escorrentías procedentes de la cuenca del Codoval en un paso inferior que, además, proporciona continuidad al tráfico rodado.
- Esta modificación de la red de drenaje provoca un claro efecto barrera por parte de la CV-320 de forma que si el paso inferior es insuficiente para el desagüe de las escorrentías podría modificar sustancialmente el comportamiento hidráulico original.



Consultada la base de datos del catálogo nacional de inundaciones históricas (CNIH), de entre todos los eventos catalogados para los términos municipales de Faura y Sagunto, no se encuentra ninguna referencia específica de inundaciones o daños en el entorno de las parcelas de estudio.

Para la modelación hidrológica se emplea el software HEC-HMS con el cual se pudieron calcular los hidrogramas pertenecientes a la cuenca del barranco de Codoval para los periodos de retorno de T=10 años, T=25 años, T=100 años y T=500 años.

Se confirma, tal y como se adelantaba anteriormente, que los caudales obtenidos en el presente estudio son inferiores a los empleados por el SNCZI.

Para la modelación hidráulica se empleó un modelo hidráulico 2D, empleando como caudales de entrada los obtenidos en el análisis hidrológico realizado para el presente estudio.

En situación actual el interior de las parcelas analizadas se encuentran afectadas de forma significativa para eventos correspondientes a T=100 años y T=500 años.

La peligrosidad PATRICOVA en el interior de las parcelas corresponde a niveles 3, 4 y 6.

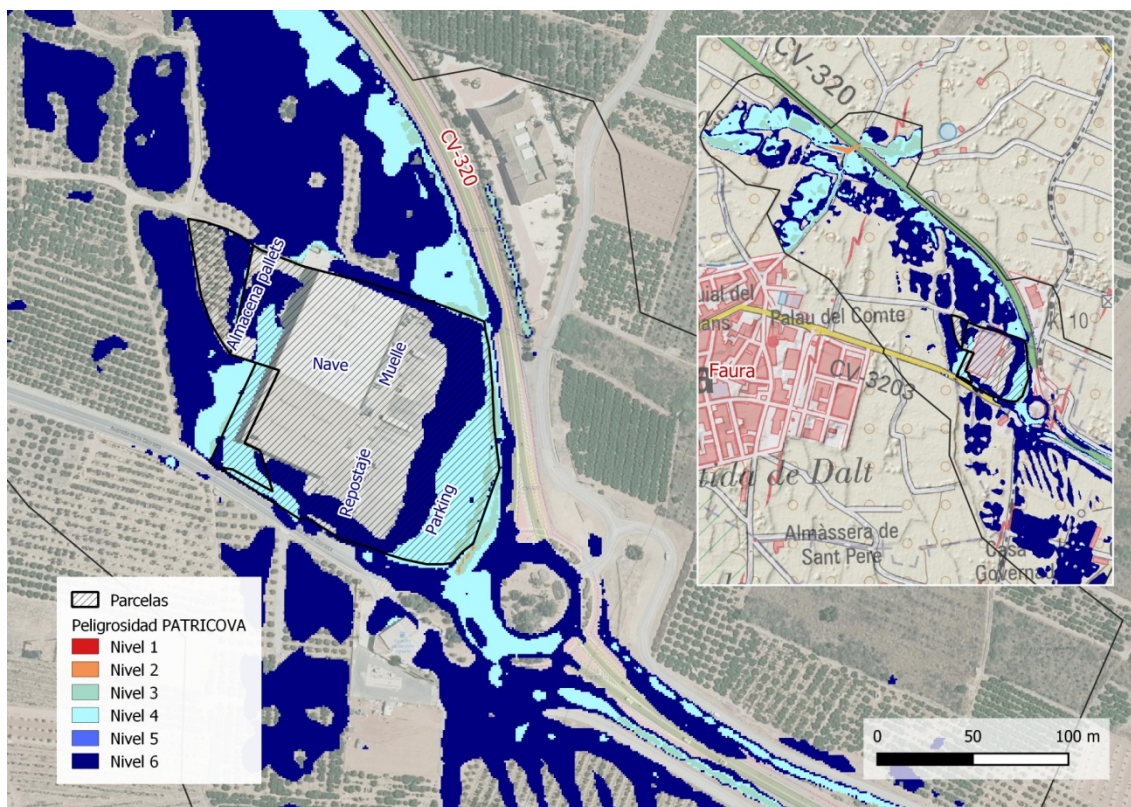


Figura 98: Peligrosidad PATRICOVA (Sit. Actual)

Se confirma que la Zona de Flujo Preferente no afecta a las parcelas de análisis.

Gracias a la modelación hidráulica se identifican 2 puntos críticos en el perímetro de las parcelas sobre los que se proponen actuaciones para reducir el nivel de peligrosidad.

Descripción de la situación futura

Para reducir parcialmente la peligrosidad actual en el interior de las parcelas se proponen las siguientes actuaciones:

- Elevación a la cota 21.60 del murete del vallado en parte de la zona norte donde en la actualidad se encuentra a la cota del terreno, evitando de esta forma la entrada de flujo dentro de la parcela;
- Eliminación del murete (permeabilización total) del vallado situado en un tramo de la zona sur, posibilitando la salida de las escorrentías acumuladas en la zona del parking.

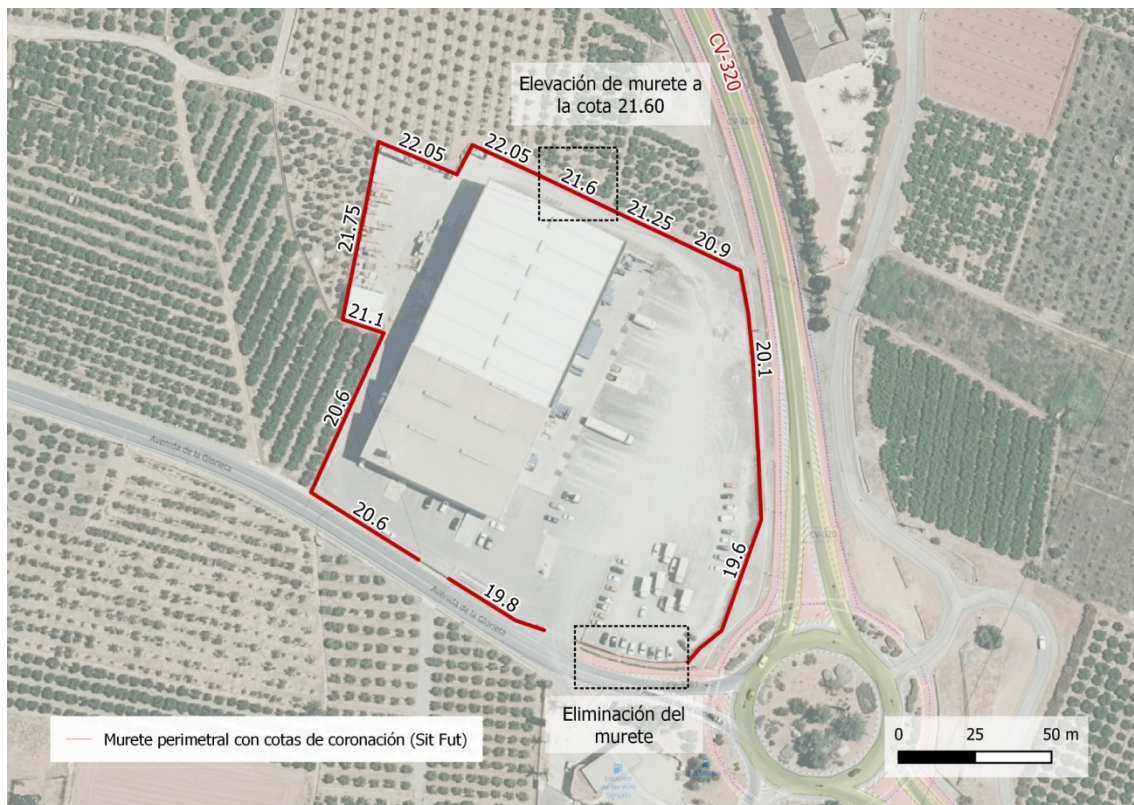


Figura 99: Cotas del murete en situación futura

Resultados en situación futura

Para la situación futura se consigue reducir parcialmente la inundabilidad del interior de las parcelas, tanto en magnitud como en frecuencia.

La peligrosidad PATRICOVA en el interior de las parcelas, después de la actuación propuesta, corresponde a niveles 4 y 6.

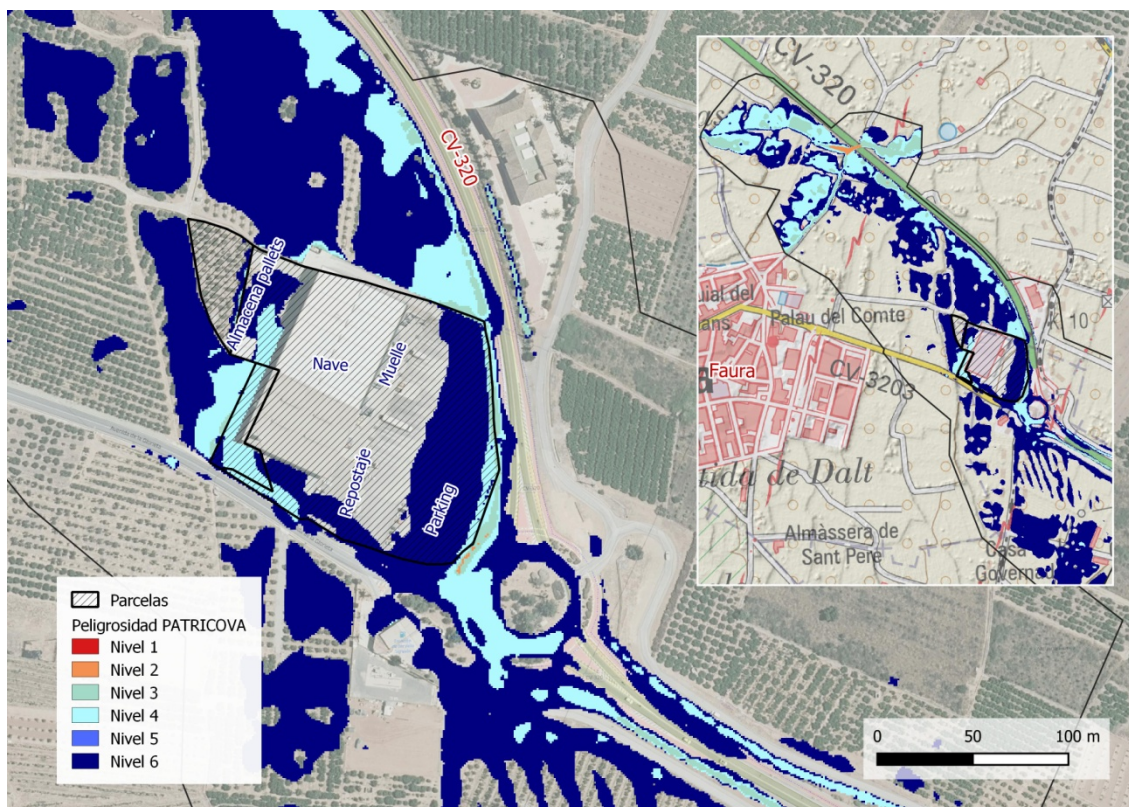


Figura 100: Peligrosidad PATRICOVA (Sit. Futura)

Se confirma que la Zona de Flujo Preferente no afecta a las parcelas de análisis.

Análisis de afecciones a terceros

Del análisis de afecciones realizado según criterios PATRICOVA se demuestra que para todos los casos analizados (T=25 años, T=100 años, T=500 años) los incrementos de calados son siempre inferiores a 10 cm, no existiendo, por tanto, afecciones negativas a terceros según criterios PATRICOVA.

Compatibilidad de usos con la normativa PATRICOVA

A la vista de los resultados obtenidos y a las características particulares de los usos que se desarrollan en el interior de las parcelas, se realizan las siguientes consideraciones respecto al artículo 18 de la normativa PATRICOVA

- Las actividades que se desarrollan en el interior de la nave son compatibles con lo definido el artículo 18.4, dado que la incidencia por inundabilidad es nula al localizarse todos los accesos y ventanas por encima de 1.10 m respecto a la rasante de la parcela.
- Las actividades que se desarrollan en los exteriores de la nave también son compatibles con el artículo 18.2 En particular se tienen los siguientes casos:
 - Peligrosidad 4 y 6: parking y almacenamiento de pallets.
 - Peligrosidad 6: pequeña esquina en la zona de repostaje de camiones.

Condicionantes a la ordenación futura

Por último se definen, además de las actuaciones sobre en el murete perimetral, los siguientes condicionantes a la ordenación futura de las parcelas

- Polígono 22, Parcela 67, Municipio de Sagunto. Ref: 46222A022000670000JF:

Esta parcela en la actualidad tiene una plantación de naranjos y se sitúa fuera del vallado sobre el que es necesario actual. Se establece como condicionante mantener la cota del terreno y dejar el perímetro libre para el paso de las escorrentías.

- Polígono 22, Parcela 64, Municipio de Sagunto. Ref: 46222A022000640000JP
- Polígono 3, Parcela 225, Municipio de Sagunto. Ref: 46124A003002250000DJ

Para las dos parcelas que se localizan dentro de los límites del vallado se define como principal condicionante que cualquier ventana o nuevo acceso al interior de la nave, así como cualquier ampliación que pudiera derivarse de la nave actual, deberán continuar elevados un mínimo de 1 m por encima de la rasante actual, salvaguardando el interior de posibles inundaciones debido a eventos de hasta T=500 años.

Además de estos condicionantes, cualquier actuación futura deberá tener en cuenta las medidas de adecuación definidas en el “ANEXO I. CONDICIONES DE ADECUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES Y LA URBANIZACIÓN” de la normativa PATRICOVA

Valencia, marzo de 2021

Fdo: Pedro L. Arévalo Rey
Ing. Caminos, Canales y Puertos
Colegiado 21.816

Planos

1. Localización del ámbito de estudio
2. Delimitación de cuencas vertientes
3. Situación actual
 - 3.1. Envolventes de calados y velocidades para T=10 años
 - 3.2. Envolventes de calados y velocidades para T=25 años
 - 3.3. Envolventes de calados y velocidades para T=100 años
 - 3.4. Envolventes de calados y velocidades para T=500 años
 - 3.5. Zona de Flujo Preferente & Peligrosidad PATRICOVA
4. Situación futura
 - 4.1. Envolventes de calados y velocidades para T=10 años
 - 4.2. Envolventes de calados y velocidades para T=25 años
 - 4.3. Envolventes de calados y velocidades para T=100 años
 - 4.4. Envolventes de calados y velocidades para T=500 años
 - 4.5. Zona de Flujo Preferente & Peligrosidad PATRICOVA