

Febrero 2016

Versión1

ESTUDIO HIDROLÓGICO HIDRÁULICO Y DELIMITACIÓN DE ZONAS INUNDABLES QUE AFECTAN A LOS NÚCLEOS URBANOS DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE MANACOR



MEMORIA JUSTIFICATIVA

Índice de contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objeto del presente documento.....	1
1.2. Contenido del documento.....	1
2. ÁMBITO DE ESTUDIO	2
3. CARTOGRAFÍA Y DATOS BÁSICOS DE PARTIDA.....	3
4. ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	5
4.1. Obtención y distribución de los caudales en el tramo	5
4.2. Caudales a considerar en las confluencias.....	5
4.3. Caudales en Cala Anguila	6
4.4. Caudales en Cala Antena.....	7
4.5. Caudales en Cala Domingos	7
4.6. Caudales en Cala Mencia	8
4.7. Caudales en Cala Murada	9
4.8. Caudales en Estany d'en Mas	10
4.9. Caudales en Manacor.....	10
4.10. Caudales en Porto Cristo.....	13
4.11. Caudales en S'Illot.....	14
5. ESTUDIO HIDRAULICO	15
5.1. Información de partida.....	15
5.2. Selección del modelo hidráulico	16
5.3. Estimación de las pérdidas de carga	17
5.4. Consideraciones sobre el modelo bidimensional	19
5.5. Generación de resultados y zonificación de la inundabilidad	21
5.6. Delimitación del Dominio Público Hidráulico	21
5.7. Delimitación de la Zona de Flujo Preferente	22
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	24
6.1. Cala Anguila.....	24
6.2. Cala Antena.....	25
6.3. Cala Domingos.....	25
6.4. Cala Mencia	25
6.5. Cala Murada.....	26
6.6. Estany d'en Mas	26
6.7. Manacor	26
6.8. Porto Cristo	27

6.9. S'Illot	28
7. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN Y MEDIDAS CORRECTORAS.....	28
7.1. Cala Anguila	28
7.2. Cala Antena.....	29
7.3. Cala Domingos.....	29
7.4. Cala Mencia	30
7.5. Cala Murada.....	31
7.6. Estany d'en Mas	32
7.7. Manacor	33
7.8. Porto Cristo	36
7.9. S'Illot	36
8. CONDICIONANTES AL PLANEAMIENTO.....	37
8.1. Marco normativo actual	37
8.2. Dominio Público Hidráulico	38
8.3. Zona de Flujo Preferente	39
8.4. Zona Inundable.....	39
8.5. Condicionantes en Suelo Urbano Consolidado.....	40
9. CONCLUSIÓN.....	41

Anejos a la memoria

ANEJO 1.- Generación de cartografía a partir de los datos LiDAR del PNOA 2014.

ANEJO 2.- Cartografía digital y planos de zonas inundables.

ANEJO 3.- Modelos hidráulicos.

ANEJO 4.- Planos de velocidades y propuestas de actuación.

Índice de figuras

Figura 1.- Situación general de las zonas de estudio.....	2	Figura 22.- Hidrogramas unitarios para la subcuena del Torrente de Llebrona (Porto Cristo)	14
Figura 2.- Situación de detalle de las zonas de S'Illot y Porto Cristo.....	2	Figura 23.- Hidrogramas unitarios para la subcuena del Reguero sin nombre (Porto Cristo)	14
Figura 3.- Situación de detalle de las zonas de Cala Anguila, Cala Mendía y Estany d'en Mas.	2	Figura 24.- Cuenca de aportación en S'Illot.....	15
Figura 4.- Situación de detalle de las zonas de Cala Antena, Cala Domingos y Cala Murada	3	Figura 25.- Ejemplo de simulación de cobertura en carga y flujo en superficie con InfoWorks ICM.....	16
Figura 5.- Situación de detalle de la zona de Manacor	3	Figura 26.- Ejemplo de resultados gráficos de una simulación con InfoWorks ICM	17
Figura 6.- Productos generados a partir de la información LiDAR en la zona de Porto Cristo.....	3	Figura 27.- Esquema de ecuaciones 2D resueltas por InfoWorks ICM	17
Figura 7.- Ortofoto PNOA y fotograma del vuelo americano de 1956 en la zona de Cala Domingos	4	Figura 28.- Distribución espacial del coeficiente de rugosidad de Manning aplicado en el modelo hidráulico de S'Illot.....	19
Figura 8.- Ejemplo de caracterización de una obra de fábrica en campo (zona de Cala Mendía)	4	Figura 29.- Ejemplos de visualización del MDT en 2D y 3D que ofrece InfoWorks ICM.....	19
Figura 9.- Documento Càlcul dels cabals d'avinguda de les Illes Balears elaborado en marzo de 2007 por la Dirección General de Recursos Hídricos de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno Balear	5	Figura 30.- Ejemplo de introducción de puentes en InfoWorks ICM (zona de Porto Cristo)	20
Figura 10.- Hidrograma unitario tipo calculado para una cuenca de 10 km ² , un tiempo de concentración de 1 hora y un caudal máximo de 10 m ³ /s	6	Figura 31.- Resultados de la modelización en el entorno del comienzo de la obra de desvío del torrente de Manacor para la avenida de 100 años de periodo de retorno. De izquierda a derecha: mancha de inundación, raster de calados y raster de velocidad	21
Figura 11.- Cuenca de aportación en Cala Anguila.....	6	Figura 32.- Zonificación del Dominio Público Hidráulico y sus márgenes.....	22
Figura 12.- Cuencas de aportación en Cala Antena	7	Figura 33.- Criterio para la delimitación de la VID.....	23
Figura 13.- Cuencas de aportación en Cala Domingos.....	8	Figura 34.- Ejemplo del raster de comprobación de calados en la VID del tramo de Porto Cristo...24	
Figura 14.- Cuenca de aportación en Cala Mendía.....	8	Figura 35.- Detalle de la obra de fábrica OF_ANG_01 (Cala Anguila)	24
Figura 15.- Cuencas de aportación en Cala Murada.....	9	Figura 36.- Detalle de la obra de fábrica OF_ANT_02 (Cala Antena)	25
Figura 16.- Cuencas de aportación en Estany de'n Mas.....	10	Figura 37.- Detalle del azud de Cala Murada.....	26
Figura 17.- Cuencas de aportación en Manacor	10	Figura 38.- Detalle del foso de sedimentación y rotura de carga de la obra de entrada del desvío del Torrente de Manacor	27
Figura 18.- Incorporación de caudales de la subcuena C10.....	11	Figura 39.- Detalle de uno de los tres azudes del tramo de Porto Cristo (OF_POR_04).....	27
Figura 19.- Incorporación de caudales de la subcuena C11 (encauzamiento deprimido).....	11	Figura 40.- Planeamiento propuesto en Cala Anguila	28
Figura 20.- Cuencas de aportación en Porto Cristo	13	Figura 41.- Planeamiento propuesto en Cala Antena	29
Figura 21.- Hidrogramas unitarios para la subcuena del Torrente de Talaioles (Porto Cristo).....	14	Figura 42.- Planeamiento propuesto en los torrentes de Cala Domingos.....	29
		Figura 43.- Actuaciones propuestas en Cala Domingos	30

Figura 44.- Planeamiento propuesto en Cala Mendía.....	30
Figura 45.- Actuaciones propuestas en Cala Mendía.....	31
Figura 46.- Planeamiento propuesto en Cala Murada.....	31
Figura 47.- Actuaciones propuestas en Cala Murada	32
Figura 48.- Planeamiento propuesto en Estany d'en Mas.....	32
Figura 49.- Actuaciones propuestas en Estany d'en Mas	33
Figura 50.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: entrada de la obra de desvío....	33
Figura 51.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Zona del hipódromo.....	34
Figura 52.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Subcuenca C07.....	34
Figura 53.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Subcuenca C08.....	35
Figura 54.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Subcuenca C09.....	35
Figura 55.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Zona baja del núcleo urbano	36
Figura 56.- Planeamiento propuesto en Porto Cristo	36
Figura 57.- Planeamiento propuesto en S'Illot	37

Índice de tablas

Tabla 1.- Caudales adoptados en el tramo de Cala Anguila	6
Tabla 2.- Caudales adoptados en el tramo de Cala Antena.....	7
Tabla 3.- Caudales adoptados en el Torrent des Domingos Gran (Cala Domingos).....	7
Tabla 4.- Caudales adoptados en las subcuencas del Reguero des Domingos (Cala Domingos)	8
Tabla 5.- Caudales adoptados en el tramo de Cala Mendia	9
Tabla 6.- Caudales adoptados en el Torrent des Fangar (Cala Murada)	9
Tabla 7.- Caudales adoptados en las subcuencas del Reguero de es Riuet (Cala Murada)	10
Tabla 8.- Caudales adoptados en los tramos de Estany d'en Mas.....	10
Tabla 9.- Caudales adoptados en Manacor	13
Tabla 10.- Caudales adoptados en los tramos de Porto Cristo	13
Tabla 11.- Caudales adoptados en el tramo de S'Illot.....	14
Tabla 12.- Valores de Manning asignados a las coberturas del SIOSE	18
Tabla 13.- Valores de los parámetros de la formulación de Cowan	19
Tabla 14.- Valores de Manning adoptados en el cauce	19
Tabla 15.- Número de elementos de las mallas bidimensionales.....	20
Tabla 16.- Diámetros propuestos para los soterramientos de cauces en Cala Murada.....	32

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el Ayuntamiento de Manacor está redactando el Plan General de Ordenación Urbana en el que se establecen los instrumentos de planeamiento municipal.

En el apartado octavo del artículo 110 del vigente Plan Hidrológico de las Islas Baleares se establece la obligatoriedad de vincular dicho planeamiento en las zonas inundables a los siguientes requisitos:

- Delimitación previa de la zona de inundación.
- Informe favorable de la Administración Hidráulica.

Adicionalmente, en el Plan Territorial de Mallorca (norma 43) se incorpora la figura de las Áreas de Prevención de Riesgos (APR) de inundaciones como zonas de riesgo de inundación, donde también se establecen los requisitos anteriores.

Corresponde por tanto, al Ayuntamiento de Manacor como administración municipal responsable del planeamiento incorporar las determinaciones pertinentes en cuanto a los usos admisibles en zonas inundables, establecidos fundamentalmente en función de la peligrosidad (extensión y características de velocidad y altura de agua para distintos niveles de probabilidad).

Esta delimitación de las zonas inundables no sólo se debe ceñir a distintos niveles de probabilidad (10, 50, 100 y 500 años de periodo de retorno), sino que además, según establece la Ley de Aguas y su correspondiente Reglamento, debe reflejar el Dominio Público Hidráulico y sus correspondientes Zonas de Servidumbre y Policía, así como la Zona de Flujo Preferente.

Por otro lado, en la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI) aprobada mediante resolución del Director General de Recursos Hídricos de 28 de febrero de 2014 (BOIB núm. 36 de 15/03/14¹), se identifica un único Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) en el término municipal de Manacor, situado en el núcleo urbano de S'Illet y denominada como "Es Riuet" (código ARPSI: ES110_ARPSI_01582).

En la zona anterior, la Administración Hidráulica responsable (Dirección General de Recursos Hídricos del Gobierno Balear) ha elaborado y aprobado los correspondientes Mapas de Peligrosidad y Riesgo para dar cumplimiento a la Directiva Europea 2007/60/CE (transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación). Los mapas anteriores han servido de base para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo de Inundación de la Demarcación de Baleares (también aprobado), en el cual queda incluido el tramo de referencia.

1.1. Objeto del presente documento

Atendiendo a las consideraciones anteriores, el objetivo principal del presente documento es el de disponer de un diagnóstico de la situación actual del término municipal en materia de riesgos de inundación, realizando para ello el preceptivo estudio hidrológico e hidráulico que permite obtener la delimitación de las zonas inundables que afectan a los núcleos urbanos del término de Manacor,

todo ello de acuerdo con la normativa vigente en materia de aguas, de forma que se puedan incorporar en el futuro Plan General de Ordenación Urbana las determinaciones pertinentes.

Para la realización de estos mapas de peligrosidad se han seguido las recomendaciones de la *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Zonas Inundables* (en adelante Guía Metodológica), editada en el año 2011 por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

1.2. Contenido del documento

El documento se articula en los siguientes bloques temáticos:

- **Ámbito de estudio:** se hace una breve descripción de las zonas que comprenden el estudio de inundabilidad.
- **Cartografía y datos básicos de partida:** se describe brevemente cada uno de ellos.
- **Estudio hidrológico:** se describe la metodología aplicada y se expone los resultados de caudal a emplear en el estudio hidráulico
- **Estudio hidráulico:** se hace una breve descripción del modelo hidráulico planteado, completándola con la descripción de los parámetros de modelización y condicionantes aplicados en cada zona.
- **Análisis de resultados:** breve análisis de los resultados obtenidos en el estudio hidráulico.
- **Propuestas de actuación y medidas correctoras:** para cada uno de los tramos analizados se proponen y justifican en este apartado las medidas correctoras y actuaciones que conformarán la solución de conjunto planteada a cada zona, elaborando, si procede, los planos correspondientes a la situación anterior y posterior que represente el conjunto de las actuaciones planteadas y en caso contrario justificando la no necesidad de elaborar dichos planos.
- **Condicionantes al planeamiento:** Se hace una breve recopilación del marco normativo actual y se recopilan los condicionantes al planeamiento que debe incluir el Plan General de Ordenación Urbana. En el caso del suelo urbano consolidado se incluye una propuesta de ordenación propia del Plan General de Ordenación Urbana, para hacer compatible el planeamiento con esta tipología de uso.

¹ <http://www.caib.es/eboifront/pdf/VisPdf?action=VisEdicte&idDocument=861197&lang=es>

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

De acuerdo con el Atlas de delimitación geomorfológica de redes de drenaje y llanuras de inundación de las Islas Baleares elaborado por la Dirección General de Recursos Hídricos en el año 2001, en el término municipal de Manacor tenemos varias zonas inundables que afectan núcleos urbanos:

- Manacor.
- S'Illot.
- Porto Cristo.
- Cala Anguila.
- Cala Mendia.
- Estany d'en Mas.
- Cala Antena.
- Cala Domingos.
- Cala Murada.

Exceptuando el núcleo urbano de Manacor, el resto de zonas se encuentran en la franja costera del municipio tal y como se muestra en la siguiente imagen de situación general:

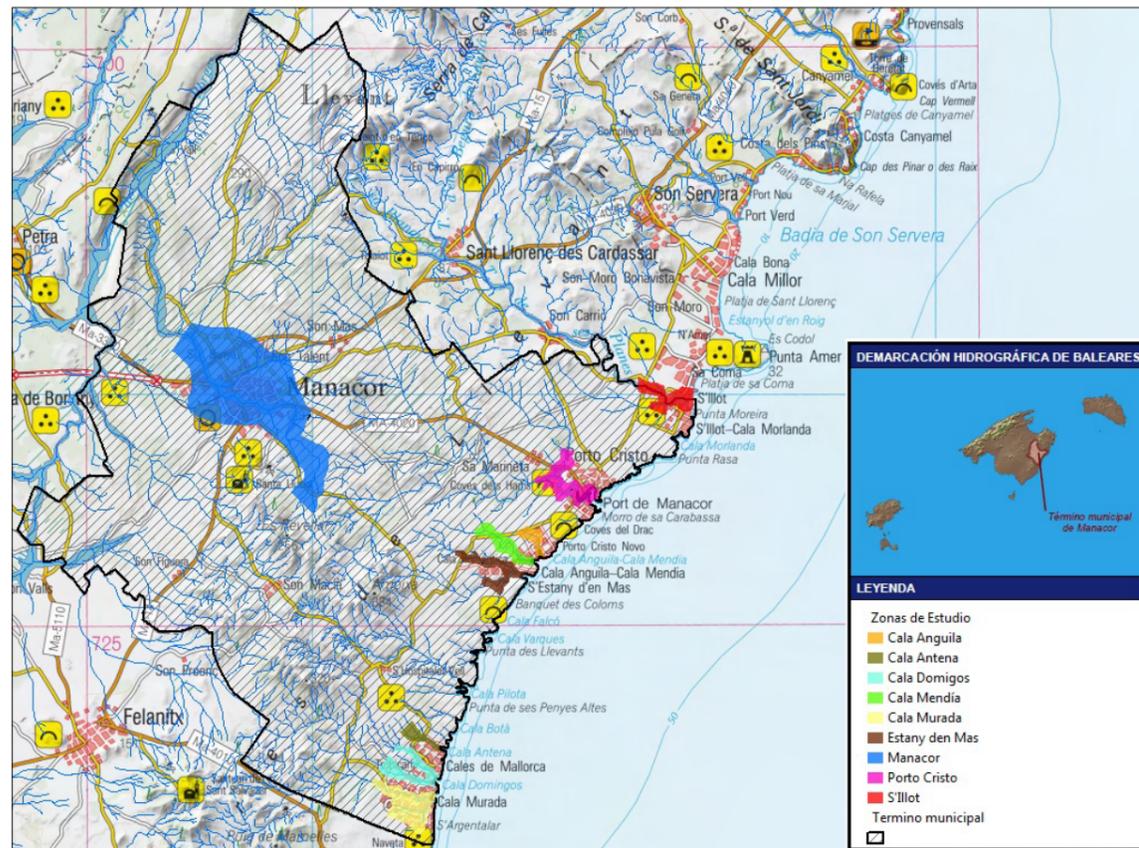


Figura 1.- Situación general de las zonas de estudio

Cada una de las zonas de estudio comprenden uno o varios torrentes, tal y como se puede observar en las siguientes figuras de detalle de los diferentes ámbitos de estudio:



Figura 2.- Situación de detalle de las zonas de S'Illot y Porto Cristo



Figura 3.- Situación de detalle de las zonas de Cala Anguila, Cala Mendia y Estany d'en Mas.



Figura 4.- Situación de detalle de las zonas de Cala Antena, Cala Domingos y Cala Murada

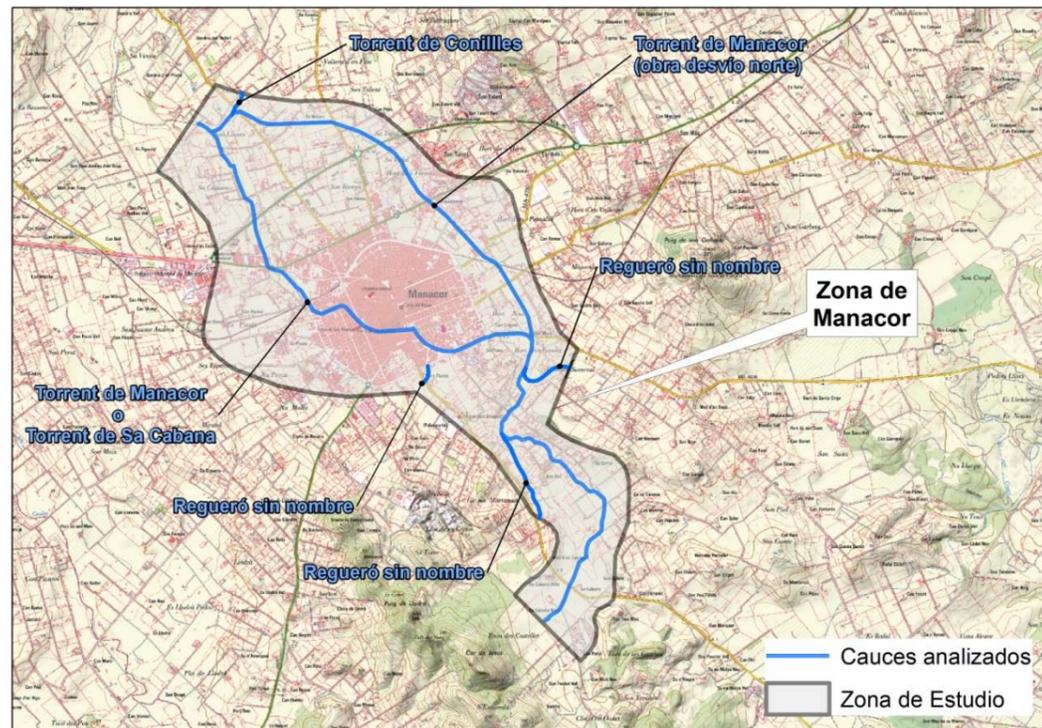


Figura 5.- Situación de detalle de la zona de Manacor

3. CARTOGRAFÍA Y DATOS BÁSICOS DE PARTIDA

La información de partida para la elaboración de los mapas de peligrosidad es fundamentalmente la cartografía en los tramos de estudio. En especial se requieren los siguientes elementos cartográficos:

- El modelo digital del terreno (MDT) de cada tramo fluvial a estudiar y de su cuenca con la mejor resolución disponible.
- Ortofotos actuales y fotografías aéreas históricas de la zona de estudio a la mejor resolución posible.
- Croquis de las dimensiones y las cotas de los elementos o infraestructuras localizadas en la zona de estudio que pueden afectar a la inundabilidad, como puentes, motas, encauzamientos, azudes, etc.
- Información sobre elementos localizados aguas arriba y abajo del tramo de estudio que ayude a definir las condiciones de contorno o de borde de la simulación, como por ejemplo niveles de embalses, niveles de marea, azudes, puentes, etc.
- Información sobre usos del suelo para determinar las pérdidas de energía del agua.

Para la realización de los estudios hidráulicos es necesario disponer de una cartografía de precisión que represente fielmente la realidad del terreno en el tramo de estudio. Para ello, se ha utilizado un modelo digital del terreno generado mediante la tecnología LiDAR (*Laser Imaging Detection and Ranging*), el cual ha sido tratado para eliminar los valores correspondientes a elementos diferenciados del terreno: vegetación, puentes, etc.

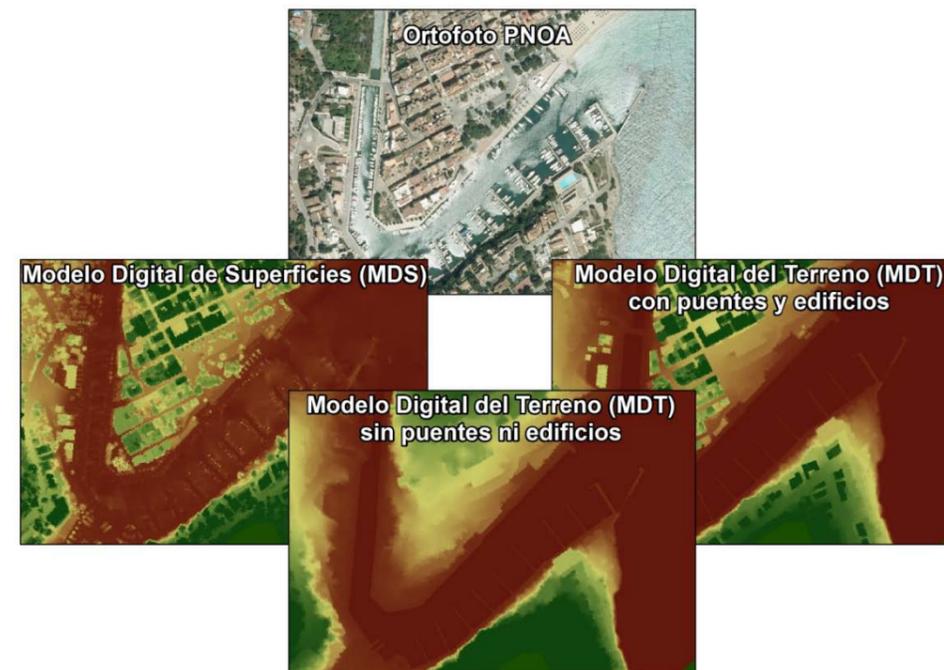


Figura 6.- Productos generados a partir de la información LiDAR en la zona de Porto Cristo

Se han utilizado los datos del vuelo LiDAR realizado en 2014 por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el marco del proyecto PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) cofinanciado entre el Ministerio de Fomento (por medio del IGN y el CNIG), el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (por medio de la Dirección General del Agua, las Confederaciones Hidrográficas y el FEAGA) y el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (por medio de la Dirección General del Catastro), además de las Comunidades Autónomas. Estos datos han sido cedidos por SITIBSA al Ayuntamiento de Manacor para la realización del presente estudio de inundabilidad y las principales características del producto facilitado se describen a continuación:

- Los datos se facilitan en ficheros digitales (formato LAS) con información altimétrica de la nube de puntos LiDAR, distribuidos en ficheros de 2x2 km de extensión.
- Las nubes de puntos han sido capturadas mediante vuelos con sensor LiDAR con una densidad de 0,5 puntos/m², y posteriormente clasificadas de manera automática y coloreadas mediante RGB obtenido a partir de ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) con tamaño de pixel de 25 ó 50 cm.
- La precisión altimétrica obtenida es mejor de 20 cm RMSE Z.
- Sistema geodésico de referencia ETRS89 y proyección UTM en el huso correspondiente a cada fichero.
- Alturas ortométricas.

En el Anejo 1 se incluye una memoria descriptiva de los trabajos realizados para la generación de la cartografía a partir de estos datos LiDAR, donde se incluye en soporte digital los resultados obtenidos en cada una de las zonas.

En cuanto a las ortofotos, se han utilizado las más recientes del PNOA que se encuentran disponibles en el centro de descargas del CNIG. Como fotografías históricas se han consultado fundamentalmente las correspondientes al vuelo americano de 1956-57 disponibles a través del visor de SITIBSA (Servicio de Información Territorial de Baleares).



Figura 7.- Ortofoto PNOA y fotograma del vuelo americano de 1956 en la zona de Cala Domingos

Como complemento a la cartografía general anterior se han identificado en un meticuloso recorrido de campo los elementos que afectan a la inundabilidad (puentes, motas, encauzamientos, azudes, etc.) anotando de cada uno de ellos sus principales características y dimensiones de cara a definir sus condicionantes geométricos y cotas en el modelo hidráulico. En el Anejo 3 se incluye la información en formato digital de cada una de las obras (fotografías y notas con las dimensiones principales y cualquier otro condicionante observado en el recorrido de campo).



Figura 8.- Ejemplo de caracterización de una obra de fábrica en campo (zona de Cala Mendia)

Para la definición de las pérdidas de carga en la modelación hidráulica que se describirá en apartados posteriores, se ha obtenido toda la información disponible sobre usos del suelo en cada tramo de estudio utilizando el mapa del SIOSE (Sistema de Información de Ocupación del Suelo en España), combinado con las ortofotos del PNOA en aquellas zonas donde ha sido preciso abordar alguna corrección de dicha base cartográfica (fundamentalmente en el cauce, que no aparece definido en la mayoría de los torrentes).

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Como estudio de referencia de caudales, se ha empleado el documento *Càlcul dels cabals d'avinguda de les Illes Balears* elaborado en marzo de 2007 por la Dirección General de Recursos Hídricos de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno Balear.

Este estudio, facilitado por la Dirección General de Recursos Hídricos para la realización del presente estudio, se considera adecuado para el nivel de planificación territorial que supone un Plan General de Ordenación Urbana ya que caracteriza convenientemente las cuencas objeto de estudio y permite mantener la coherencia territorial de los trabajos en todo el ámbito municipal.

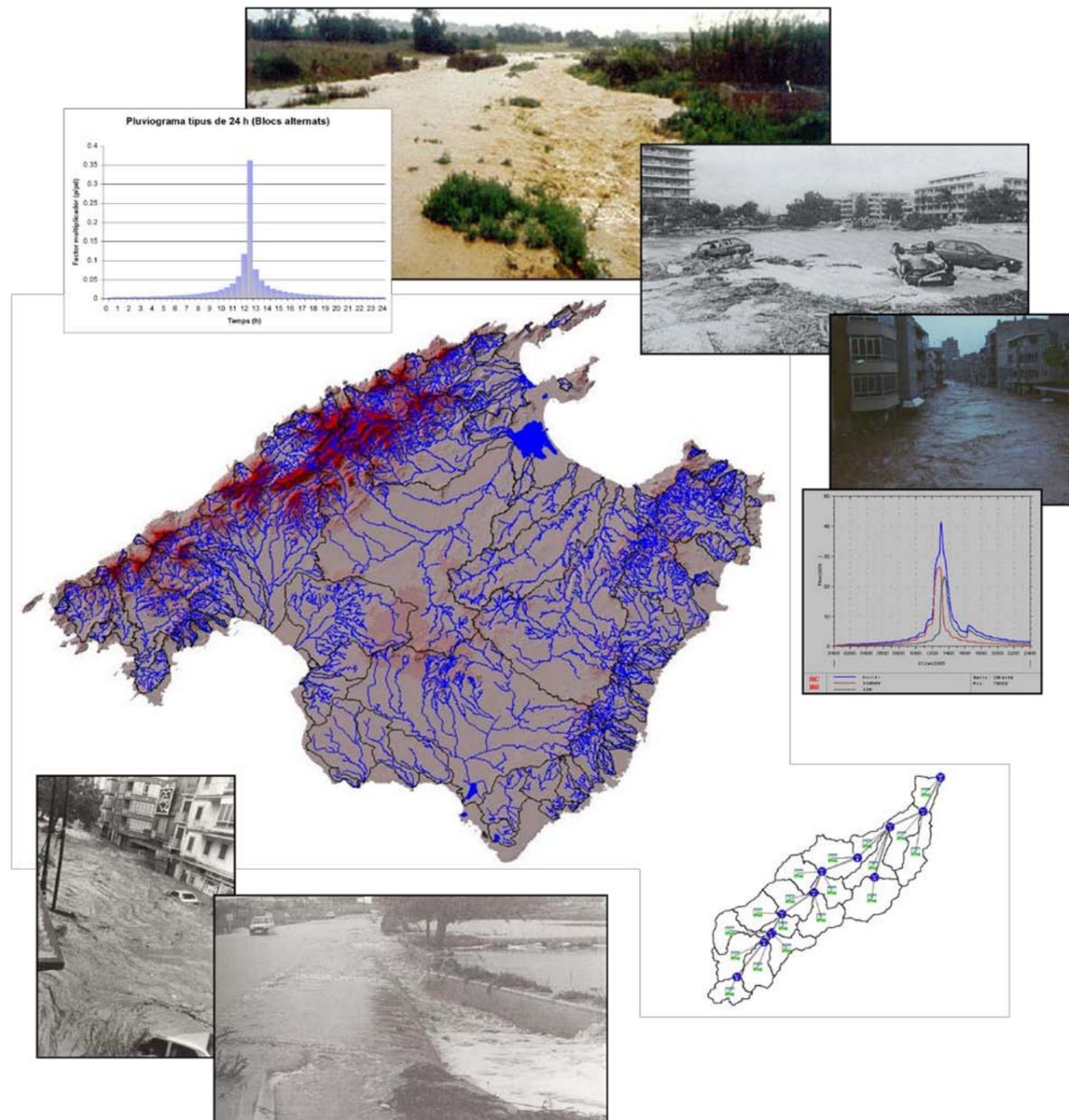


Figura 9.- Documento *Càlcul dels cabals d'avinguda de les Illes Balears* elaborado en marzo de 2007 por la Dirección General de Recursos Hídricos de la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno Balear

En el estudio de referencia se facilitan unas capas raster que permiten consultar los caudales en los diferentes puntos de la red hidrográfica y a partir de ellas se han obtenido los valores correspondientes a las avenidas de 10, 50, 100 y 500 años de periodo de retorno, así como para 2,33 años (periodo de retorno que se asocia a la máxima crecida ordinaria en todos los tramos).

La metodología general de trabajo sigue el siguiente esquema que se detalla en los siguientes apartados:

- Obtención de los caudales en los extremos de los tramos.
- Distribución de caudales a lo largo de un mismo tramo.
- Caudales a considerar en las confluencias.

4.1. Obtención y distribución de los caudales en el tramo

Cuando la diferencia entre los valores del caudal obtenido al inicio y al final del tramo en estudio sea muy significativa, se han identificado los puntos intermedios de aporte de caudales, que normalmente coinciden con afluentes de cierta entidad.

Se consideran diferencias significativas los incrementos de caudal por encima del 20% entre los puntos situados en los extremos de aguas abajo y aguas arriba del tramo. Se trata en cualquier caso de una cifra orientativa que podrá variar en función de circunstancias como la magnitud del cauce, la longitud del tramo a estudiar, si se trata de una zona de cabecera o baja de la cuenca, etc.

Cuando la diferencia entre los caudales obtenidos al inicio y al final del tramo supere el valor umbral establecido, será necesario introducir puntos de cambio de caudal coincidiendo con la ubicación de los afluentes más importantes.

4.2. Caudales a considerar en las confluencias

Cuando los modelos hidráulicos incluyan confluencias de dos corrientes, habrá que determinar los valores de caudales que se introducen en ambos cauces.

Si las dos corrientes son de similar magnitud y es razonable que haya coincidencia de avenidas según los datos del estudio, se considerará la misma recurrencia en los dos cauces para todos los periodos de retorno.

Si por el contrario, no es previsible la coincidencia de avenidas, el caudal agua abajo de la confluencia no se puede introducir en el modelo como sumatorio, por lo tanto se emplearán hidrogramas de entrada en el principal y en el tributario, para tener en cuenta el diferente comportamiento de las cuencas que confluyen. El objetivo es conseguir un hidrograma de salida, aguas abajo de la confluencia, donde la punta del hidrograma coincida sensiblemente con el valor de caudal máximo obtenido del estudio en ese punto.

Para lograr el objetivo anterior, se utilizará un hidrograma unitario que se calculará en cada caso en función del tiempo de concentración, de la superficie de la cuenca y del máximo caudal obtenido.

Este hidrograma se ha obtenido como media de numerosos estudios hidrológicos de detalle realizados por el consultor en diferentes puntos del país y básicamente presenta una duración variable con la superficie de la cuenca y una longitud que suele ser parecida (en cuencas pequeñas como las de este caso) a la duración de la tormenta que produce caudales pésimos, habitualmente asociada a unas dos veces el tiempo de concentración, pues tiene que empapar la cuenca y después llegar el agua al punto de desagüe.

En cuencas más grandes aumenta el tiempo del hidrograma, pues se incrementa el tiempo de viaje, hasta tres e incluso cuatro veces para cuencas realmente grandes (de más de 5.000 km²). Por tanto, el resultado final de la duración del hidrograma se hace variar en función de la superficie de cuenca según el siguiente criterio:

- Cuencas menores de 85 km²: Duración = 2.T_c
- Cuencas mayores de 85 km²: Duración = 0,45.Ln(S).T_c

Siendo S la superficie de la cuenca (km²).

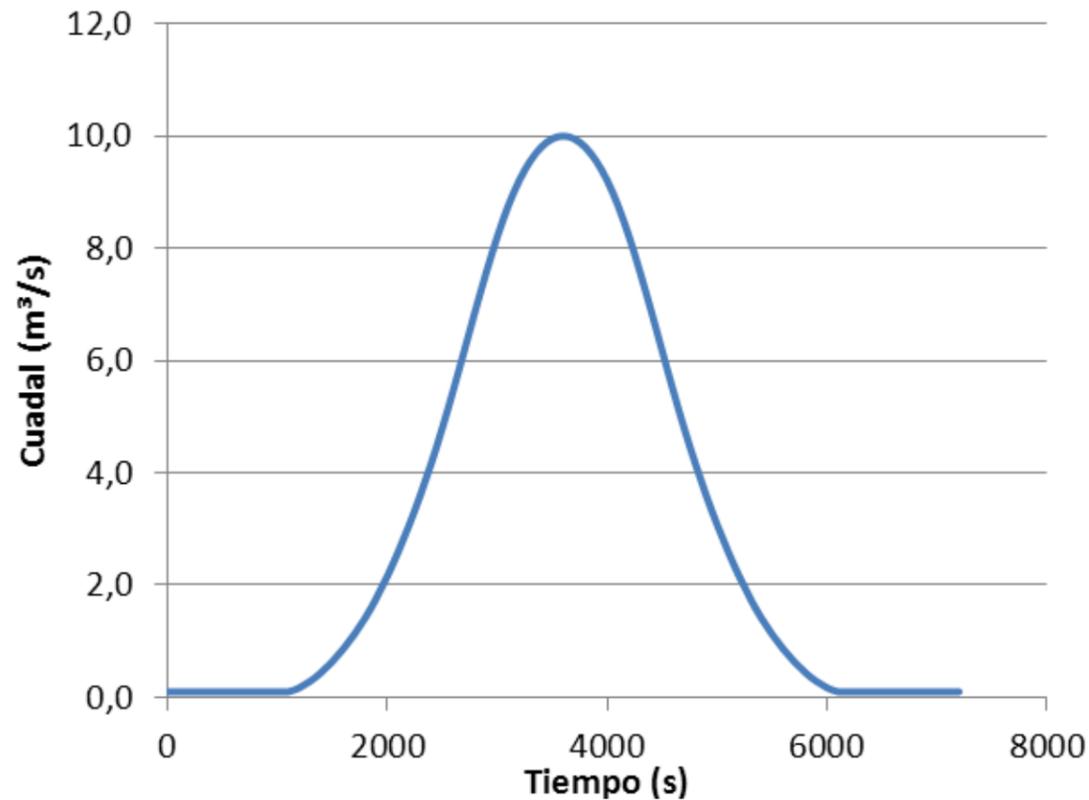


Figura 10.- Hidrograma unitario tipo calculado para una cuenca de 10 km², un tiempo de concentración de 1 hora y un caudal máximo de 10 m³/s

Los valores de caudal finalmente adoptados en cada tramo y las principales características de las cuencas de aportación se describen en los siguientes apartados pormenorizadamente:

4.3. Caudales en Cala Anguila

El tramo comprende una cuenca muy pequeña en términos superficiales (1,100 Km²) que sin embargo genera caudales de escorrentía elevados al comprender prácticamente toda su superficie una zona con uso del suelo predominantemente urbano.

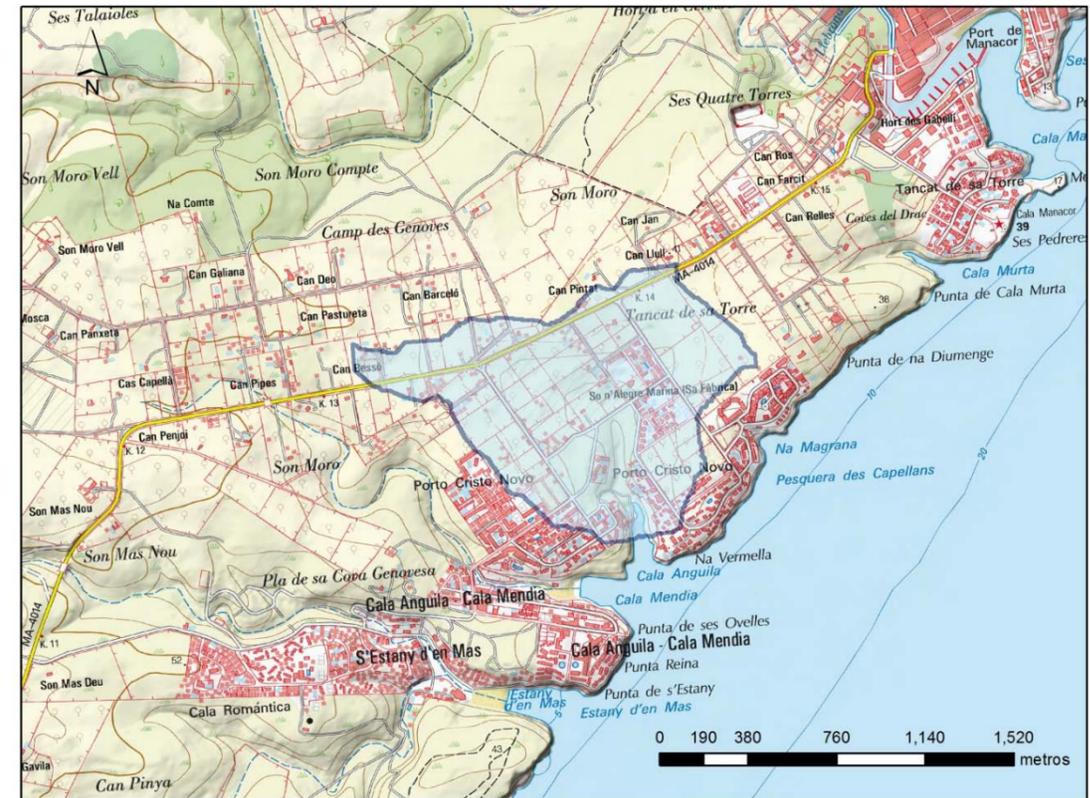


Figura 11.- Cuenca de aportación en Cala Anguila

En el tramo no se incorporara ningún caudal intermedio porque no existen afluentes de entidad y el tramo hasta su desembocadura en el mar es muy corto, por lo tanto, los valores de caudal adoptados en la modelización hidráulica son los siguientes:

Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
		MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
Reguero sin nombre	Desde el inicio hasta la confluencia con el mar	3,5	6,7	11,0	13,3	19,2

Tabla 1.- Caudales adoptados en el tramo de Cala Anguila

4.4. Caudales en Cala Antena

El tramo comprende una cuenca muy pequeña en términos superficiales que además queda repartida entre dos subcuencas prácticamente a partes iguales. Los caudales de escorrentía no resultan tan elevados como en Cala Anguila, al haber un reparto más equitativo entre zona urbana y zona rústica, dentro de la cuenca.

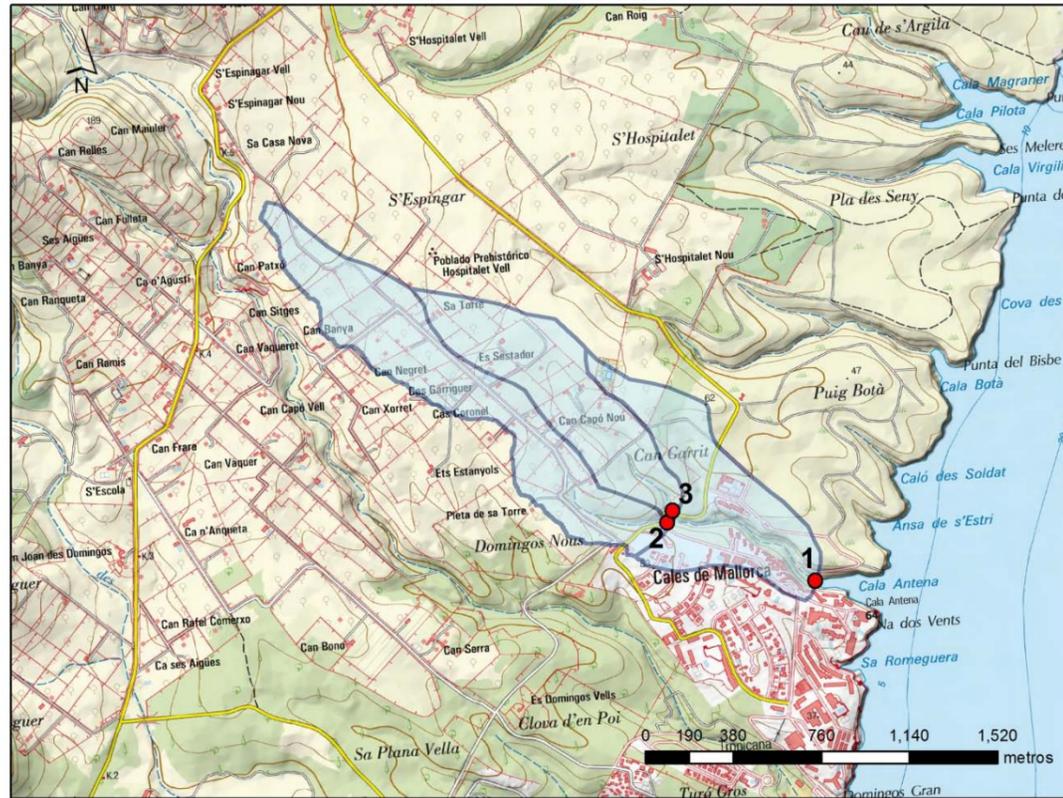


Figura 12.- Cuencas de aportación en Cala Antena

Las superficies de aportación en cada uno de los puntos de la imagen anterior son las siguientes:

- Punto 1: 1,299 Km²
- Punto 2: 0,539 Km²
- Punto 3: 0,374 Km²

Esta pequeña cuenca no aparece en las capas raster del estudio de referencia, sin embargo, los caudales se pueden extraer en ella a partir de la formulación de Myer aplicada a la cuenca anexa del Torrent des Domingos Gran cuyos resultados se exponen en el siguiente apartado y son conocidos, ya que ésta presenta un comportamiento hidrológico similar a la que se pretende estudiar.

Según la formulación de Myer:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{0,5}$$

donde Q_1 es el caudal conocido en el punto de cuenca de superficie S_1 , y Q_2 es el caudal que se desea determinar, correspondiente a la cuenca de superficie S_2 .

Por tanto, partiendo de los resultados del Torrent des Domingos Gran expuestos en el siguiente apartado, resultan los siguientes caudales en Cala Antena:

Punto	Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
			MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
1	Regueró de Cala Antena	En confluencia con el mar	2,4	7,3	13,2	16,3	24,3
2	Regueró de Cala Antena	En confluencia con afluente	1,5	4,7	8,5	10,5	15,6
3	Reguero sin nombre	Afluente en confluencia con principal	1,3	3,9	7,1	8,7	13,0

Tabla 2.- Caudales adoptados en el tramo de Cala Antena

En el punto 1, los resultados de caudales son prácticamente idénticos a la suma de los caudales (diferencia de un 15% aproximadamente para todos los caudales), por tanto, bastaría con introducir en el modelo los valores correspondientes de las subcuencas vertientes al punto 2 y al punto 3 para modelizar completamente el tramo.

4.5. Caudales en Cala Domingos

El tramo comprende dos cuencas relativamente pequeñas que confluyen por separado pero en paralelo al mar.

La correspondiente al Torrent des Domingos Gran tiene una superficie de 5,561 Km² y los datos de caudal resultantes en la confluencia con el mar son los siguientes:

Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
		MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
Torrent des Domingos Gran	Desde el inicio hasta la confluencia con el mar	4,9	15,1	27,3	33,5	50,0

Tabla 3.- Caudales adoptados en el Torrent des Domingos Gran (Cala Domingos)

En el tramo no se incorporara ningún caudal intermedio porque no existen afluentes de entidad y el tramo hasta su desembocadura en el mar es muy corto, por lo tanto, los valores de caudal adoptados en la modelización hidráulica son los de la tabla anterior.

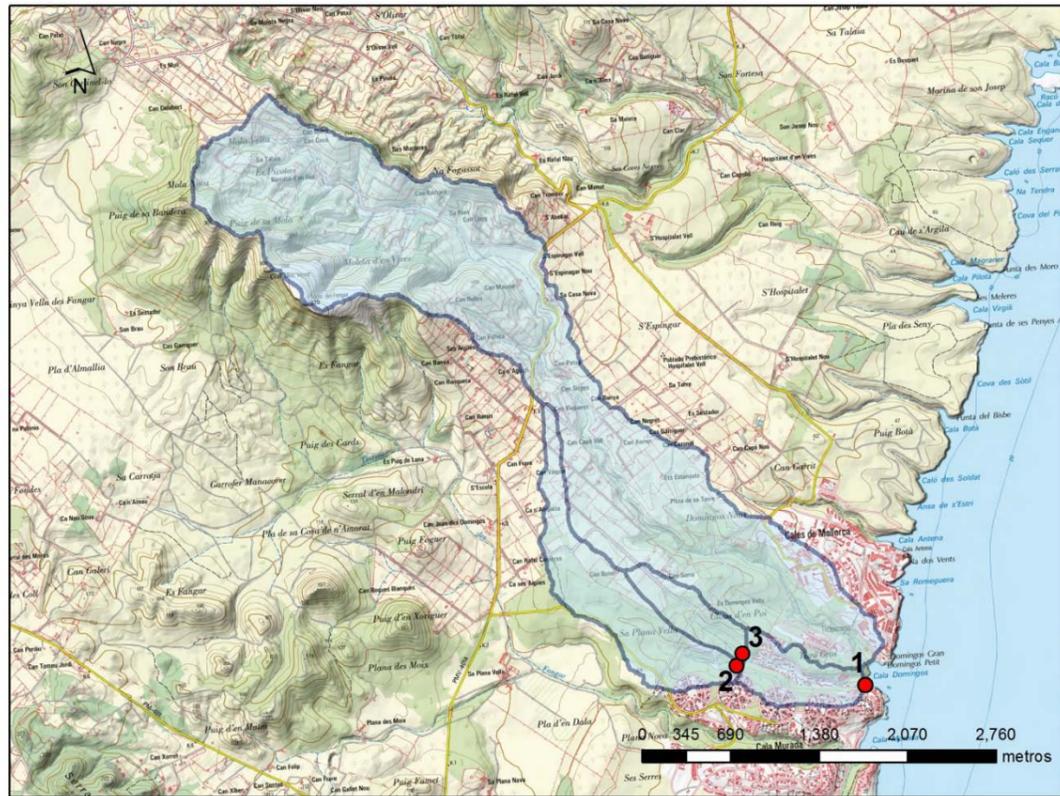


Figura 13.- Cuencas de aportación en Cala Domingos

En cuanto la cuenca del Reguero des Domingos y su afluente sin nombre, las superficies de aportación en cada uno de los puntos de la imagen anterior son las siguientes:

- Punto 1: 1,532 Km²
- Punto 2: 0,892 Km²
- Punto 3: 0,276 Km²

Aplicando Myer a partir de los resultados de la cuenca del Torrent des Domingos Gran, se obtienen los siguientes resultados:

Punto	Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
			MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
1	Reguero des Domingos	En confluencia con el mar	2,6	8,0	14,4	17,7	26,3

Punto	Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
			MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
2	Reguero des Domingos	En confluencia con afluente	2,0	6,1	11,0	13,5	20,1
3	Reguero sin nombre	Afluente en confluencia con principal	1,1	3,4	6,1	7,5	11,2

Tabla 4.- Caudales adoptados en las subcuencas del Reguero des Domingos (Cala Domingos)

En el punto 1, los resultados de caudales son prácticamente idénticos a la suma de los caudales (diferencia de un 16% aproximadamente para todos los caudales), por tanto, bastaría con introducir en el modelo los valores correspondientes de las subcuencas vertientes al punto 2 y al punto 3 para modelizar completamente el tramo.

4.6. Caudales en Cala Mendia

El tramo comprende una cuenca colindante con la de Cala Anguila. Aunque la superficie de aportación (2,473 Km²) duplica la de dicha Cala, los caudales específicos son más contenidos al presentar la cuenca un uso mayoritariamente rural.

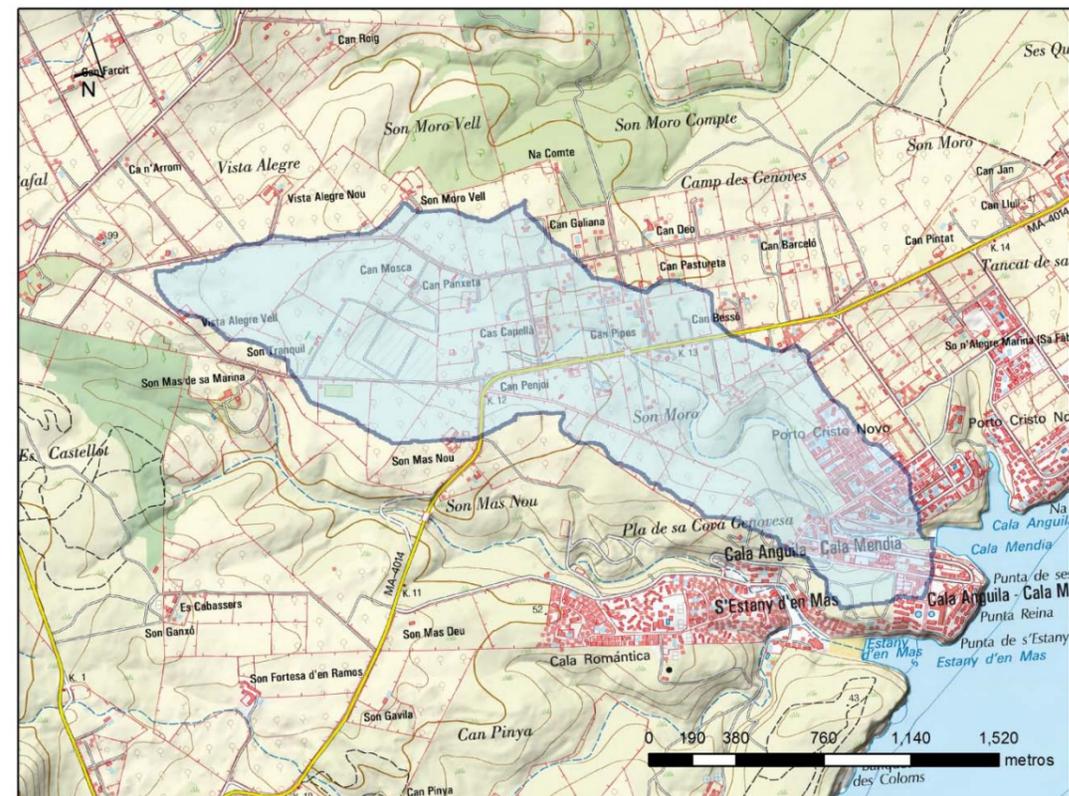


Figura 14.- Cuenca de aportación en Cala Mendia

Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
		MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
Regueró de Cala Mendía	Desde el inicio hasta la confluencia con el mar	2,6	4,3	7,7	10,0	17,1

Tabla 5.- Caudales adoptados en el tramo de Cala Mendía

En el tramo no se incorporara ningún caudal intermedio porque no existen afluentes de entidad y el tramo hasta su desembocadura en el mar es muy corto, por lo tanto, los valores de caudal adoptados en la modelización hidráulica para cada periodo de retorno son los expuestos en la tabla anterior.

4.7. Caudales en Cala Murada

El tramo comprende dos cuencas de características muy diferentes: la del Torrent des Fangar (23,693 Km²) y la del Reguero de es Riuet (2,073 Km²).

La primera tiene una cuenca 10 veces superior en términos de superficie, y los usos predominantes son claramente rurales. En la segunda los usos son claramente urbanos, lo cual da una idea del diferente comportamiento hidrológico que se espera de cada una de ellas.

Para la cuenca correspondiente al Torrent des Fangar, dado que en el tramo no se incorporara ningún caudal intermedio porque no existen afluentes de entidad y que el tramo hasta su desembocadura en el mar es muy corto, los valores de caudal adoptados en la modelización hidráulica son los siguientes:

Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
		MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
Torrent des Fangar	Desde el inicio hasta la confluencia con el mar	2,4	6,0	14,2	19,3	38,7

Tabla 6.- Caudales adoptados en el Torrent des Fangar (Cala Murada)

En cuanto a la cuenca del Reguero de es Riuet y sus afluentes sin nombre, se comprueba en las capas raster del estudio de referencia que el comportamiento de las cuencas en todas las confluencias pone de manifiesto la simultaneidad de los eventos de inundación del modelo hidrometeorológico, y por tanto, en todas ellas se puede adoptar la suma de caudales como representativa del comportamiento real, pues las diferencias están por debajo del límite del 20 %

establecido (prácticamente se sitúan todas entorno al 15% para todos los periodos de retorno).

Las superficies de aportación en cada uno de los puntos de la figura son las siguientes:

- Punto 1: 0,865 Km²
- Punto 2: 0,446 Km²
- Punto 3: 0,220 Km²
- Punto 4: 0,177 Km²

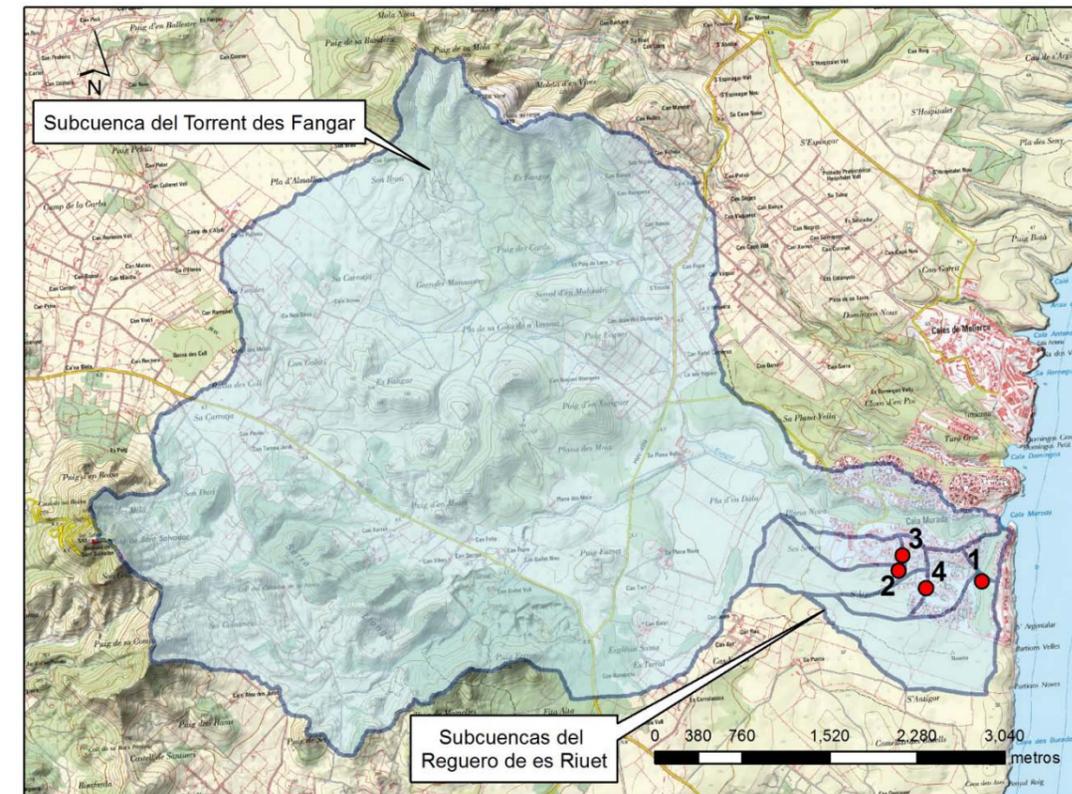


Figura 15.- Cuencas de aportación en Cala Murada

Los resultados de caudal a introducir en el modelo hidráulico para cada uno de los tramos de cauce son los siguientes:

Punto	Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
			MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
1	Regueró de es Riuet	Desde el inicio hasta la confluencia con Afluente sin nombre	3,0	4,9	7,5	9,1	13,2

Punto	Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
			MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
2	Reguero sin nombre	Desde el inicio hasta la confluencia con Afluente sin nombre	1,4	2,2	3,5	4,2	6,1
3	Reguero sin nombre	Desde el inicio hasta la confluencia con Afluente sin nombre	1,1	1,7	2,7	3,3	4,7
4	Reguero sin nombre	Desde el inicio hasta la confluencia con Afluente sin nombre	0,7	1,1	1,6	2,0	2,1

Tabla 7.- Caudales adoptados en las subcuencas del Reguero de es Riuet (Cala Murada)

En ninguno de los dos tramos se incorporara ningún caudal intermedio porque no existen afluentes de entidad y el tramo hasta su desembocadura en el mar es muy corto, por lo tanto, los valores de caudal adoptados en la modelización hidráulica son los siguientes:

Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
		MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
Torrent des Morts	Desde el inicio hasta la confluencia con Torrent de Can Llunes	3,3	5,3	7,0	8,1	13,6
Torrent de Can Llunes	Desde el inicio hasta la confluencia con Torrent des Morts	1,1	1,8	2,6	3,2	6,7

Tabla 8.- Caudales adoptados en los tramos de Estany d'en Mas

4.8. Caudales en Estany d'en Mas

El tramo comprende la cuenca del Torrent des Morts (3,797 Km²) y la del Torrent de Can Lunes (6,547 Km²), de comportamiento y características similares y que confluyen justo antes de la línea de playa.

4.9. Caudales en Manacor

La división en subcuencas de aportación en Manacor está condicionada por las recientes obras de desvío del Torrente de Manacor o Sa Cabana.

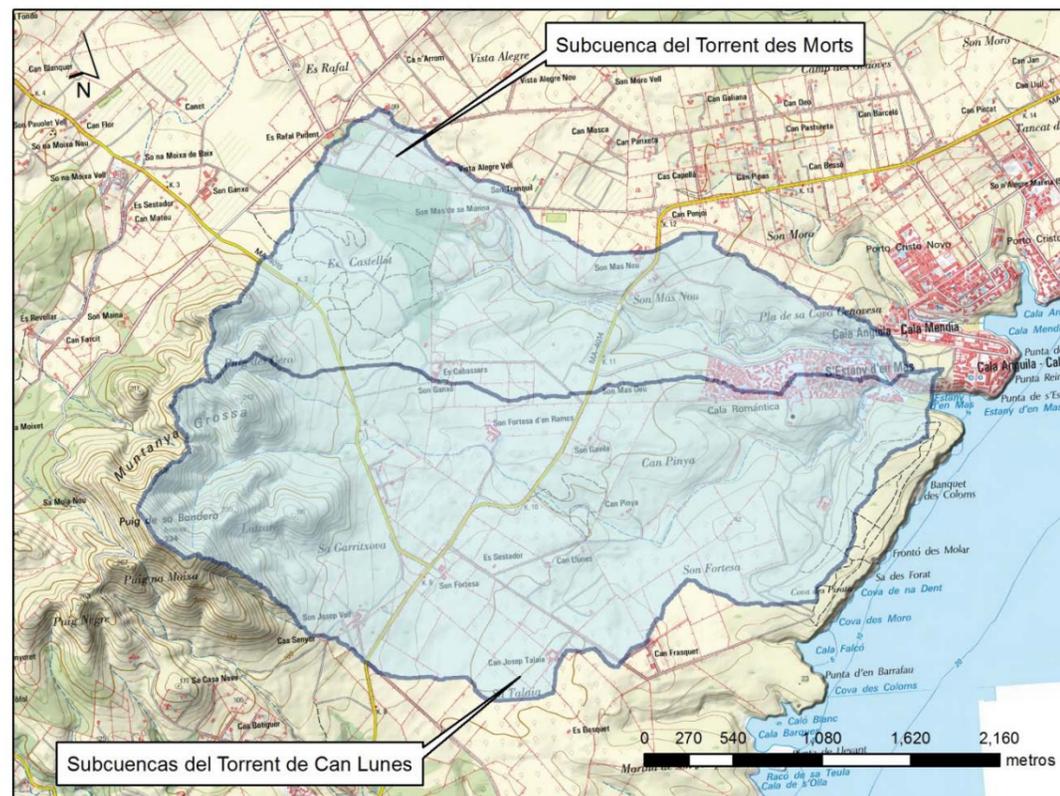


Figura 16.- Cuencas de aportación en Estany de'n Mas

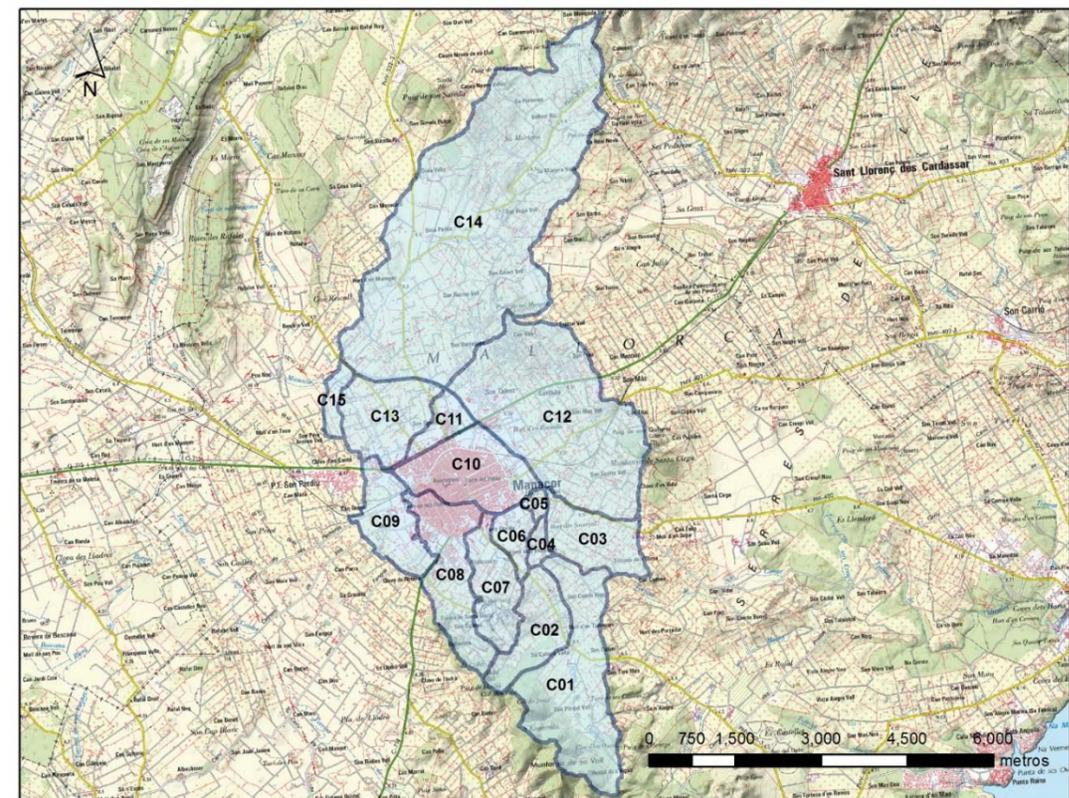


Figura 17.- Cuencas de aportación en Manacor

En función de la situación de la subcuenca con respecto a la obra de desvío, se pueden distinguir las siguientes familias:

- Subcuencas agua arriba de la obra de desvío del Torrente de Manacor (C01 a C04).
- Subcuencas agua abajo de la obra de desvío del Torrente de Manacor. Dentro de ésta, a su vez se diferencian tres grupos de subcuencas:
 - Afluentes por la margen derecha (C10, C11, C12 y C14).
 - Afluentes por la margen izquierda (C05 a C09).
 - Intercuencas hasta el tramo final (C13 y C15).

Las características de las subcuencas del tramo agua arriba de la obra de desvío son las siguientes:

- Subcuenca C01: tiene una superficie de 4,145 Km² y se corresponde con el cauce principal objeto de estudio: Torrente de Manacor o Sa Cabana.
- Subcuenca C02: tiene una superficie de 1,583 Km² y se corresponde con un afluente sin nombre por la margen izquierda al Torrente de Manacor o Sa Cabana. Se trata de un afluente que incorpora más de un 20% de caudal al cauce principal objeto de estudio, por lo que se incluye en la modelización hidráulica.
- Subcuenca C03: tiene una superficie de 1,635 Km² y se corresponde con un afluente sin nombre por la margen derecha al Torrente de Manacor o Sa Cabana. Se trata de un afluente que incorpora más de un 20% de caudal al cauce principal objeto de estudio, por lo que se incluye en la modelización hidráulica.
- Subcuenca C04: tiene una superficie de 0,244 Km² y se corresponde con la intercuenca del Torrente de Manacor o Sa Cabana entre el último afluente (subcuenca C03) y la obra de desvío. No incorpora caudal, sólo compone los de las cuencas vertientes agua arriba y por tanto no se precisa ninguna incorporación de caudal en este punto.

Para las subcuencas del tramo agua abajo de la obra de desvío los datos más relevantes son los siguientes:

- Afluentes por la margen derecha. La subcuenca total compuesta (C10+C11+C12) incorpora más de un 20% de caudal al cauce principal objeto de estudio, por lo que se incluye en la modelización hidráulica. Para las tres subcuencas establecidas, los caudales se obtienen aplicando Myer a la subcuenca total compuesta, dado que ésta sí aparece en el estudio de referencia y es necesario establecer esta nueva subdivisión para modelizar correctamente la situación actual que introduce la obra de desvío:
 - Subcuenca C10: tiene una superficie de 2,335 Km² y cubre la mayor parte de la recogida de pluviales del núcleo urbano en toda la zona de la margen derecha del Torrente de Manacor. Tiene un punto de desagüe directo en el encauzamiento del torrente, justo agua arriba de la obra de fábrica OF_MAN_10, donde se incorpora el caudal en el modelo hidráulico.



Figura 18.- Incorporación de caudales de la subcuenca C10.

- Subcuenca C11: tiene una superficie de 0,643 Km² y cubre el resto de la recogida de pluviales del núcleo urbano en toda la zona de la margen derecha del Torrente de Manacor. Tiene un punto de desagüe directo en el encauzamiento del torrente, justo agua abajo de la obra de fábrica OF_MAN_10, donde se incorpora el caudal en el modelo hidráulico.



Figura 19.- Incorporación de caudales de la subcuenca C11 (encauzamiento deprimido)

- Subcuenca C12: tiene una superficie de 7,003 Km² y queda aislada por la obra de desvío aunque ésta no contempla actualmente su incorporación a dicho cauce artificial. Los caudales en el modelo hidráulico se incorporan agua arriba del hipódromo en la vaguada del valle fluvial.
- Subcuenca C14: se corresponde con el Torrente de Conilles en su confluencia con la obra de desvío del Torrente de Manacor (que no contempla ninguna obra para su incorporación) y tiene una superficie de 14,457 Km². Los caudales en el modelo hidráulico se incorporan en la vaguada correspondiente.
- Afluentes por la margen izquierda. Prácticamente todas estas subcuencas introducen más de un 20% de caudal al cauce principal objeto de estudio, por lo que se incluye en la modelización hidráulica. La subcuenca C05 es un excepción, aún así también se trata como una entrada de caudal por criterios de modelización. Esta subcuenca es fruto de la obra de desvío, que estableció en su momento una nueva subdivisión en este tramo abandonado del Torrente de Manacor, que como se verá posteriormente en la hidráulica, tiene actividad sólo para fenómenos de baja probabilidad de ocurrencia:
 - Subcuenca C05: tiene una superficie de 0,166 Km². Se incorpora al modelo hidráulico justo agua arriba del comienzo del encauzamiento urbano del Torrente de Manacor y sus caudales se han obtenido aplicando Myer a la subcuenca compuesta de todos los tramos agua arriba de la obra de desvío.
 - Subcuenca C06: tiene una superficie de 0,590 Km². Recoge las pluviales de una pequeña zona urbana de la margen izquierda y las incorpora directamente al encauzamiento del torrente agua arriba de la obra de fábrica OF_MAN_16, donde se incorpora el caudal en el modelo hidráulico.
 - Subcuenca C07: tiene una superficie de 1,506 Km² y se corresponde con un afluente sin nombre por la margen izquierda al Torrente de Manacor o Sa Cabana. Los caudales se incorporan en el modelo en la vaguada existente por la zona del polideportivo.
 - Subcuenca C08: tiene una superficie de 2,352 Km² y se corresponde con un afluente sin nombre por la margen izquierda al Torrente de Manacor o Sa Cabana. Los caudales se incorporan en el modelo en la vaguada existente agua abajo de la Ma-14, justo en su confluencia con la Ronda del Port. Al llegar al Camí de Son Fangós, el cauce se soterra en un tubo de 1,2 metros de diámetro que sale justo agua arriba de la obra de fábrica OF_MAN_10, junto al punto de incorporación de la subcuenca C10.
 - Subcuenca C09: tiene una superficie de 1,533 Km² y se corresponde con un afluente sin nombre por la margen izquierda al Torrente de Manacor o Sa Cabana. Los caudales se incorporan en el modelo en la vaguada existente agua abajo del Paseo de la Estación.
- Intercuencias hasta el tramo final. Estas subcuencas aportan menos de un 20% de caudal al cauce principal, por lo que no se incluyen en la modelización hidráulica como aportes de caudal:

- Subcuenca C13: tiene una superficie de 1,984 Km² y se corresponde con la intercuenca del Torrente de Manacor o Sa Cabana entre el final del núcleo urbano y la confluencia de éste con la obra de desvío.
- Subcuenca C15: tiene una superficie de 0,385 Km². No incorpora caudal, sólo compone los de las cuencas vertientes agua arriba y por tanto no se precisa ninguna incorporación de caudal en este tramo.

Se comprueba en las capas raster del estudio de referencia que el comportamiento de las cuencas en todas las confluencias pone de manifiesto la simultaneidad de los eventos de inundación del modelo hidrometeorológico, y por tanto, en todas ellas se puede adoptar la suma de caudales como representativa del comportamiento real, pues las diferencias están por debajo del límite del 20 % establecido (prácticamente se sitúan todas entorno al 10% para todos los periodos de retorno).

Atendiendo a las consideraciones anteriores, los caudales a introducir en el modelo hidráulico se corresponden con los de la siguiente tabla:

Cuenca	Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
			MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
C01	Torrente de Manacor	Desde el inicio hasta la confluencia con Afluente margen izquierda	0,6	2,9	6,4	9,3	17,5
C02	Afluente sin nombre margen izquierda	Desde el inicio hasta la confluencia con Torrente de Manacor	0,6	2,8	6,1	7,9	12,2
C03	Afluente sin nombre margen derecha	Desde el inicio hasta la confluencia con Torrente de Manacor	0,5	2,4	5,0	6,5	10,1
C05	Torrente de Manacor	Al comienzo del encauzamiento urbano	0,3	1,3	2,7	3,6	5,5
C06	Afluente sin nombre margen izquierda	En encauzamiento urbano, justo agua arriba de OF_MAN_16	1,7	3,5	5,6	6,8	9,3
C07	Afluente sin nombre margen izquierda	En la vaguada existente por la zona del polideportivo	4,6	9,4	15,0	18,0	24,6

Cuenca	Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
			MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
C08	Afluente sin nombre margen izquierda	En la vaguada existente agua abajo de la Ma-14, justo en su confluencia con la Ronda del Port	8,6	15,1	22,6	26,4	35,0
C09	Afluente sin nombre margen izquierda	En la vaguada existente agua abajo del Paseo de la Estación	1,1	2,3	3,6	4,3	5,9
C10	Afluente sin nombre margen derecha	En confluencia con Torrente de Manacor, justo agua arriba de OF_MAN_10	4,4	11,2	20,4	25,3	37,5
C11	Afluente sin nombre margen derecha	En confluencia con Torrente de Manacor, justo agua abajo de OF_MAN_10	2,3	5,9	10,7	13,3	19,7
C12	Afluente sin nombre margen derecha	En confluencia con obra de desvío (zona de vaguada del hipódromo)	7,5	19,4	35,3	43,8	64,9
C14	Torrente de Conilles	En su confluencia con la obra de desvío del Torrente de Manacor	7,7	28,8	59,2	74,8	117,8

Tabla 9.- Caudales adoptados en Manacor

4.10. Caudales en Porto Cristo

El tramo comprende tres cuencas que confluyen en diferentes puntos, siendo la del Torrente de Talaioles la mayor de todas ellas:

- Subcuenca del Torrente de Talaioles: 47,987 Km²
- Subcuenca del Torrente de Llebrona: 7,345 Km²
- Subcuenca del Reguero sin nombre: 2,279 Km²

Se comprueba en las capas raster del estudio de referencia que el comportamiento de las cuencas en todas las confluencias pone de manifiesto la no simultaneidad de los eventos de inundación del modelo hidrometeorológico, y por tanto, el caudal agua abajo de la confluencia no se puede introducir en el modelo como sumatorio, siendo necesario el empleo de hidrogramas de entrada en el principal y en los tributario, para tener en cuenta el diferente comportamiento de las cuencas que confluyen. El objetivo es conseguir un hidrograma de salida, aguas abajo de cada confluencia, donde la punta del hidrograma coincida sensiblemente con el valor de caudal máximo obtenido del estudio de referencia en ese punto.

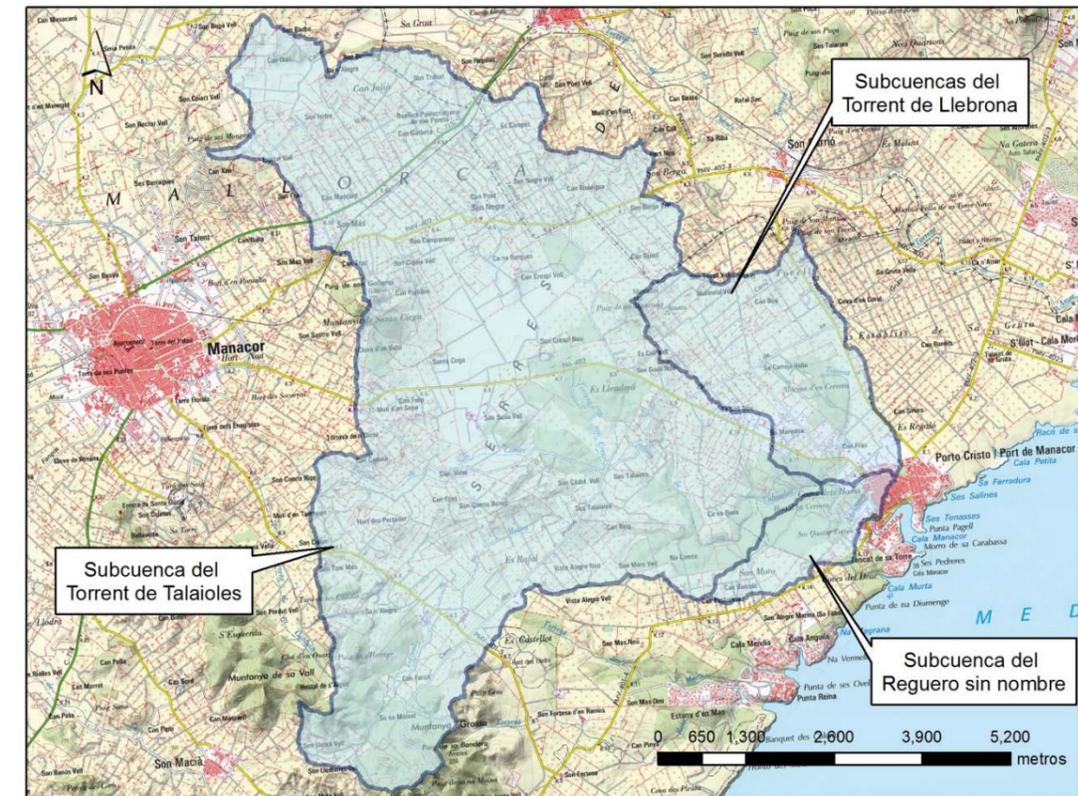


Figura 20.- Cuencas de aportación en Porto Cristo

Los valores de caudal punta adoptados en cada una de las subcuencas son los siguientes:

Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)				
		MCO 2,33 años	10 años	50 años	100 años	500 años
Torrent de Talaiole	Confluencia con Torrent de Llebrona	11,1	49,3	116,1	153,2	257,7
Torrent de Llebrona	Confluencia con Torrent de Talaiole	0,5	3,4	11,9	17,3	33,8
Reguero sin nombre	Confluencia con Torrent de Talaiole	1,5	2,4	3,9	5,0	8,4

Tabla 10.- Caudales adoptados en los tramos de Porto Cristo

Los hidrogramas unitarios calculados para cada una de las subcuencas se muestran en las siguientes figuras:

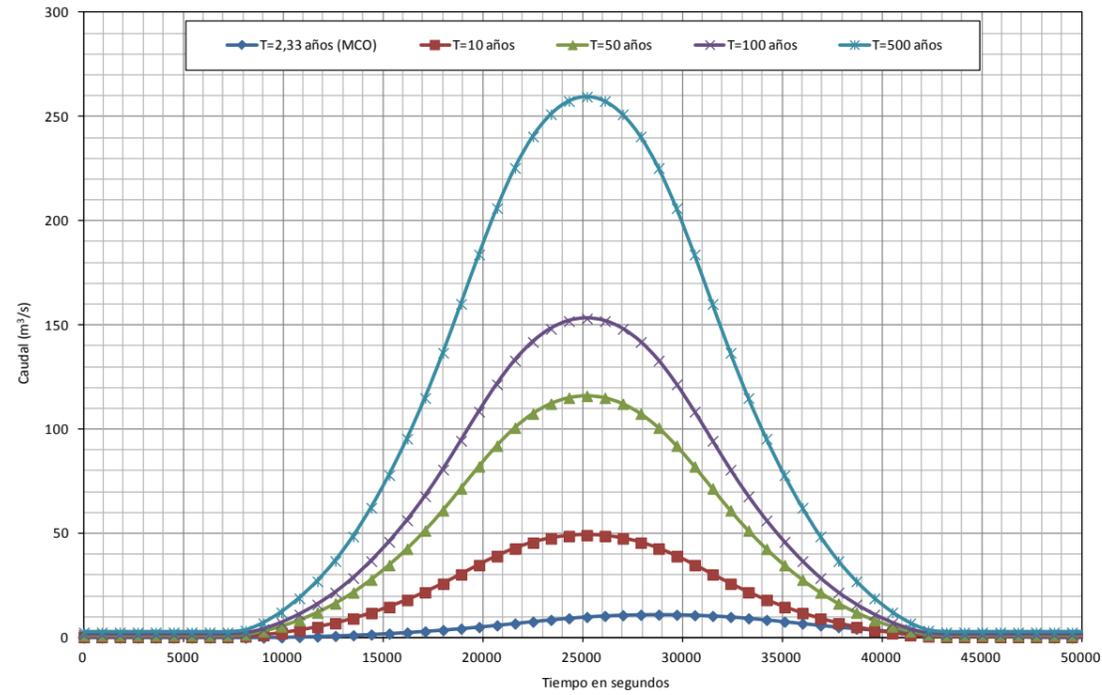


Figura 21.- Hidrogramas unitarios para la subcuenca del Torrente de Talaiotes (Porto Cristo)

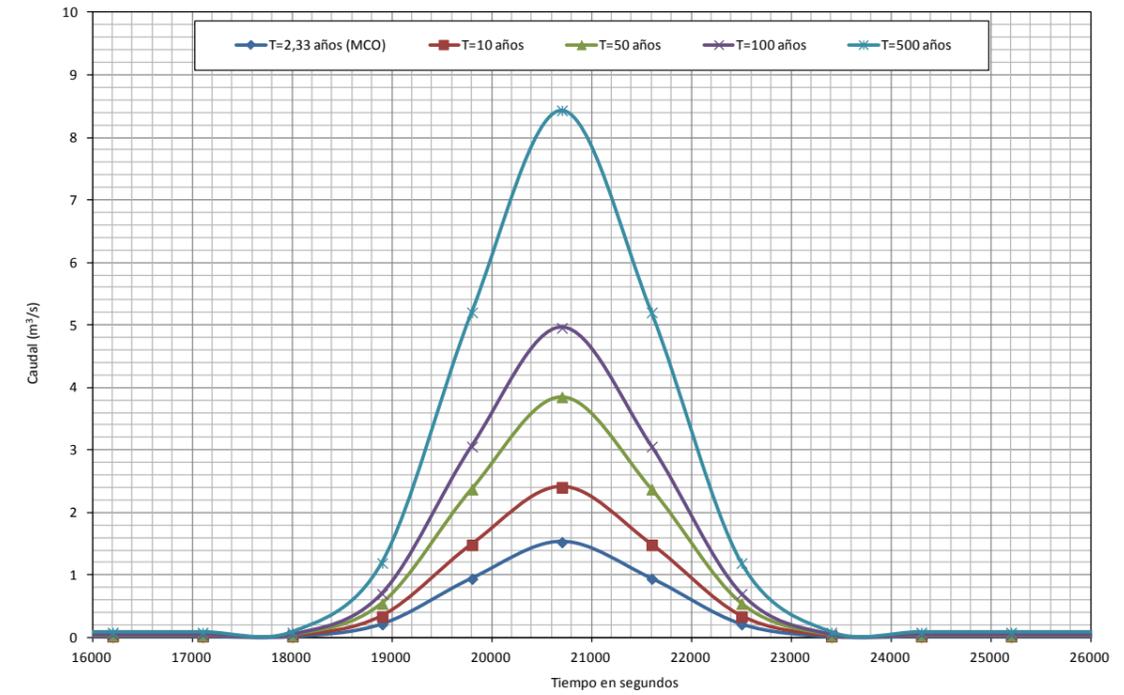


Figura 23.- Hidrogramas unitarios para la subcuenca del Reguero sin nombre (Porto Cristo)

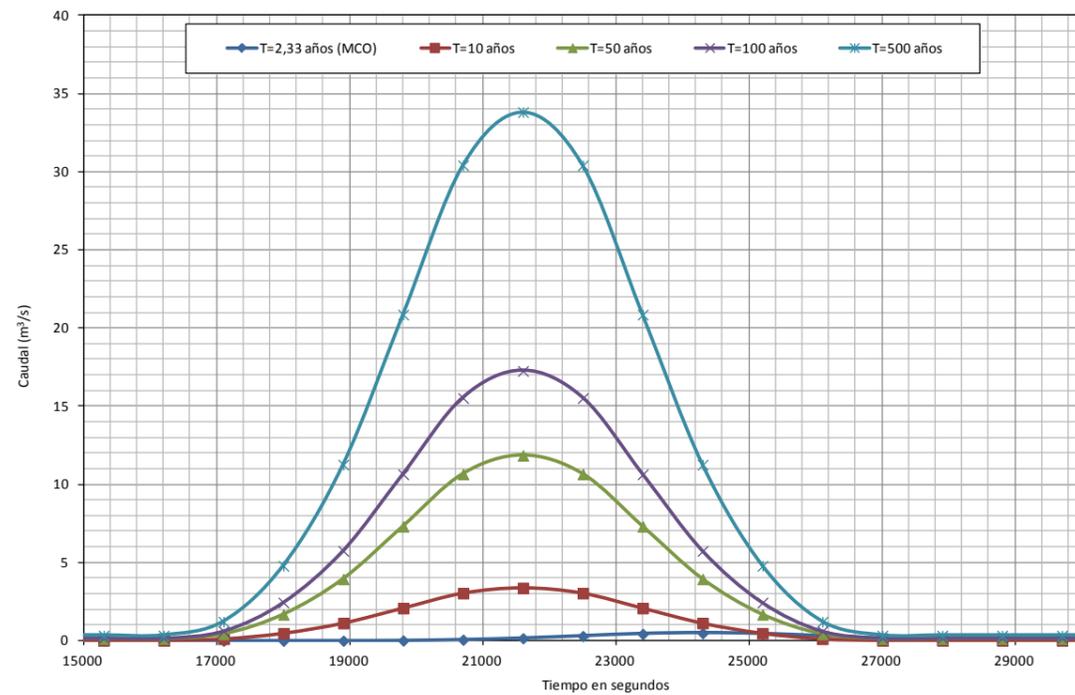


Figura 22.- Hidrogramas unitarios para la subcuenca del Torrente de Llebrona (Porto Cristo)

4.11. Caudales en S'Illot

El tramo comprende la mayor cuenca de aportación de las estudiadas y también los mayores caudales de avenida. Parte de la cuenca mismo se sitúa en el término municipal de Manacor y parte en el del Sant Llorenç des Cardassar (la mayor parte de la superficie), ejerciendo el eje del cauce de límite entre términos en gran parte de su trazado.

La superficie total de la cuenca en su desembocadura en el mar es de 78,829 Km² y en el tramo no es necesario incorporar ningún caudal intermedio porque no existen afluentes de entidad y los valores en los extremos cumplen los criterios establecidos.

En este caso los valores de caudal proceden del estudio realizado por la dirección General de Recursos Hídricos en el ámbito de los trabajos de *Elaboración de Cartografía De Mapas De Peligrosidad y de Riesgo de Inundación de Acuerdo con el Real Decreto 903/2010 Para La Demarcación Hidrográfica De Les Illes Balears* que emplea el mismo documento de referencia que se proponen en este documento:

Cauce	Descripción del tramo donde aplica el caudal	Caudal por periodo de retorno (m ³ /s)			
		MCO 2,33 años	10 años	100 años	500 años
Torrente de Ca n'Amer	Desde el inicio hasta la confluencia con el mar	20,1	86,6	280,7	488,5

Tabla 11.- Caudales adoptados en el tramo de S'Illot

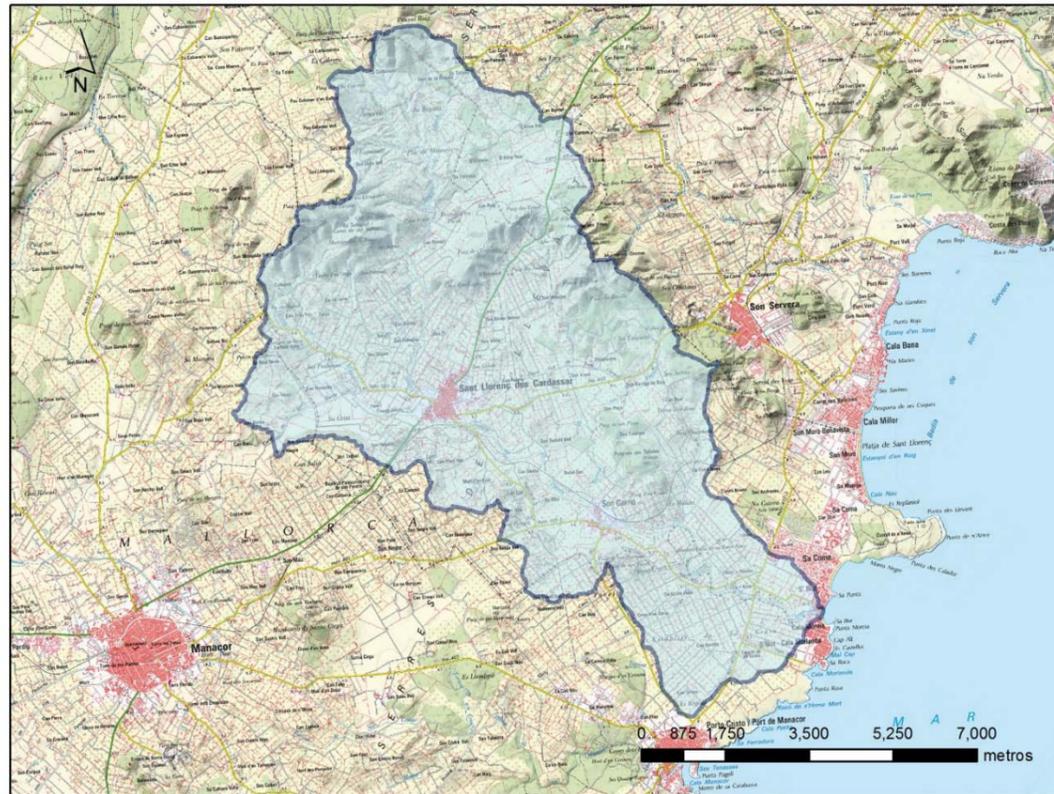


Figura 24.- Cuenca de aportación en S'Illot

5. ESTUDIO HIDRAULICO

Una vez caracterizada la geometría de los cauces y de las llanuras de inundación a través del MDT generado a partir de los datos LiDAR, apoyados por el estudio de fotografías aéreas y la comprobación en campo, y conocida la hidrología de las cuencas a analizar, el estudio hidráulico persigue la obtención de los niveles y la extensión de la zona inundable correspondientes tanto a la Máxima Crecida Ordinaria (aproximación al DPH) como a las diferentes avenidas para los períodos de retorno de análisis: 10, 50, 100 y 500 años.

En principio la determinación de niveles, calados y velocidades se circunscribe a una serie de tramos de río a estudiar. No obstante dentro del modelo hidráulico se analizará la necesidad de incorporación de tramos aguas arriba o abajo, que aún siendo de menor trascendencia de cara a la delimitación de zonas inundables, sí puedan originar perturbaciones significativas en el flujo en los tramos de interés. Estos tramos adicionales conforman la longitud de acomodación del modelo, que como mínimo será del orden de una vez el ancho de de llanura de inundación.

Se ha optado por la aplicación exclusiva de modelos bidimensionales, ya que se adaptan mejor a las particularidades de la cuenca, donde predominan los cauces con llanuras aluviales muy planas y zonas en las que se producen desbordamientos laterales en los que el campo de velocidades transversal al flujo principal es significativo. Estos modelos proporcionan además resultados más exactos desde el punto de vista de la distribución de velocidades, ya que ésta no se estima a partir de los valores en una sección, sino de manera distribuida.

Para el presente trabajo se ha utilizado el programa de cálculo hidráulico bidimensional *InfoWorks ICM* (versión 5.0.4), cuyas características principales se describen en los siguientes apartados, junto con los parámetros introducidos en el modelo y las hipótesis consideradas en cada caso.

5.1. Información de partida

La información de partida de cualquier modelo hidráulico debe incluir al menos los siguientes elementos:

- Datos de caudales punta o hidrogramas que resulten del estudio hidrológico.
- Información básica de caracterización física del cauce.
- Información sobre elementos localizados aguas abajo de la zona de estudio que ayude a definir las condiciones de contorno en el modelo hidráulico, como por ejemplo el nivel del mar, embalses en los que se conozca el nivel, azudes, zonas en las que se produzca el calado crítico, etc.

Tal y como se detalla en el tercer apartado del documento, en este trabajo, se ha contado con la siguiente información de partida para la confección del modelo hidráulico:

- El modelo digital del terreno (MDT) de cada tramo fluvial a estudiar, procedente del tratamiento de los datos LiDAR del PNOA 2014.
- Ortofotos actuales y fotografías aéreas históricas de la zona de estudio a la mejor

resolución posible.

- Croquis de las dimensiones y las cotas de los elementos o infraestructuras localizadas en la zona de estudio que pueden afectar a la inundabilidad, como puentes, motas, encauzamientos, azudes, etc.
- Información sobre elementos localizados aguas arriba y abajo del tramo de estudio que ayude a definir las condiciones de contorno o de borde de la simulación, como por ejemplo niveles de embalses, niveles de marea, azudes, puentes, etc.
- Información sobre usos del suelo para determinar las pérdidas de energía del agua.

5.2. Selección del modelo hidráulico

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

El flujo de un fluido isotrópico viene gobernado por las ecuaciones de Navier-Stokes, que se obtienen a partir de la aplicación a dicho fluido de las ecuaciones de conservación de la masa y de conservación de la cantidad de movimiento.

La integración vertical de las ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido sometido a la presión atmosférica y bajo las hipótesis de distribución hidrostática de presiones y pendiente de fondo reducida da lugar a las ecuaciones de Saint-Venant o ecuaciones del flujo en lámina libre.

Estas ecuaciones tienen carácter bidimensional, y la forma más común de escribirlas es en su forma no conservativa, dando lugar al sistema de ecuaciones formado por la ecuación de continuidad y las ecuaciones de cantidad de movimiento.

Los modelos de flujo bidimensional existentes actualmente en el mercado resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad (ecuaciones de Saint-Venant 2D o 2D Shallow Water Equations) y las principales diferencias entre los modelos disponibles giran sobre tres aspectos principales:

- El esquema de cálculo para resolver las ecuaciones de Saint-Venant en 2D:
 - Diferencias finitas.
 - Elementos finitos.
 - Volúmenes finitos.
- El tipo de malla utilizada:
 - Estructurada.
 - No estructurada.
- La posibilidad de acoplamiento con un modelo unidimensional.

Dentro de los métodos de resolución de las ecuaciones, destaca como más empleado hasta la fecha el método de diferencias finitas, sin embargo presenta problemas de estabilidad. Lo mismo ocurre con los modelos de elementos finitos cuando existen cambios de régimen. Por esta razón,

los modelos más recientes se están realizando en volúmenes finitos, que exigen un menor esfuerzo de cálculo y cuentan con mayor estabilidad.

Como herramienta para la modelización bidimensional, se ha seleccionado el modelo *InfoWorks ICM* (versión 5.0.4) desarrollado por *HR Wallingford* (Reino Unido), que integra la simulación unidimensional de redes de saneamiento con el flujo bidimensional en superficie de zonas urbanas, cauces y llanuras de inundación. Se trata de una potente herramienta para el análisis de riesgos de inundabilidad y para la valoración y control de vertidos en el medio receptor.

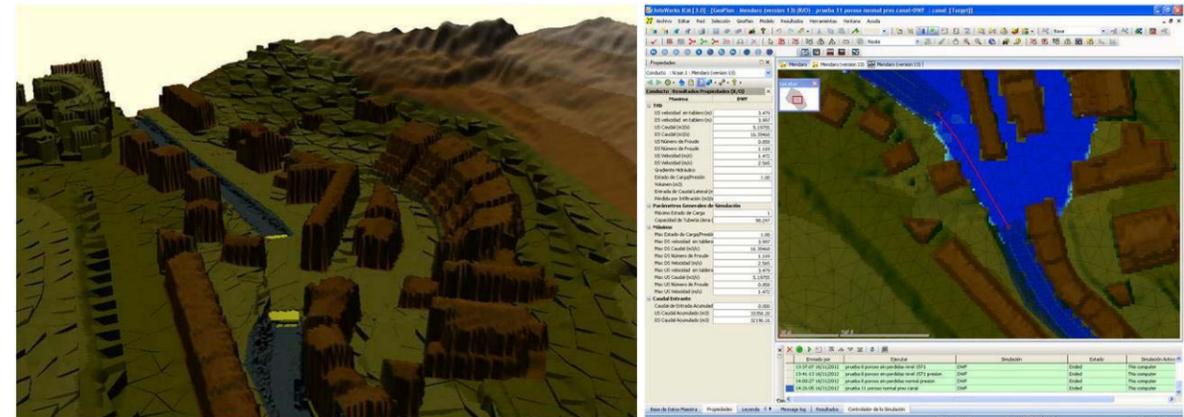


Figura 25.- Ejemplo de simulación de cobertura en carga y flujo en superficie con *InfoWorks ICM*

A diferencia de otros modelos bidimensionales, *InfoWorks ICM* ofrece la posibilidad de incorporar elementos unidimensionales dentro del cálculo permite la simulación de coberturas, incluso a presión, en combinación con el flujo en superficie, es decir, permite de manera rápida y sencilla, simular avenidas en zonas urbanas altamente antropizadas, así como valorar la aplicación de medidas estructurales que reduzcan el riesgo de inundación y mejoren la capacidad hidráulica de desagüe del río de una forma eficiente.

Una de las principales ventajas de *InfoWorks ICM* respecto de sus competidores es el algoritmo de mallado propio que incorpora el programa. Una vez definido por zonas el tamaño mínimo y máximo de los elementos triangulares que definirán el terreno, incorporadas las líneas de rotura que identifican, por ejemplo, los taludes del cauce o los terraplenes de infraestructuras, y establecidas las áreas exentas de cálculo como las edificaciones, el programa construye de manera automática la malla que mejor compatibiliza el coste computacional con la precisión en el cálculo y la representación de la geometría del terreno.

Otra de las grandes ventajas que presenta *InfoWorks ICM* es que una vez ejecutada la simulación, el acceso a los resultados hidrodinámicos es sencillo y su interfaz permite obtener:

- Planta de calados y velocidades vectoriales.
- Gráficas de evolución puntual de variables hidráulicas a lo largo del periodo de simulación.
- Integración de resultados sobre una línea definida por el usuario, por ejemplo, flujo a través de una sección.

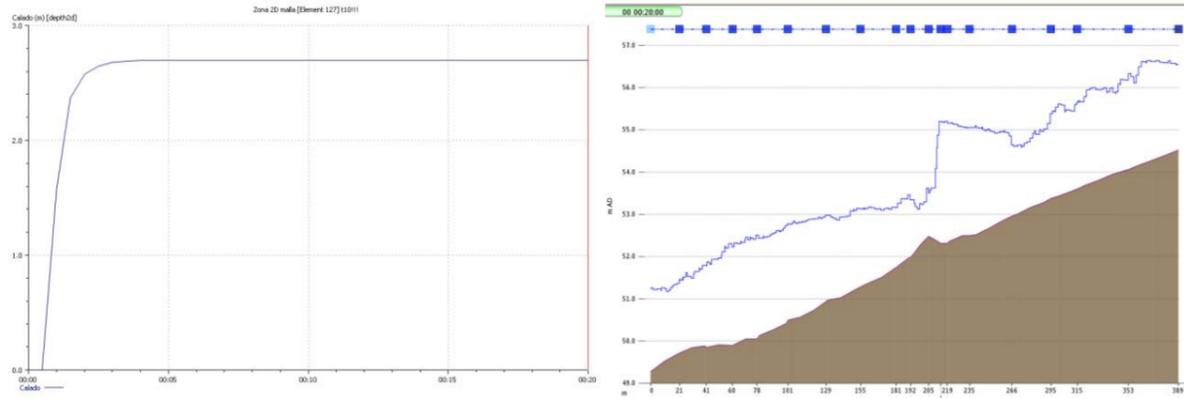


Figura 26.- Ejemplo de resultados gráficos de una simulación con *InfoWorks ICM*

Las características principales de este modelo y la forma en que resuelve las ecuaciones son las que se describen a continuación:

- Discretización espacial: Malla no estructurada triangular.
- Posibilidad de confeccionar modelos 1D, 2D o acoplamiento 1D-2D.
- Integración de las ecuaciones de Saint-Venant mediante volúmenes finitos asumiendo:
 - Flujo predominantemente horizontal.
 - Variación vertical de la velocidad despreciable.

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

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

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

Figura 27.- Esquema de ecuaciones 2D resueltas por *InfoWorks ICM*

- El proceso de integración es un proceso iterativo que parte de una situación inicial (n) de partida.
- Se integra para la situación n+1, a lo largo de toda la geometría.
- Se comprueba que la precisión alcanzada es suficiente.
- En caso contrario, se itera incluso variando el Δt .

- Si la precisión es suficiente, se inicia un nuevo proceso iterativo para el siguiente momento temporal.

La estabilidad numérica del modelo depende entre otros de los siguientes factores:

- Situación inicial.
- Δt .
- Gradientes de velocidad, calado y caudal.

InfoWorks almacena todos los datos hidráulicos del modelo en una base de datos maestra. Como datos de entrada, esta base requiere al menos de los siguientes:

- Modelo digital del terreno (MDT) en alguno de los siguientes formatos:
 - TIN (Triangulated Irregular Network o Red Irregular de Triángulos).
 - GRID (Red regular tipo rejilla).
- Definición de la zona de mallado sobre el MDT anterior (contorno 2D).
- Condiciones de contorno a la entrada y a la salida.
- Archivo de caudales a simular.
- Archivo de simulación con los parámetros temporales.

El listado anterior constituye una condición de mínimos que se puede ampliar opcionalmente con alguno de los siguientes elementos, si el modelo lo precisa:

- Condición inicial del contorno de simulación.
- Puentes (se pueden modelizar como elementos unidimensionales conectados a la malla 2D o como elementos 2D puros).
- Infraestructuras (azudes, compuertas, etc.).
- Zonas de mallado específicas que precisen un mayor o menor detalle.
- Zonas de rugosidad.
- Integración de redes de saneamiento y calidad de aguas.
- Etc.

Los parámetros concretos introducidos en los tramos de estudio se detallan en los siguientes apartados.

5.3. Estimación de las pérdidas de carga

Siguiendo las recomendaciones de la *Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Zonas Inundables* (en adelante Guía Metodológica), editada en el año 2011 por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, para la estimación de las pérdidas de carga por fricción se siguen dos procedimientos diferenciados con aplicación en dos zonas también diferenciadas del medio fluvial: el cauce y la llanura de inundación.

La rugosidad en la llanura de inundación depende fundamentalmente de los usos del suelo en la llanura de inundación. Existen numerosos estudios que estiman el coeficiente de rugosidad en función de la actividad desarrollada sobre la zona inundable y estas estimaciones están referidas normalmente al número de Manning y, por lo general, toman valores que pueden variar dentro de unos rangos.

Como información de partida sobre los usos del suelo, se ha empleado el SIOSE aplicando la siguiente equivalencia a las coberturas simples que permite ponderar en cada polígono el resultado final en caso de ser éste compuesto:

Cobertura simple	Etiqueta	Manning adoptado
Arroz	CHA	0,040
Cultivos herbáceos distintos de arroz	CHL	0,040
Cítricos	LFC	0,060
Frutales no cítricos	LFN	0,060
Viñedo	LVI	0,050
Olivar	LOL	0,060
Otros cultivos leñosos	LOC	0,040
Prados	PRD	0,045
Pastizales	PST	0,045
Perennifolias	FDP	0,070
Caducifolias	FDC	0,070
Coníferas	CNF	0,070
Matorral	MTR	0,060
Playas, dunas y arenales	PDA	0,025
Ramblas	RMB	0,035
Roquedo	RQD	0,025
Acantilados marinos	ACM	0,025
Afloramientos rocosos y roquedos	ARR	0,035
Coladas lávicas cuaternarias	CLC	0,030
Canchales	CCH	0,035
Suelo desnudo	SDN	0,025
Zonas quemadas	ZQM	0,040
Glaciares y nieves permanentes	GNP	0,025
Edificación	EDF	0,04 para modelización con edificios y 0,12 para modelización sin edificios
Zona verde artificial y arbolado urbano	ZAU	0,090
Lámina de agua artificial	LAA	0,015
Vial, aparcamiento, zona peatonal sin vegetación	VAP	0,040
Suelo no edificado	SNE	0,040
Otras construcciones	OCT	0,040
Zonas de extracción o vertido	ZEV	0,040
Zonas pantanosas	HPA	0,040

Cobertura simple	Etiqueta	Manning adoptado
Turberas	HTU	0,040
Salinas continentales	HSA	0,040
Marismas	HMA	0,040
Salinas marinas	HSM	0,040
Cursos de agua	ACU	0,040
Lagos y lagunas	ALG	0,025
Embalses	AEM	0,025
Lagunas costeras	ALC	0,030
Estuarios	AES	0,030
Mares y océanos	AMO	0,025

Tabla 12.- Valores de Manning asignados a las coberturas del SIOSE

En la zona del cauce, para la obtención de unos valores lo más aproximados a la realidad, a partir de los datos recopilados en las visitas de campo y de información gráfica disponible, se caracterizarán los distintos tramos a partir de su naturaleza y propiedades morfológicas. En concreto, se ha utilizado la clasificación de tramos fluviales propuesta por Cowan, que permite, mediante una sencilla formulación, obtener el número de rugosidad de Manning. De esta forma:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m_5$$

donde:

- n_0 depende del material que conforma el lecho.
- n_1 depende del grado de irregularidad del lecho.
- n_2 depende del tipo de variación de la sección transversal.
- n_3 depende del efecto relativo de obstrucciones.
- n_4 depende de tipo de vegetación existente.
- m_5 es función de la cantidad de meandros.

Material	n_0
Hormigón/Asfalto	0,015
Tierra	0,020
Roca cortada	0,025
Grava fina	0,024
Grava gruesa	0,028
Grado de irregularidad	n_1
Bajo	0,000
Menor	0,005
Medio	0,007
Moderado	0,010
Alto	0,020

Variaciones de sección transversal	n_2
Gradual	0,000
Ocasionalmente alternante	0,005
Frecuentemente alternante	0,010
Muy frecuentemente alternante	0,015
Efecto de las obstrucciones	n_3
Pequeño <5%	0,000
Menor 5-10%	0,010
Menor 10-15%	0,015
Apreciable 15-25%	0,020
Apreciable 25-40%	0,025
Apreciable 40-50%	0,030
Alto 50-75%	0,050
Alto >75%	0,060
Vegetación	n_4
Nula	0,000
Baja	0,008
Media	0,017
Alta	0,034
Muy alta	0,075
Cantidad de meandros	m_5
Menor 2	1,000
Apreciable	1,150
Alta 2	1,300

Tabla 13.- Valores de los parámetros de la formulación de Cowan

En el caso de modelos bidimensionales, los valores de n_2 y m_5 adoptan siempre un valor de 0 y 1 respectivamente, por lo que finalmente resultan los siguientes valores en cada uno de los tramos:

Zona de estudio	Manning adoptado
Porto Cristo	0,037
Cala Anguila (tramo superior)	0,033
Cala Anguila (tramo inferior)	0,042
Cala Mendia	0,037
Estany d'en Mas	0,042
Cala Antena	0,042
Cala Murada	0,042
Cala Domingos	0,042
S'Illot (cauce natural)	0,028
S'Illot (tramo encauzado)	0,015
Manacor (cauce natural)	0,033
Manacor (tramos encauzados)	0,015
Manacor (obra de desvío)	0,025

Tabla 14.- Valores de Manning adoptados en el cauce

Una vez definidos los coeficientes de rugosidad del cauce y de las llanuras de inundación, se integran en una única capa *shape* que sirve directamente como dato de entrada para el modelo hidráulico. Los *shape* empleados en cada uno de los modelos se adjuntan en el Anejo 3 y a continuación se muestra un ejemplo



Figura 28.- Distribución espacial del coeficiente de rugosidad de Manning aplicado en el modelo hidráulico de S'Illot

5.4. Consideraciones sobre el modelo bidimensional

La metodología general que se sigue a la hora de crear un modelo bidimensional en *InfoWorks ICM* se puede sintetizar con el siguiente esquema de trabajo:

- Crear las carpetas de trabajo y carpetas de resultados cuya ruta se indica como configuración del *workspace*.
- Generar la base de datos maestra que contendrá la información de trabajo y los resultados. Este fichero puede ser intercambiado con otros usuarios o archivado y contiene todos los datos asociados a la simulación.
- El MDT se importa a dicha base de datos en formato ASCII con separación decimal de puntos.

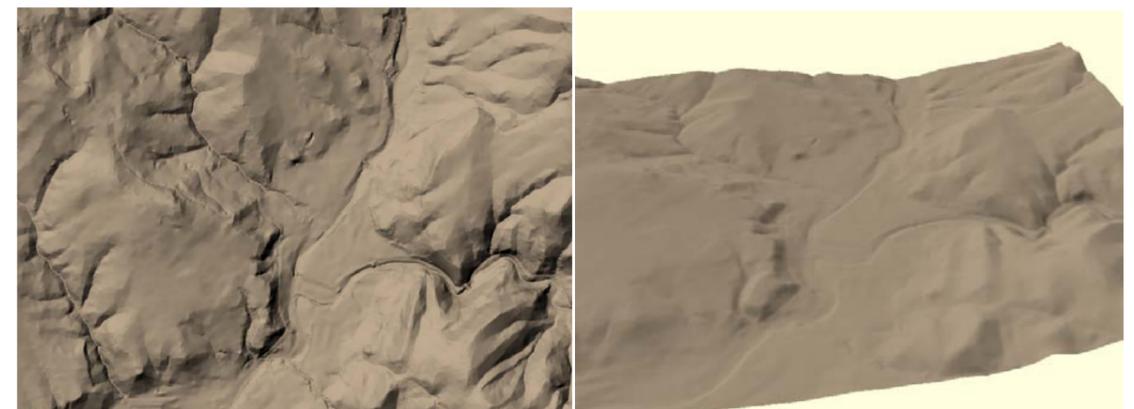


Figura 29.- Ejemplos de visualización del MDT en 2D y 3D que ofrece *InfoWorks ICM*

- Definición de la zona 2D donde se realizarán los cálculos hidrodinámicos bidimensionales. Esta zona se crea directamente en la interfaz del programa mediante la definición manual de un polígono o bien se importa desde un CAD o shape entre otros formatos disponibles. Los parámetros de discretización de la malla se definen en esta capa, adoptándose para todos los modelos un tamaño mínimo de 1 metro y máximo de 4 metros y aplicando la opción de mallado sensible al terreno² con máxima variación de altura de 0,1 metros.
- La distribución de rugosidades generada con el procedimiento descrito anteriormente a partir de los datos del SIOSE se importa en formato shape. Este archivo debe coincidir exactamente (es recomendable la aplicación de reglas topológicas) con la extensión de la zona 2D anterior, o bien cubrir un área mayor que dicho polígono.
- Se incorporan a la red del modelo las líneas de rotura (elemento tipo “línea general”) teniendo en cuenta la morfología del terreno y prestando especial atención a:
 - El pie de talud y la coronación en el cauce principal.
 - Los escarpes en las llanuras de inundación.
 - Los terraplenes de infraestructuras lineales.
 - Muros de encauzamiento.
- Antes de ejecutar el proceso de mallado, se incorporan las estructuras. Para crear una estructura tipo puente dentro del mallado 2D se deben definir dos elementos:
 - Tablero del puente: (Estructura Base Lineal 2D - Base Linear Structure 2D).
 - Vanos del puente: (Estructura Lineal de Puente 2D - Bridge Linear Structure 2D), en el que la forma del vano se puede definir con tantos puntos como se desee.

- Se definen las líneas (o nodos en su caso) sobre las que se introducen las condiciones de entrada y salida del tramo analizado. La condición de entrada aplicada en todos los casos es una línea donde se introducen los datos de caudal correspondientes, mientras que la de salida es siempre la opción de *Normal Depth* o condición de calado normal (este calado se calcula considerando que la pendiente final del tramo se prolonga indefinidamente).
- En los tramos que confluyen en el mar, se impone además una condición de marea y oleaje en la modelización. Estos datos proceden del estudio realizado por el CEDEX en el marco de los trabajos de desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables, según el cual para la zona de estudio resultaría un valor pésimo de 0,62 metros que se aplica únicamente para las avenidas de alto periodo de retorno (50, 100 y 500 años), fijando el nivel 0 del mar en el resto de casos. Se ha realizado un pequeño análisis de sensibilidad del modelo a este parámetro que determina que la influencia es escasa, aún así se han adoptado los valores mencionados en consonancia con las recomendaciones de la Guía.
- Finalmente se ejecuta el mallado del modelo con la opción de mallado sensible y los parámetros de discretización mencionados anteriormente, resultando el siguiente número total de elementos triangulares de malla en cada zona de estudio:

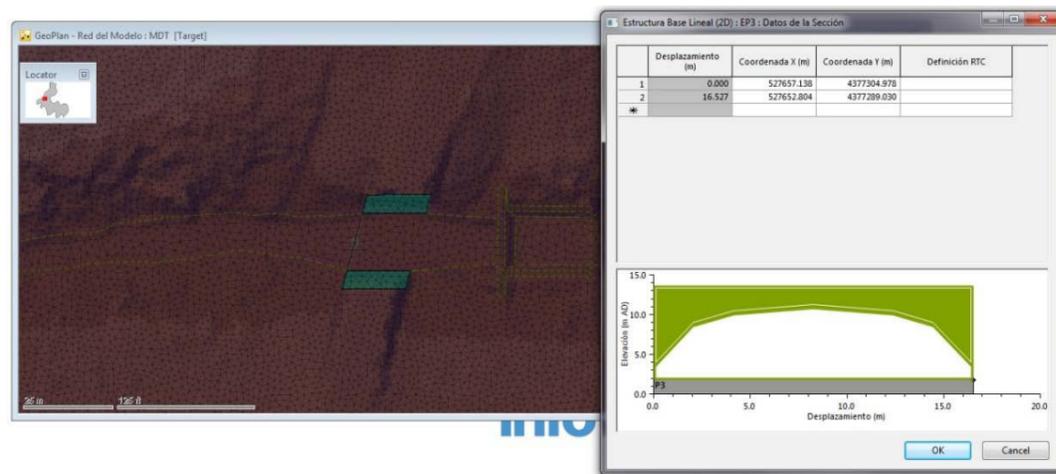


Figura 30.- Ejemplo de introducción de puentes en InfoWorks ICM (zona de Porto Cristo)

Zona de estudio	Nº de elementos de la malla
Cala Anguila	215.670
Cala Antena	225.764
Cala Domingos	589.834
Cala Mendia	1.058.276
Cala Murada	476.081
Estany d'en Mas	581.113
Manacor	2.019.225
Porto Cristo	821.917
S'Illot	577.346

Tabla 15.- Número de elementos de las mallas bidimensionales

- Con la geometría del modelo completamente definida, ya se pueden introducir los datos de caudal en las condiciones de entrada al modelo, definir los parámetros temporales de la simulación (paso temporal, tiempo de simulación, etc.) y los archivos que la conforman (red del modelo, archivos de caudal o de condiciones iniciales, etc.) y ejecutar el modelo para proceder al análisis de sensibilidad y calibración previos a la validación del mismo.

² El algoritmo de mallado de InfoWorks ICM permite definir un error cordal y un ángulo mínimo objetivo. Igualmente el algoritmo de triangulación se apoya en las líneas de rotura. Se entiende por error cordal, la máxima altura admisible en los vértices de un elemento.

5.5. Generación de resultados y zonificación de la inundabilidad

Los resultados de la modelización se pueden exportar a un shape que básicamente contiene la geometría de los triángulos de la malla, indicando en cada uno de ellos el resultado correspondiente a diversos parámetros entre los que se trabajó con el de cota de la lámina de agua, calado y velocidad (en este caso sólo para 100 años, pues es el único caso que se precisa el paso posterior de definición de la vía de intenso desagüe).

Mediante la aplicación de herramientas SIG de desarrollo propio, los datos del shape anterior se procesan junto con el MDT procedente del LiDAR para generar las diferentes capas de inundación correspondientes a las avenidas modelizadas. Los productos obtenidos finalmente mediante este proceso son capas poligonales con la extensión de la mancha, capas raster donde se puede consultar en cada pixel el valor del calado y velocidad asociado. Los periodos de retorno representados comprenden las zonas inundables asociadas a 10, 100 y 500 años de periodo de retorno, correspondientes a una probabilidad alta, media y baja de ocurrencia. Adicionalmente se ha estimado la zona inundable para 50 años de periodo de retorno, de manera que se puedan contrastar los resultados con la Clasificación de Zonas Inundables según la Directriz Básica de Protección Civil del plan autonómico.

Antes de validar las zonas inundables procedentes de la modelización hidrológico-hidráulica, se ha efectuado un contraste con los resultados del análisis histórico-geomorfológico en busca de discrepancias importantes, procediendo a su revisión en caso necesario.

Toda esta información se adjunta en formato digital en el Anejo 2 y ha servido para la elaboración de una colección de planos que se incluye en el mismo anejo. Los planos de velocidad que exige el actual Plan Hidrológico de las Islas Baleares en su Anejo 7, se presentan en formato digital en el Anejo 4, dado que su utilidad a efectos de consulta se estima menos relevante que los calados.

A modo de ejemplo, se presentan a continuación los resultados generados en el comienzo de la obra de desvío del torrente en Manacor para la avenida de 100 años de periodo de retorno.



Figura 31.- Resultados de la modelización en el entorno del comienzo de la obra de desvío del torrente de Manacor para la avenida de 100 años de periodo de retorno. De izquierda a derecha: mancha de inundación, raster de calados y raster de velocidad

5.6. Delimitación del Dominio Público Hidráulico

El artículo 4 del texto refundido de la Ley de Aguas define cauce como:

“Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias”

En el artículo 4 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (DPH) se complementa la definición de cauce y se define la Máxima Crecida Ordinaria (MCO) de la forma:

“1. Álveo o cauce natural de una corriente continua o discontinua es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias (artículo 4 del texto Refundido de la Ley de Aguas). La determinación de este terreno se realizará atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles.

2. Se considerará como caudal de la máxima crecida ordinaria la media de los máximos caudales anuales, en su régimen natural producidos durante diez años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente y que tengan en cuenta lo establecido en el apartado 1.”

En consecuencia, la modificación del Reglamento del DPH según Real Decreto 9/2008 establece como elementos importantes a considerar en la delimitación del cauce las características históricas, geomorfológicas y ecológicas, que deben complementar a la estimación tradicional hidrológico-hidráulica.

De hecho, la delimitación del DPH Probable mediante un criterio hidrológico-hidráulico debe servir únicamente como herramienta de apoyo a la delimitación más precisa basada en el análisis histórico y geomorfológico. No se debe esperar, por tanto, un buen ajuste entre los resultados obtenidos por ambos estudios, sobre todo en tramos con un alto grado antropogénico.

Atendiendo a lo anterior, el procedimiento para la delimitación del Dominio Público Hidráulico estimado en cada una de las zonas de estudio ha seguido los siguientes pasos:

- Delimitación de la zona inundable asociada a la Máxima Crecida Ordinaria, que en todos los tramos se ha asociado a un periodo de retorno de 2,33 años.
- Delimitación de la zona inundable asociada al Dominio Público Hidráulico geomorfológico apoyándose en las evidencias reconocidas en campo y en datos históricos de avenidas cuando estén disponibles y se puedan contrastar. En este paso, resulta también fundamental la consulta de la foto del vuelo americano de 1956, que permite realizar un análisis temporal más amplio que el derivado del recorrido de campo.
- Integración final de resultados para la estimación final del Dominio Público Hidráulico. Para facilitar la toma de decisiones sobre qué zonas identificadas en el análisis histórico-geomorfológico deben formar parte del DPH, se determinará en caso necesario mediante el modelo hidráulico el caudal o rango de caudales que inundan la zona delimitada como DPHPa, DPHPb y DPHPc, y se obtendrá el periodo de retorno asociado. Además, el DPHP

hidráulico permitirá dar continuidad a los límites del DPH final estimado en las zonas en las que la geomorfología esté poco clara.

En prácticamente todos los tramos de estudio se constata a partir de los datos del reconocimiento de campo y del análisis de las fotos y ortofotos históricas que la dinámica fluvial poco marcada y escasa.

Sin embargo, dada la nula regulación de los tramos analizados, las crecidas siguen desarrollándose en toda su magnitud y además la mayoría de las cuencas presentan una hidrología muy irregular, con caudales habitualmente escasos, pero con avenidas habituales de consecuencias catastróficas.

El resultado es la falta de relación entre la definición del cauce con criterios hidrológico-hidráulicos y con criterios geomorfológicos.

Así, la mancha de inundación correspondiente a la MCO ocupa zonas históricamente cultivadas en las que no existe ningún indicio geomorfológico y que presenta en ocasiones un aterrazamiento que escalona y ensancha la zona de circulación del flujo. Esto implica considerar como DPH estimado una gran superficie de huerta altamente productiva y con unos usos históricos, con el impacto social que esto supone.

El problema en los tramos urbanos se podría describir de forma análoga, pues la presión de las edificaciones sobre el cauce lo acaban constriñendo a un encauzamiento artificial, en muchos casos con escasa capacidad de desagüe.

Para evitar estos extremos, se ha intentado dar más peso al criterio geomorfológico actual, especialmente en los tramos netamente urbanos donde la presión antrópica es más alta, ciñendo la línea del DPH a los encauzamientos consolidados.

De esta forma se minimizan los conflictos relacionados con la propiedad de los terrenos, pero el Organismo de Cuenca conserva su capacidad de gestión mediante la figura de la Zona de Flujo Preferente que se verá en el siguiente apartado y las implicaciones legales que se le asignan en la modificación del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, del 11 de enero de 2008, dado que ésta no es posible circunscribirla dentro de los límites del encauzamiento en la mayor parte de los casos.

La Delimitación del Dominio Público Hidráulico abordada en el marco de este trabajo es una aproximación cartográfica o probable que deberá ser aprobada por la Administración Hidráulica correspondiente y así se indica de forma expresa en la colección de planos del Anejo 2, concretamente en los planos Nº 1 y Nº 2 de cada una de las zonas de estudio.

Una vez delimitado el DPH definitivo siguiendo las consideraciones anteriores, el Reglamento identifica tres franjas laterales de interés desde el punto de vista de la ordenación hidráulica de las márgenes. Se trata de:

- **Zona de servidumbre:** es la franja situada lindante con el cauce, dentro de la zona de policía, con ancho de cinco metros, que se reserva para usos de vigilancia, pesca y salvamento.
- **Zona de policía:** es la constituida por una franja lateral de cien metros de anchura a cada lado, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en las que se condiciona el uso del

suelo y las actividades que en él se desarrollen. Su tamaño se puede ampliar a criterio de la Administración Hidráulica hasta recoger la zona de flujo preferente, quedando delimitado su límite exterior mediante la envolvente de ambas zonas.

- **Zona inundable:** es la delimitada por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años. En estas zonas no se prejuzga el carácter público o privado de los terrenos, y las autoridades Hidráulicas podrán establecer limitaciones en el uso, para garantizar la seguridad de personas y bienes.

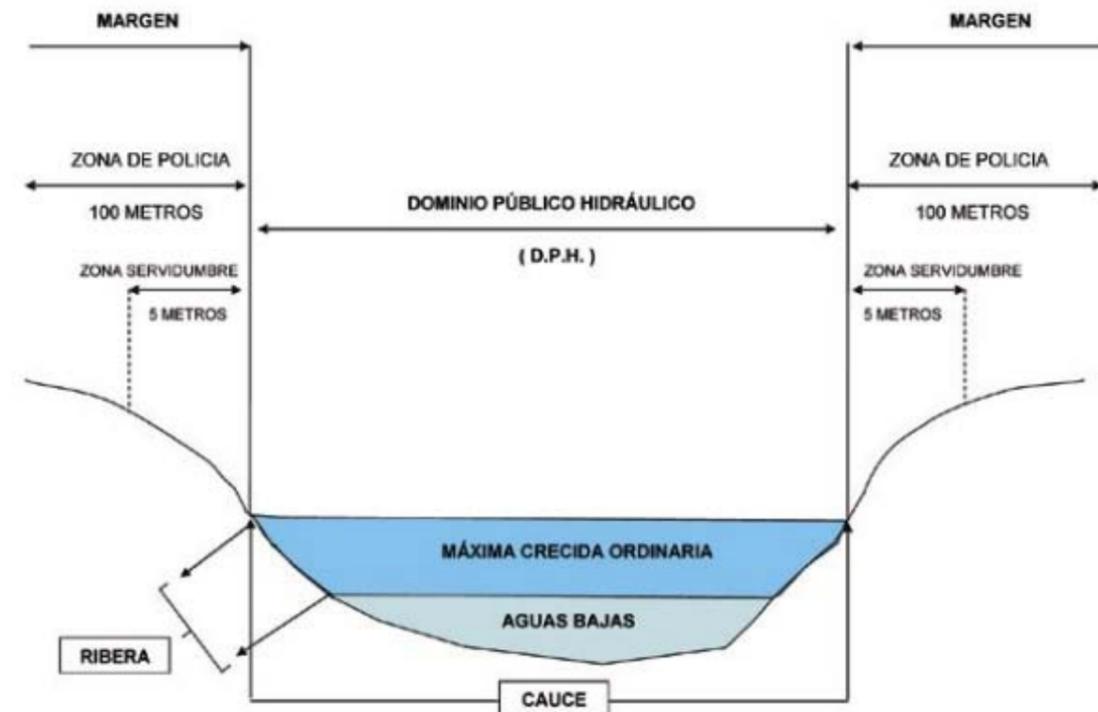


Figura 32.- Zonificación del Dominio Público Hidráulico y sus márgenes

5.7. Delimitación de la Zona de Flujo Preferente

El Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, introduce en su artículo 9.2 el concepto de Zona de Flujo Preferente que quedaría englobada en la zona de policía y en la que

“sólo podrán ser autorizadas por el organismo de cuenca aquellas actividades no vulnerables frente a las avenidas y que no supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de dicha vía”

Para su definición, se debe tener en cuenta lo siguiente:

“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 envolvente de ambas zonas".

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

Que el calado sea superior a 1 m.

Que la velocidad sea superior a 1 m/s.

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

Se entiende por Vía de Intenso Desagüe la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0,3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La sobreelevación anterior podrá, a criterio del organismo de cuenca, reducirse hasta 0,1 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios o aumentarse hasta 0,5 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos."

La delimitación gráfica de la zona de riesgo graves daños (ZGD o ZIP, que responde a Zona de Inundación Peligrosa) para T=100 años es clara, ya que engloba el área con calados mayores que 1 m (esta suele ser casi siempre la condición más restrictiva), velocidades mayores que 1 m/s o el producto de calado por velocidad mayor que 0,5 m²/s.

Para su determinación en el caso de modelos bidimensionales, se emplean las coberturas de calados y velocidades que proporciona el modelo para obtener la Zona de Graves Daños o Zona de Inundación Peligrosa directamente.

La Vía de Intenso Desagüe se calcula con ayuda de la avenida de período de retorno de 100 años, de forma que si una determinada sección se viese reducida a la zona marcada por ella, el tránsito de la avenida de 100 años provocaría una sobreelevación de 0,30 m respecto al nivel original calculado con la sección completa.

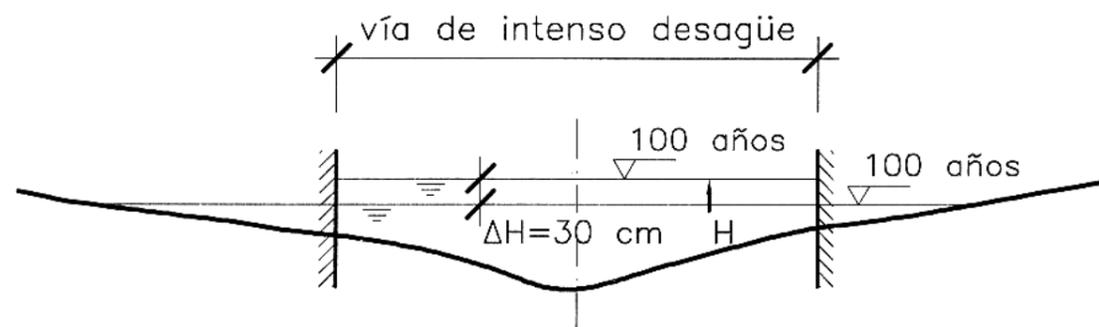


Figura 33.- Criterio para la delimitación de la VID

Sin embargo y como regla general, no es posible conseguir en todo el tramo de estudio que la sobreelevación inducida en cada una de las secciones sea igual a 0,3 metros, ya que las propias particularidades del flujo, en ocasiones condicionado por diversos factores que es necesario compatibilizar, así lo impiden. De esta forma, una sobreelevación de 0,3 metros en una determinada sección del río puede originar aumentos superiores de la cota de lámina en las secciones situadas aguas arriba, sobre todo en el entorno de las estructuras. En estos puntos, es preferible aumentar la VID para no penalizar así al resto del tramo.

Tal y como se establece en la *Guía Metodológica para el desarrollo del SNCZI*, lo deseable es que VID y ZIP coincidan en su ubicación lo máximo posible. En el caso de modelos 2D, la Guía recomienda ubicar inicialmente la VID en la ZIP y verificar la sobreelevación provocada. Si esta es inferior a 0,30 metros en todo el tramo, la ZFP se hará coincidir con la ZIP. De no ser así, se procederá a ampliar la VID hasta conseguir reducir la sobreelevación mediante un proceso iterativo en la mayor parte de los casos

Operando de esta forma se asegura, en general, que la Vía de Intenso Desagüe quede englobada en la Zona de Graves Daños en la mayor parte de los tramos. Por otro lado, la condición limitante podrá modificarse en determinados tramos, incrementándose a 0,50 m en zona rural o reduciéndose a 0,1 m en zona urbana si así lo determina la Dirección de los Trabajos. Además se comprobará que el aumento de la velocidad de la corriente inducido no sea superior al 10%.

La envolvente de la ZIP y la VID obtenidas según la metodología expuesta dará lugar a la delimitación de la Zona de Flujo Preferente por criterios hidrológico-hidráulicos. Esta definición deberá contrastarse con los resultados del análisis histórico-geomorfológico y ajustarse en caso necesario.

En general estos ajustes pueden clasificarse en:

- Modificación del perímetro de la ZFP para que coincida con escarpes (naturales o artificiales) cercanos al borde de la ZFP definida con criterios hidráulicos. Este ajuste corrige las imprecisiones del modelo LIDAR, así como los errores derivados de la interpolación de los resultados.
- Ampliación de la ZFP en zonas en las que se detecten artefactos positivos en el LIDAR. Se entiende por «artefacto positivo» un sector del LIDAR con cotas superiores a las reales. Este error reduce la extensión de las superficies inundables calculadas por el modelo hidráulico. Un caso habitual de artefacto positivo se produce en zonas con una densa cubierta forestal, en las que el modelo considera la cota del follaje, en lugar de la cota del terreno.
- Reducción de la ZFP en zonas en las que se detecten artefactos negativos en el LIDAR. Se entiende por «artefacto negativo» un sector del LIDAR con cotas inferiores a las reales. Este error incrementa artificialmente la extensión de las superficies inundables calculadas por el modelo hidráulico. Un caso habitual de artefacto negativo se produce en edificaciones cercanas al cauce en las que la corrección hidrológica del LIDAR ha rebajado la cota por debajo de la superficie del terreno.
- Extensión de la ZFP en sectores con evidencias de una dinámica geomorfológica activa, en particular en tramos con posibilidad de migración lateral del cauce. Para la ejecución de

este tipo de ajuste se tiene en cuenta la existencia de antiguos meandros que puedan tener una dinámica activa durante avenidas.

Entre los resultados en formato digital que se incluyen en el Anejo 2, se entregan las capas correspondientes a la VID, ZIP, ZFP (todas ellas de tipo poligonal) y los raster de comprobación de la VID tanto en calados como en velocidad mediante las cuales que se justifican los resultados obtenidos.

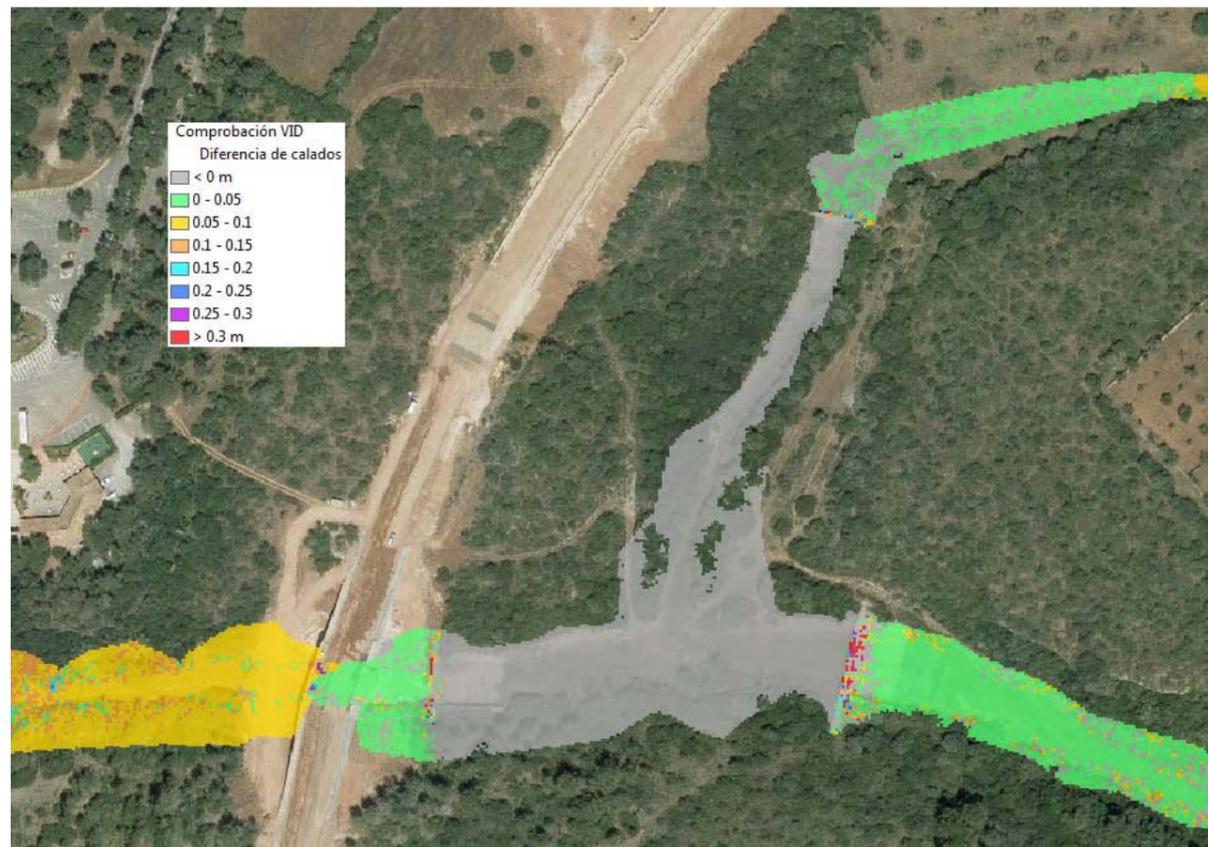


Figura 34.- Ejemplo del raster de comprobación de calados en la VID del tramo de Porto Cristo

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En los siguientes apartados se describe brevemente la problemática planteada en la situación actual en términos de peligrosidad y riesgo de inundación para cada uno de los tramos analizados.

6.1. Cala Anguila

El tramo comprende una cuenca muy pequeña en términos superficiales que sin embargo genera caudales de escorrentía elevados al comprender prácticamente toda su superficie una zona con uso del suelo predominantemente urbano.

Se observan pocas evidencias de inundaciones recientes y los resultados de los mapas así lo evidencian, pues no afectan a ninguna zona de viviendas ni edificación.

El DPH estimado resulta minúsculo, fundamentalmente porque se ha intentado dar más peso al criterio geomorfológico actual en el que no se aprecian en campo evidencias ni escarpes que definan un cajón, de hecho el valle presenta un fondo con forma de U que se evidencia en el encajonamiento que presentan todas las manchas.

En cuanto a las obras de paso, agua arriba de la Calle Leonardo da Vinci, existe un muro perimetral de una parcela que hace las veces de presa agujero y provoca una zona de inundación más extensa en dicho punto, contribuyendo en parte a laminar la avenida y disipar sus efectos agua abajo. En este punto, la zona de flujo preferente también se ensancha bastante, básicamente por el condicionante del calado que produce la retención.



Figura 35.- Detalle de la obra de fábrica OF_ANG_01 (Cala Anguila)

En definitiva, en general se observa poca peligrosidad de inundación y en la situación actual, el planeamiento respeta bastante la dinámica fluvial.

6.2. Cala Antena

El tramo comprende una cuenca muy pequeña en términos superficiales que además queda repartida entre dos cauces prácticamente a partes iguales. Los caudales de escorrentía no resultan tan elevados como en Cala Anguila, al haber un reparto más equitativo entre zona urbana y zona rústica, dentro de la cuenca.

Se observan pocas evidencias de inundaciones recientes y los resultados de los mapas así lo evidencian, pues no afectan a ninguna zona de viviendas, ni edificación.

El DPH estimado resulta minúsculo, fundamentalmente por las características en forma de V de los dos valles, lo que también se evidencia en el encajonamiento que presentan todas las manchas.

En cuanto a las obras de paso, agua arriba del Camino de Sa Marina (casi en la cabecera del cauce correspondiente al Reguero de Cala Antena), existe un muro perimetral de una parcela que hace las veces de presa agujero y provoca una zona de inundación más extensa en dicho punto, contribuyendo en parte a laminar la avenida y disipar sus efectos agua abajo. En este punto, la zona de flujo preferente y las manchas de inundación también se ensanchan bastante, básicamente por el condicionante del calado que produce la retención.



Figura 36.- Detalle de la obra de fábrica OF_ANT_02 (Cala Antena)

En definitiva, en general se observa poca peligrosidad de inundación y en la situación actual, el planeamiento respeta bastante la dinámica fluvial.

6.3. Cala Domingos

El tramo comprende dos cuencas relativamente pequeña que confluyen por separado pero en paralelo al mar.

En el Torrent des Domingos Gran, casi al final del tramo existe un pequeño azud de agujero que contribuye en parte a laminar la avenida y disipar sus efectos agua abajo, sobre todo en la zona de playa.

En general se trata de un valle con forma de V que produce el encajonamiento de las manchas.

La obra de paso del Camino Corral des Xots, presenta dificultades para la evacuación de las avenidas de baja probabilidad, superando incluso la de 500 años de periodo de retorno la coronación del terraplén.

A pesar de lo anterior, en este tramo se observa poca peligrosidad de inundación y en la situación actual, el planeamiento respeta bastante la dinámica fluvial.

En cuanto al Reguero des Domingos y su afluente sin nombre, se observa que las obras de fábrica de cabecera, también presentan dificultades para la evacuación de las avenidas de baja probabilidad, superando incluso la de 500 años de periodo de retorno la coronación del terraplén en muchos de ellos.

En general se trata de un valle con forma de V que produce el encajonamiento de las manchas.

En la zona del hotel, las avenidas de baja probabilidad de inundación afectarían puntualmente a alguno de los bungalows, si bien no se estiman graves daños por los calados y las pequeñas sobreelevaciones que estas edificaciones presentan.

A pesar de lo anterior, en este tramo se observa poca peligrosidad de inundación y en la situación actual, el planeamiento respeta bastante la dinámica fluvial, exceptuando la zona del hotel donde existe cierta peligrosidad para eventos de baja probabilidad de inundación, lo cual deberá ser tenido en cuenta en los condicionantes del planeamiento.

6.4. Cala Mendia

El tramo comprende una cuenca colindante con la de Cala Anguila. Aunque la superficie duplica la de dicha Cala, los caudales son más contenidos al presentar la cuenca un uso mayoritariamente rural.

Se observan pocas evidencias de inundaciones recientes y los resultados de los mapas así lo evidencian, pues sólo se ve afectada la alineación de edificaciones y viviendas que se encuentra en la margen derecha de la desembocadura del Reguero de Cala Mendia al mar para la avenida de 500 años de periodo de retorno. A pesar de lo anterior, estas edificaciones y viviendas quedan fuera de la Zona de Flujo Preferente.

La única obra de fábrica presente en el tramo presenta dificultades para la evacuación de las avenidas de baja probabilidad, superando incluso la de 500 años de periodo de retorno la coronación del vial.

A pesar de lo anterior, en este tramo se observa poca peligrosidad de inundación y en la situación actual, el planeamiento respeta bastante la dinámica fluvial, exceptuando la alineación de edificaciones y viviendas que se encuentra en la margen derecha de la desembocadura del Reguero de Cala Mendía al mar donde existe cierta peligrosidad para eventos de baja probabilidad de inundación, lo cual deberá ser tenido en cuenta en los condicionantes del planeamiento.

6.5. Cala Murada

El tramo comprende dos cuencas de características muy diferentes: la del Torrent des Fangar y la del Reguero de es Riuet. La primera tiene una cuenca 10 veces superior en términos de superficie, y los usos predominantes son claramente rurales. En la segunda los usos son claramente urbanos, lo cual da una idea del diferente comportamiento hidráulico que se espera de cada una de ellas.

El valle del Torrent des Fangar presenta una forma de U que se traduce en un encajonamiento de las manchas de inundación.

Existe un pequeño azud de agujero que contribuye a laminar la avenida y disipar sus efectos agua abajo y en general las obras de este cauce presentan capacidad de desagüe suficiente para todas las avenidas modelizadas, exceptuando los tubos existentes en la desembocadura, que tendrían problemas a partir de las avenidas de 100 años de periodo de retorno.



Figura 37.- Detalle del azud de Cala Murada

No se detectan afecciones a viviendas o edificaciones en este cauce, y en general para la situación actual, el planeamiento respeta bastante la dinámica fluvial.

El valle del Reguero de es Riuet también presenta una forma de U que encajona bastante las manchas.

Algunas viviendas y edificaciones invaden y modifican el trazado natural del cauce y presentan evidencias de inundaciones recientes, lo cual resulta coherente con los mapas, al afectar la mancha de 10 años de periodo de retorno a varias de ellas.

En la situación actual, este tramo presenta cierta peligrosidad y el planeamiento actual resulta poco respetuoso con la dinámica fluvial, lo cual deberá ser tenido en cuenta en los condicionantes del planeamiento.

6.6. Estany d'en Mas

El tramo comprende la cuenca del Torrent des Morts y la del Torrent de Can Lunes, de comportamiento y características similares y que confluyen justo antes de la línea de playa.

Los dos tramos presentan una morfología similar en forma de U que tiende a encajonar las manchas de inundación.

Las obras de paso del Torrent des Morts presentan una buena capacidad de desagüe en general, exceptuando las dos más cercanas a la desembocadura en el mar que tendrían problemas de desagüe para caudales altos. En el caso del Torrent de Can Lunes, la capacidad de todas las obras resulta escasa incluso para caudales bajos, aunque esto no provoca mayores problemas en su entorno.

En la zona del hotel existente en la confluencia de los dos cauces, se producirían daños en las zonas de jardín y recreo, aunque los calados máximos no llegarían a superar el metro salvo en algún punto bajo, situándose en torno a los 60 o 70 centímetros. Parte de esta zona quedaría también afectada por la Zona de Flujo Preferente, fundamentalmente por el condicionante de la Vía de Intenso Desagüe.

A pesar de lo anterior, en general en este tramo se observa poca peligrosidad de inundación y en la situación actual, el planeamiento respeta bastante la dinámica fluvial, exceptuando la zona del hotel donde existe cierta peligrosidad para eventos incluso de de alta probabilidad de inundación, lo cual deberá ser tenido en cuenta en los condicionantes del planeamiento.

6.7. Manacor

Se trata sin duda del tramo con mayor problemática actualmente según los resultados de la modelización hidráulica.

Tras la desastrosa avenida del 6 de septiembre de 1989, el antiguo cauce del Torrente fue desviado en el año 2003 desde la entrada al núcleo urbano hasta prácticamente su antigua confluencia con el Torrente de Conilles. Según los resultados del modelo hidráulico bidimensional, esta obra ofrece un desvío efectivo del cauce para todas las avenidas de la cuenca alta,

exceptuando la de 500 años de periodo de retorno, que desbordaría con unos 9 m³/s parte del caudal de dicha avenida hacia el tramo urbano que está parcialmente soterrado e integrado en el núcleo urbano.

No obstante, la obra de desvío se construyó sin la previsión de incorporar los caudales procedentes de las cuencas que intercepta en su margen derecha, lo cual no resuelve en la actualidad los problemas de evacuación de dichas cuencas para periodos de retorno medios (más de 100 años de periodo de retorno) a su paso por el núcleo urbano. Estos caudales (cerca de 27 m³/s para 500 años de periodo de retorno) llegarían directamente al punto más bajo del núcleo urbano siguiendo el trazado aproximado del Paseo del Ferrocarril y continuando hacia la Vía Palma, que no sólo sería una zona inundable sino que además estaría en Zona de Flujo Preferente. Además, en este punto bajo, la problemática se acentúa por tratarse del punto donde confluyen el resto de cuencas analizadas.



Figura 38.- Detalle del foso de sedimentación y rotura de carga de la obra de entrada del desvío del Torrente de Manacor

El terraplén de la Ma-15 representa una importante obstrucción al flujo, incluso para eventos de alta probabilidad de ocurrencia, pues aunque es capaz de evacuar los caudales, genera sobreelevaciones considerables agua arriba, inundando más terreno del debido.

Agua abajo del punto anterior, el cauce se comporta prácticamente como una acequia, distribuyendo los riegos y drenando los excedentes. Sin embargo, las crecidas siguen desarrollándose en toda su magnitud como se puede apreciar en los mapas de inundación y como evidencian los datos históricos de avenidas recientes.

En cuanto al tramo parcialmente soterrado del Torrente de Manacor, su capacidad se vería comprometida en cierto puntos, fundamentalmente por las cuencas fluyentes en la margen izquierda que harían que parte del caudal (unos 11 m³/s para 500 años de periodo de retorno) circule por la Rambla del Rei en Jaume, siguiendo por la Avinguda d'Es Torrent, la Travesia Truyols y la Travesia Simó Tort y por las que lo hacen por la margen derecha en el punto más bajo del núcleo, que comprometen la capacidad de desagüe en el punto más bajo de éste.

A lo anterior habría que añadir la problemática de los afluentes por la margen izquierda correspondientes a las subcuencas C08 y C09, en los que el planeamiento actual no ha resuelto su incorporación al cauce principal y provocan amplias zonas de inundación dentro y fuera del núcleo urbano.

En definitiva, la compleja problemática planteada deberá ser tenida en cuenta en los condicionantes del planeamiento.

6.8. Porto Cristo

El tramo comprende tres cuencas que confluyen en diferentes puntos, siendo la del Torrente de Talaioles la mayor de todas ellas.

En la confluencia entre el Torrente de Talaioles y el Torrente de Llebrona existen tres pequeños azudes de agujeros que contribuye en parte a laminar la avenida y disipar sus efectos agua abajo, fundamentalmente reteniendo sólidos y retrasando la punta de avenida en una media hora a su llegada al núcleo urbano, según se deduce de los resultados del modelo bidimensional.



Figura 39.- Detalle de uno de los tres azudes del tramo de Porto Cristo (OF_POR_04)

En general las obras de esta zona presentan capacidad de desagüe suficiente para todas las avenidas modelizadas, exceptuando dos situados en el tramo final de la desembocadura, cuya capacidad queda comprometida para caudales bajos, fundamentalmente por las condiciones de desagüe al mar, aunque no provocan graves problemas en su entorno por esta cuestión

Se observan pocas evidencias de inundaciones recientes y los resultados de los mapas así lo evidencian, pues sólo se ve afectada la primera alineación de edificaciones de la desembocadura al mar para la avenida de más de 50 años de periodo de retorno. A pesar de lo anterior, estas edificaciones quedan fuera de la Zona de Flujo Preferente y no se prevén mayores problemas que los derivados de la sobreelevación por calado.

En definitiva, la problemática planteada en la desembocadura deberá ser tenida en cuenta en los condicionantes del planeamiento.

6.9. S'Illot

El tramo comprende la mayor cuenca de aportación de las estudiadas (la mayor parte se encuentra fuera del ámbito municipal) y también los mayores caudales de avenida. Parte del mismo se sitúa en el término municipal de Manacor y parte en el del Sant Llorenç des Cardassar, ejerciendo el eje del cauce de límite entre términos.

En general, las avenidas quedan bastante encajadas en el valle, aunque en la desembocadura se llega a afectar a algunas edificaciones y viviendas. La Zona de Flujo Preferente también afecta a varias edificaciones y viviendas en ambos términos municipales.

Las obras de drenaje del tramo presentan problemas para desaguar avenidas de alto periodo de retorno.

Se trata de un tramo que ya registró importantes inundaciones en la avenida de 1989 y en parte parece que el planeamiento ha respetado la zona inundada en aquella ocasión, que se puede asimilar a un periodo de retorno de 100 años. Esta línea de respeto a la dinámica fluvial se debería mantener como condicionante en el planeamiento, sobre todo teniendo en cuenta que el tramo figura como Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación y dispone actualmente de Plan de Gestión del Riesgo de Inundación.

7. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN Y MEDIDAS CORRECTORAS

Tal y como se ha visto en el apartado anterior en la situación actual existen varios tramos con problemas que requieren la adopción de medidas correctoras.

Por otro lado, una vez definidas las zonas inundables, es preciso cruzarlas con el planeamiento urbanístico que se pretende aplicar en el término municipal de Manacor, para valorar la necesidad de evaluar las actuaciones propuestas en el Plan General de Ordenación Urbana.

Dado que los dos extremos anteriores (medidas correctoras y actuaciones) conformarán la solución de conjunto planteada a cada zona, se incluyen en los siguientes apartados las propuestas para cada uno de los tramos analizados. Para cada una de estas zonas problemáticas se elaborarán, si procede, los planos correspondientes a la situación anterior y posterior que represente el conjunto de las actuaciones planteadas y en caso contrario se justificará la no necesidad.

7.1. Cala Anguila

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana no existe ninguna actuación que suponga una modificación significativa con respecto a la situación actual.

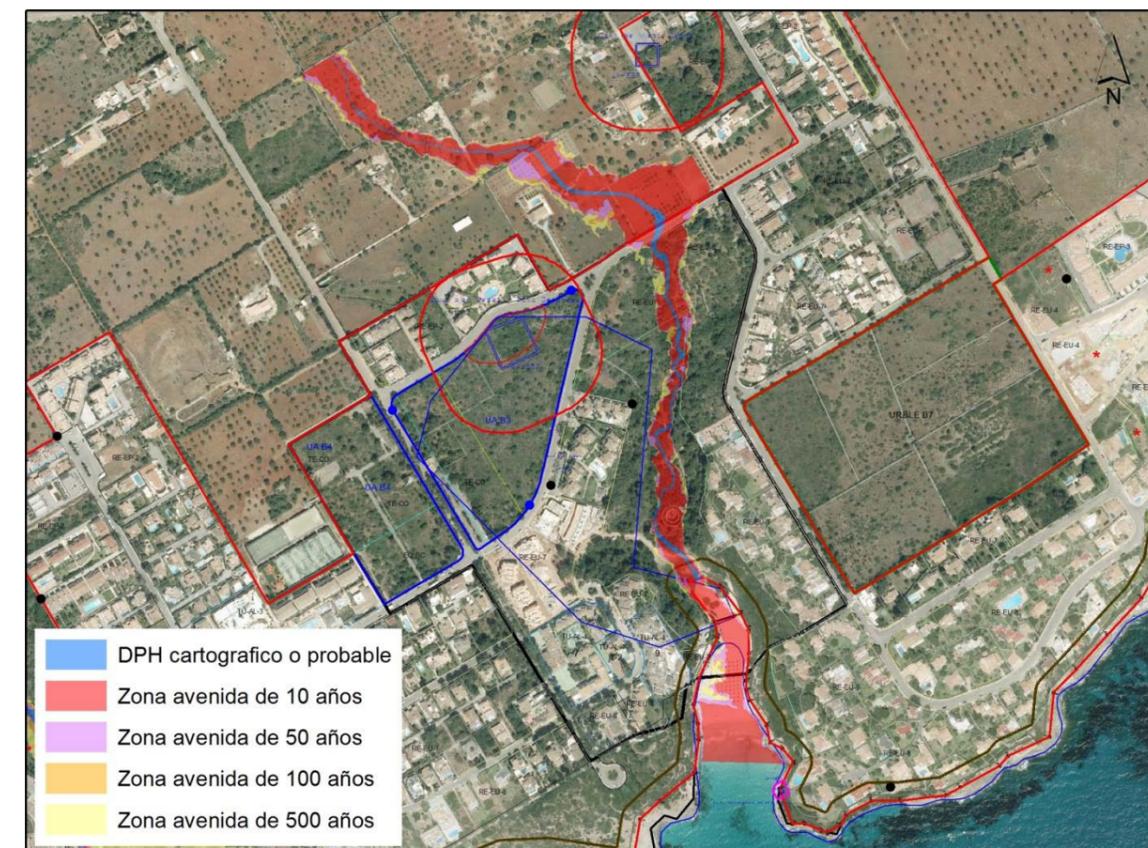


Figura 40.- Planeamiento propuesto en Cala Anguila

No obstante, la zona clasificada como RE-EU-8 se encuentra parcialmente en zona inundable, por lo cual las actuaciones que se planteen en el futuro en dicha zona deben ser compatibles con la zonificación de inundabilidad propuesta, respetando las limitaciones de uso que la legislación actual establece.

En cuanto a la problemática detectada en el estudio hidráulico en el muro perimetral de una parcela que hace las veces de presa agujero (agua arriba de la Calle Leonardo da Vinci), dadas las características de la cuenca y la duración estimada del aguacero, se considera que la circulación de flujo por encima del vial es un riesgo asumible y que tendrá una duración lo suficientemente corta como para proponer únicamente la adopción de medidas correctoras preventivas: señalización del paso inundable mediante los correspondientes carteles de aviso.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, no procede la elaboración de planos de definición de las zonas de riesgo de inundación posterior a la propuesta de actuación para esta zona.

7.2. Cala Antena

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana no existe ninguna actuación que suponga una modificación significativa con respecto a la situación actual.

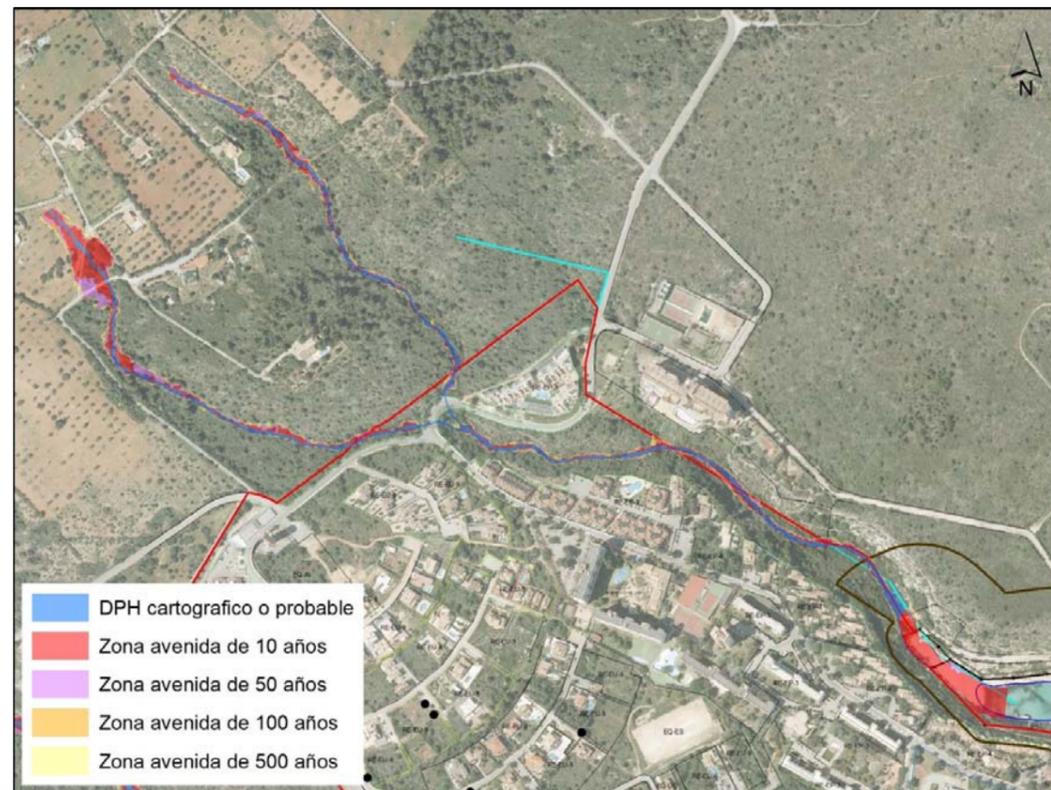


Figura 41.- Planeamiento propuesto en Cala Antena

En el análisis de las zonas inundables tampoco se detectan afecciones en este tramo, salvo en la zona del Camino de Sa Marina, donde se propone al igual que en el caso de Cala Anguila, únicamente la adopción de medidas correctoras preventivas: señalización del paso inundable mediante los correspondientes carteles de aviso.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, no procede la elaboración de planos de definición de las zonas de riesgo de inundación posterior a la propuesta de actuación para esta zona.

7.3. Cala Domingos

En esta zona se distinguen dos cauces: el Torrent des Domingos Gran y el Reguero des Domingos y su afluente sin nombre.

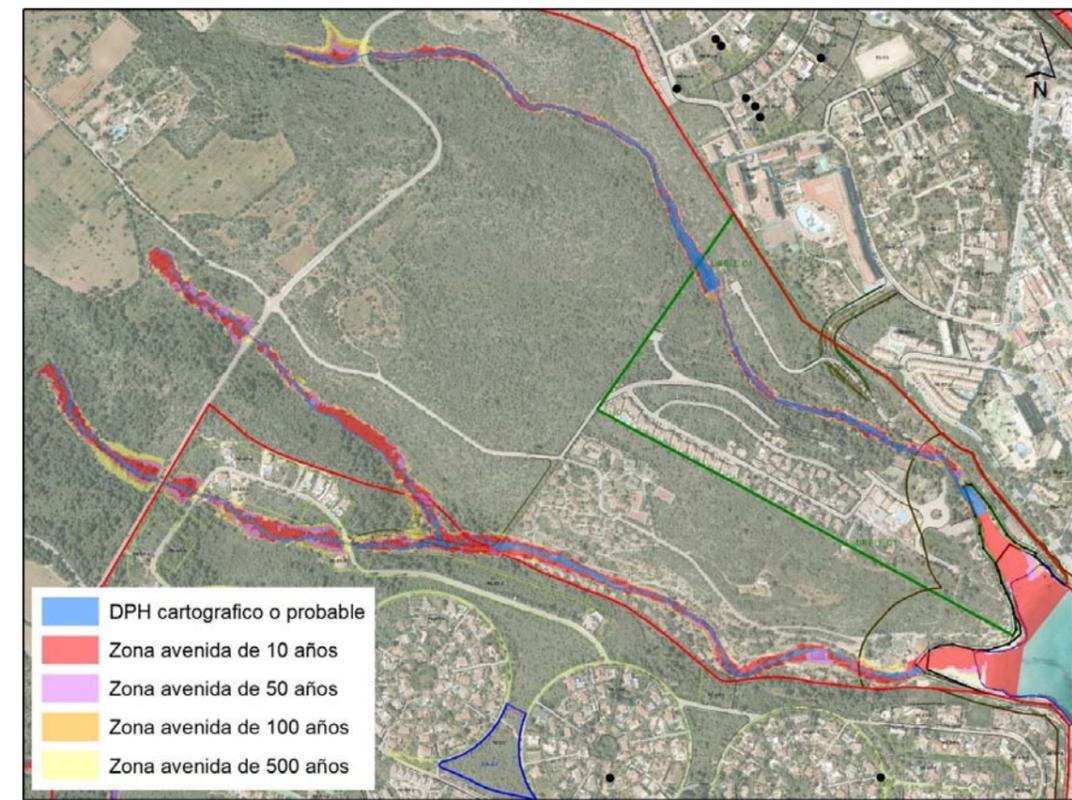


Figura 42.- Planeamiento propuesto en los torrentes de Cala Domingos

La zona del Torrent des Domingos Gran está parcialmente incluida dentro del ámbito del Plan General de Ordenación Urbana (suelo urbanizable clasificado como URBLE-C1). Actualmente el Plan General de Ordenación Urbana no contempla ninguna actuación en este ámbito, sin embargo las actuaciones que se planteen en el futuro en dicha zona deben ser compatibles con la zonificación de inundabilidad propuesta, respetando las limitaciones de uso que la legislación actual establece.

En cuanto a la problemática detectada en el estudio hidráulico para este torrente, únicamente se

destacaba que la obra de paso del Camino Corral des Xots, presenta dificultades para la evacuación de las avenidas de baja probabilidad, superando incluso la de 500 años de periodo de retorno la coronación del terraplén. Con la sección hidráulica disponible actualmente, esta obra de fábrica no debería tener mayores problemas para desaguar dicha avenida, siempre y cuando se garanticen las condiciones de limpieza a la entrada y salida que permitan disminuir el coeficiente de rugosidad actual (0,042 en cauce y 0,066 en llanuras) al menos un 20%, por lo que se plantea como medida correctora y se representará en los planos la situación posterior resultante.

La zona del Reguero des Domingos y su afluente sin nombre está parcialmente incluida dentro del ámbito del Plan General de Ordenación Urbana y existen actuaciones en el planeamiento (zona clasificada como RE-EP-5) que se ven afectadas por las zonas inundables en la situación actual.

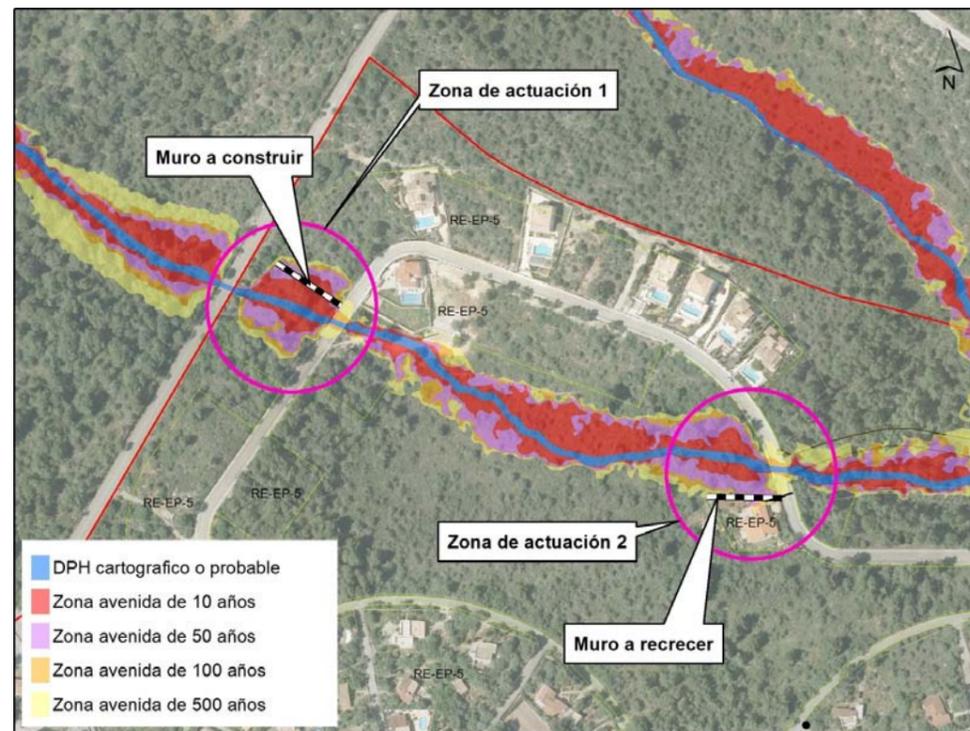


Figura 43.- Actuaciones propuestas en Cala Domingos

Tal y como se observa en la imagen anterior, las zonas de actuación están muy próximas y las actuaciones y medidas correctoras en ellas son similares:

- **Zona de actuación 1:**
 - Limpieza a la entrada y salida de la obra de fábrica que permita disminuir el coeficiente de rugosidad actual (0,042 en cauce y 0,066 en llanuras) al menos un 20%.
 - Cuando se realice el relleno y nivelación de la parcela de la imagen para su futura urbanización, éste deberá acompañarse de un muro de contención con cota mínima de coronación igual a 33,5 m.s.n.m. de forma que se garantice un resguardo suficiente sobre la avenida de 500 años y se evite la situación actual en la que

prácticamente toda la parcela está en zona inundable.

- **Zona de actuación 2:**
 - Limpieza a la entrada y salida de la obra de fábrica que permita disminuir el coeficiente de rugosidad actual (0,042 en cauce y 0,066 en llanuras) al menos un 20%.
 - El muro existente actualmente en la parcela urbanizada de la imagen se deberá recrecer de forma que se garantice que su cota de coronación no es inferior en ningún punto a 27 m.s.n.m., evitando la situación actual en la que parte de la parcela está en zona inundable y garantizando un resguardo adecuado para la avenida de 500 años de periodo de retorno.

La zona del hotel no se encuentra incluida en el planeamiento actual. No obstante se instará al propietario del mismo a que adopte un plan de autoprotección como medida correctora.

Todas las actuaciones planteadas en esta zona, quedan representadas en el plano N° 11 que se incluye en el Anejo 4, correspondiendo éste a la situación futura y el N° 2 (Anejo 2) a la situación actual.

7.4. Cala Mendia

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana no existe ninguna actuación que suponga una modificación significativa con respecto a la situación actual.

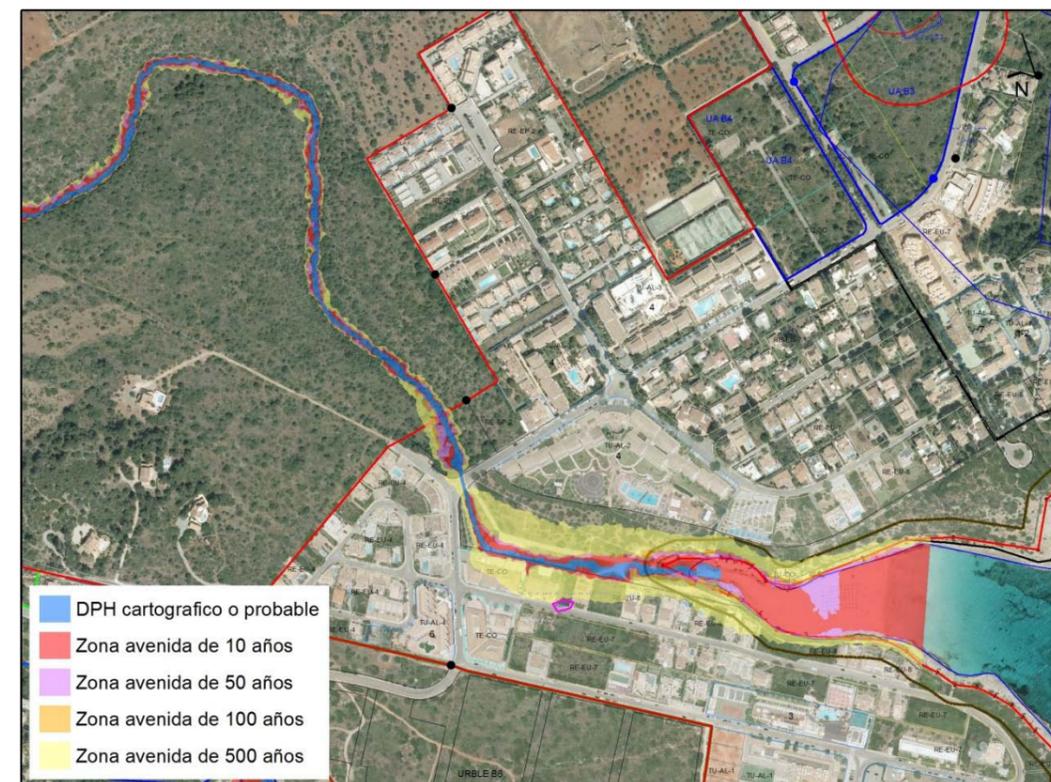


Figura 44.- Planeamiento propuesto en Cala Mendia

No obstante, dado que tras el análisis de las zonas inundables correspondientes a este tramo se observan afecciones a la alineación de edificaciones (clasificadas como TE-CO y RE-EU-8) en la margen derecha del cauce en las inmediaciones de la desembocadura al mar, se propone la construcción de un muro de contención con cota mínima de coronación igual a 7 m.s.n.m. de forma que se garantice un resguardo suficiente sobre la avenida de 500 años y se evite la situación actual en la que prácticamente todas las parcelas de la margen derecha están en zona inundable.

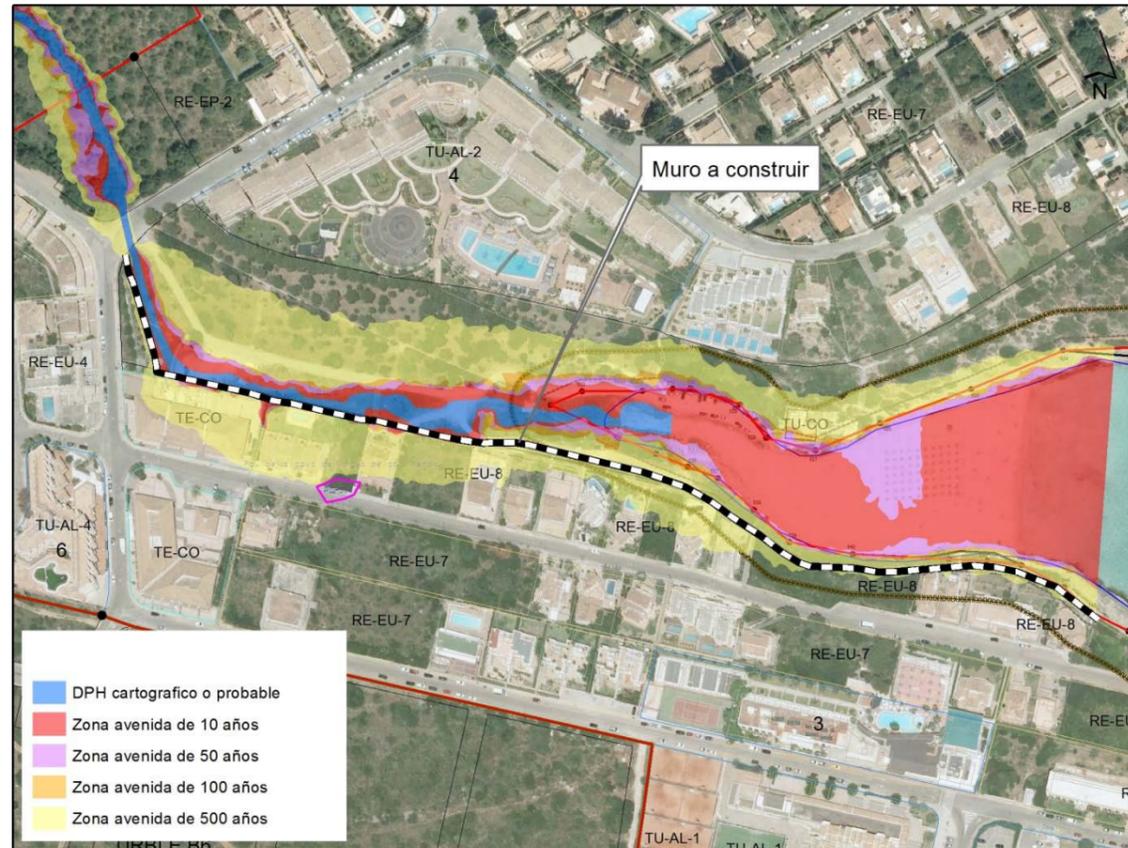


Figura 45.- Actuaciones propuestas en Cala Mencia

En la obra de fábrica se propone como medida correctora la limpieza a la entrada y salida que permita disminuir el coeficiente de rugosidad actual (0,037 en cauce y 0,062 en llanuras) al menos un 20%.

Todas las actuaciones planteadas en esta zona, quedan representadas en el plano N° 11 que se incluye en el Anejo 4, correspondiendo éste a la situación futura y el N° 2 (Anejo 2) a la situación actual.

7.5. Cala Murada

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana no existe ninguna actuación que suponga una modificación significativa con respecto a la situación

actual.

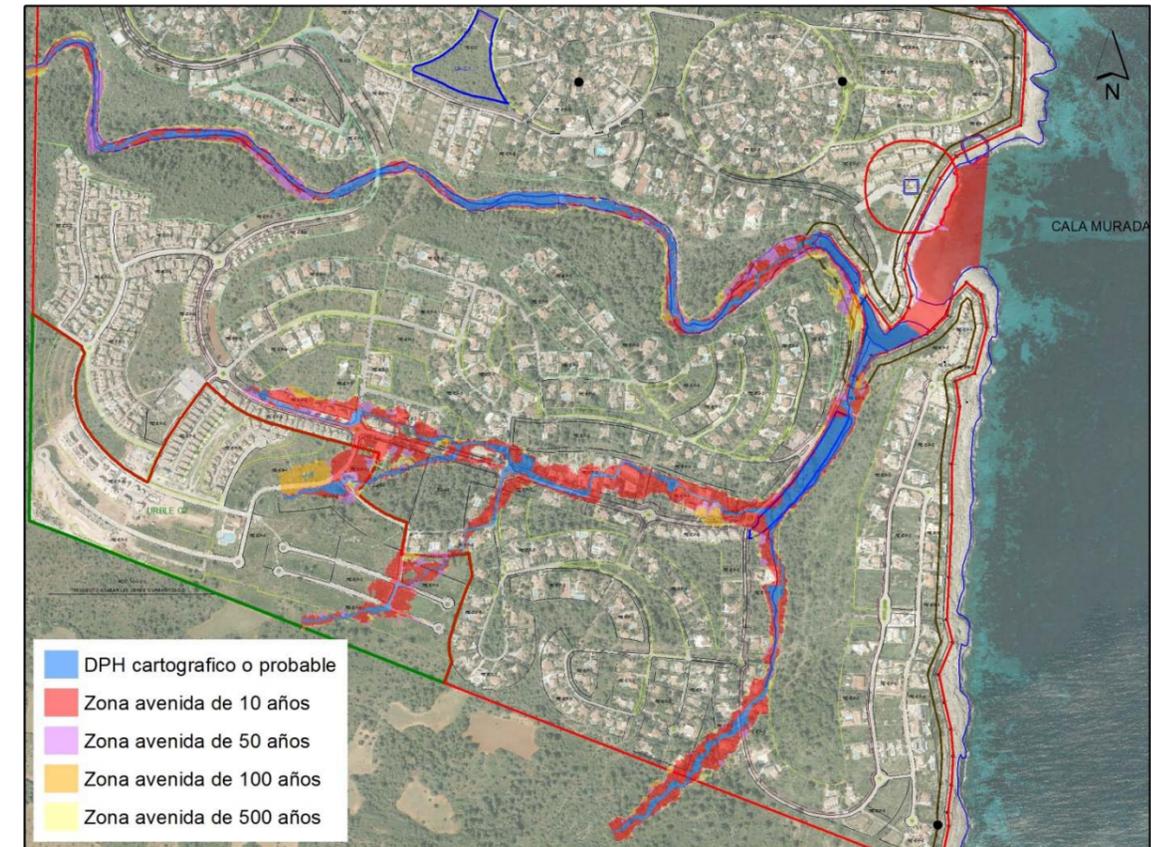


Figura 46.- Planeamiento propuesto en Cala Murada

El planeamiento existente actualmente en este tramo en la zona del valle del Reguero de es Riu et y sus afluentes, resulta poco respetuoso con la dinámica fluvial, pues existen algunas viviendas y edificaciones que invaden y modifican el trazado natural del cauce y presentan evidencias de inundaciones recientes.

Considerando que el tramo justo agua abajo de la confluencia del Reguero de es Riu et con sus afluentes no se producen daños, se propone soterrar los cauces hasta este punto mediante una serie de conducciones principales a las que se pueda conectar la futura red de pluviales de esta urbanización.

Utilizando los caudales procedentes del estudio hidráulico y la formulación clásica de Manning, se pueden obtener los diámetros de prediseño para los soterramientos. Como criterios hidráulicos de prediseño se fijan los siguientes parámetros:

- Pendiente máxima admisible en la conducción.
- Llenado para caudal máximo inferior al 85%.
- Velocidad máxima inferior a 5 m/s.

En la siguiente tabla se recogen los valores propuestos para cada uno de los tramos y sus resultados principales:

TRAMO	Q _{max} (m ³ /s)	Q _{min} (m ³ /s)	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Pendiente máxima admisible (m/m)	% llenado Q _{max}	V _{Qmax} (m/s)	V _{Qmin} (m/s)
AB	4,7	1,1	263,2	1200	0,0200	81	4,80	3,44
BC	10,8	2,5	278,2	1800	0,0125	78	4,98	3,56
CD	12,9	3,2	482,0	2000	0,0100	80	4,78	3,48
FB	6,1	1,4	350,0	1400	0,0150	81	4,61	3,30
GC	2,1	0,7	505,6	1000	0,0200	63	4,06	3,09
HE	13,2	3	574,6	2000	0,0100	82	4,78	3,42

Tabla 16.- Diámetros propuestos para los soterramientos de cauces en Cala Murada

En la siguiente figura se puede observar la situación en planta propuesta para los tramos de conducción anteriores:

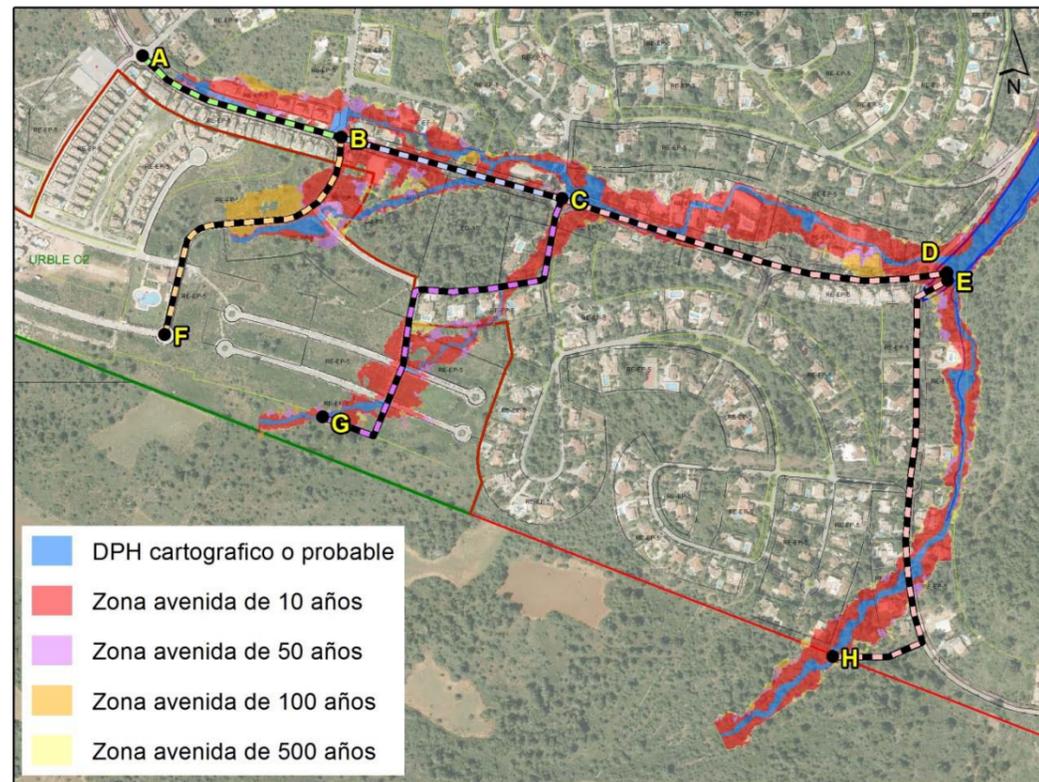


Figura 47.- Actuaciones propuestas en Cala Murada

Todas las actuaciones planteadas en esta zona, quedan representadas en el plano N° 11 que se incluye en el Anejo 4, correspondiendo éste a la situación futura y el N° 2 (Anejo 2) a la situación actual.

7.6. Estany d'en Mas

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana no existe ninguna actuación que suponga una modificación significativa con respecto a la situación actual.

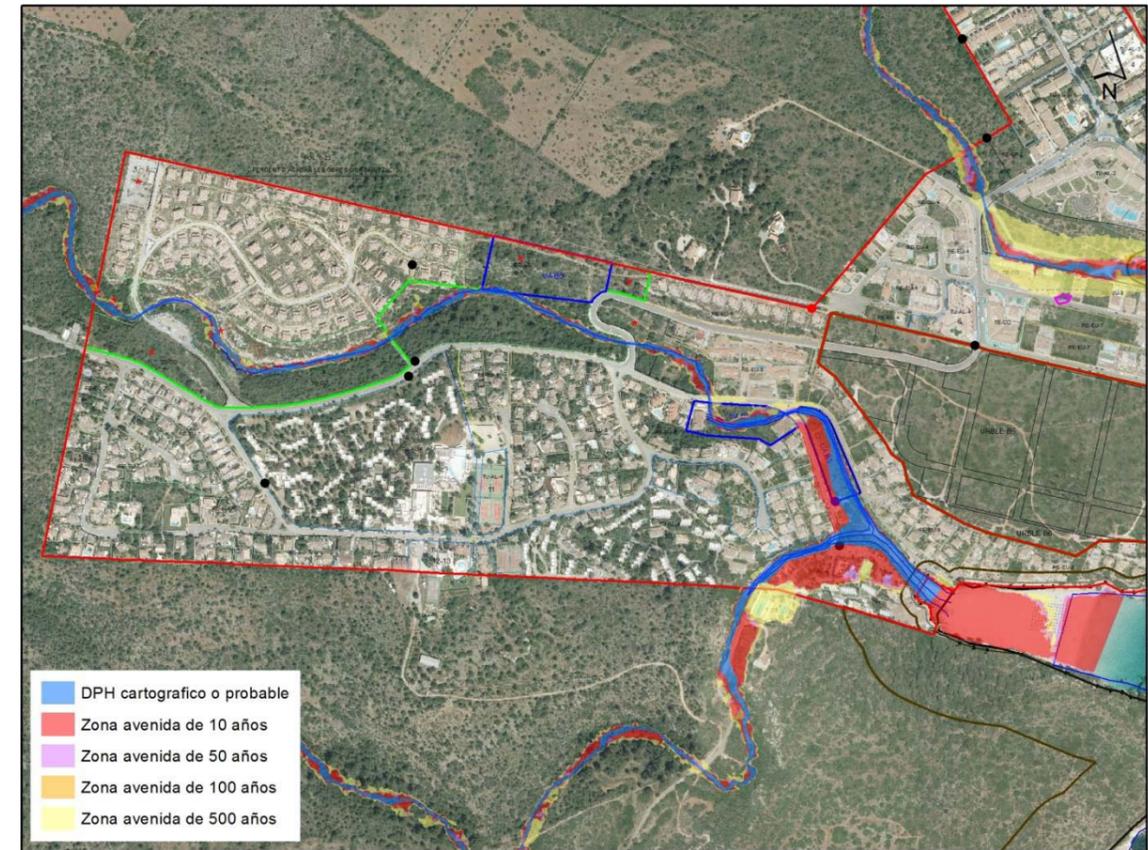


Figura 48.- Planeamiento propuesto en Estany d'en Mas

No obstante, dado que tras el análisis de las zonas inundables correspondientes a este tramo se observan afecciones en el hotel situado en la confluencia de los Torrentes de des Morts y de Can Lunes (zona clasificada como TU-AL-4 en la margen derecha del cauce), se propone el recrecimiento del actual muro de defensa de la margen derecha con cota mínima de coronación igual a 2,5 m.s.n.m. de forma que se garantice un resguardo suficiente sobre la avenida de 500 años y se evite la situación actual en la que prácticamente toda la zona recreativa del hotel de la margen derecha está en zona inundable.

En la zona clasificada como UA-B5, justo agua arriba de la confluencia entre los dos cauces, se propone del mismo modo, la construcción de un nuevo muro de defensa en la margen derecha con cota mínima de coronación igual a 2,5 m.s.n.m.

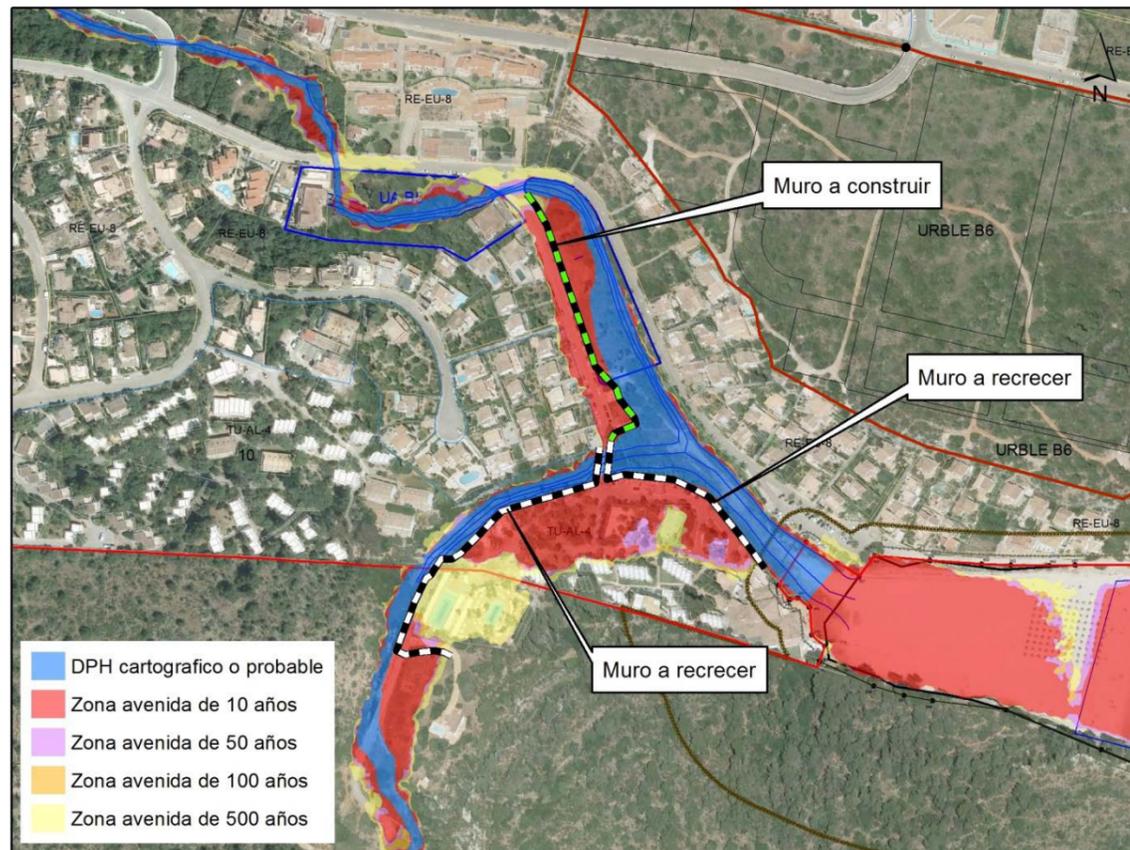


Figura 49.- Actuaciones propuestas en Estany d'en Mas

En las obras de fábrica se propone como medida correctora la limpieza a la entrada y salida que permita disminuir el coeficiente de rugosidad actual (0,042 en cauce y 0,052 en llanuras) al menos un 20%.

Todas las actuaciones planteadas en esta zona, quedan representadas en el plano N° 11 que se incluye en el Anejo 4, correspondiendo éste a la situación futura y el N° 2 (Anejo 2) a la situación actual.

7.7. Manacor

Se trata sin duda del tramo con mayor problemática actualmente según los resultados del estudio de inundabilidad, en el que se detectan varios puntos conflictivos.

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana, se observan actuaciones puntuales como el vial en las inmediaciones del hipódromo, que podrían incidir en la dinámica fluvial.

A pesar de lo anterior, éstas incidencias quedarían resueltas con las actuaciones propuestas que se esbozan a continuación para cada uno de los puntos críticos y que están encaminadas a resolver la problemática de la situación actual:

- Entrada de la obra de desvío: Esta zona se encuentra parcialmente en suelo urbanizable

(zona clasificada como URBLE-A3 que se vería afectada por la mancha de 500 años procedente del desbordamiento en la entrada de la obra de desvío, figura 50, mancha en amarillo) y no existe ninguna actuación propuesta en el Plan General de Ordenación Urbana.

Según los resultados del modelo hidráulico bidimensional, esta obra ofrece un desvío efectivo del cauce para todas las avenidas de la cuenca alta, exceptuando la de 500 años de periodo de retorno, que desbordaría con unos 9 m³/s parte del caudal de dicha avenida hacia el tramo urbano que está parcialmente soterrado e integrado en el núcleo urbano. Para evitar esta situación, se propone el recrecimiento del muro de esta obra en la margen izquierda hasta la cota 91,25 m.s.n.m., para evitar que el caudal de la cuenca de aportación acabe entrando al núcleo urbano. La obra de desvío actual tiene capacidad suficiente para aceptar ese incremento de caudal.

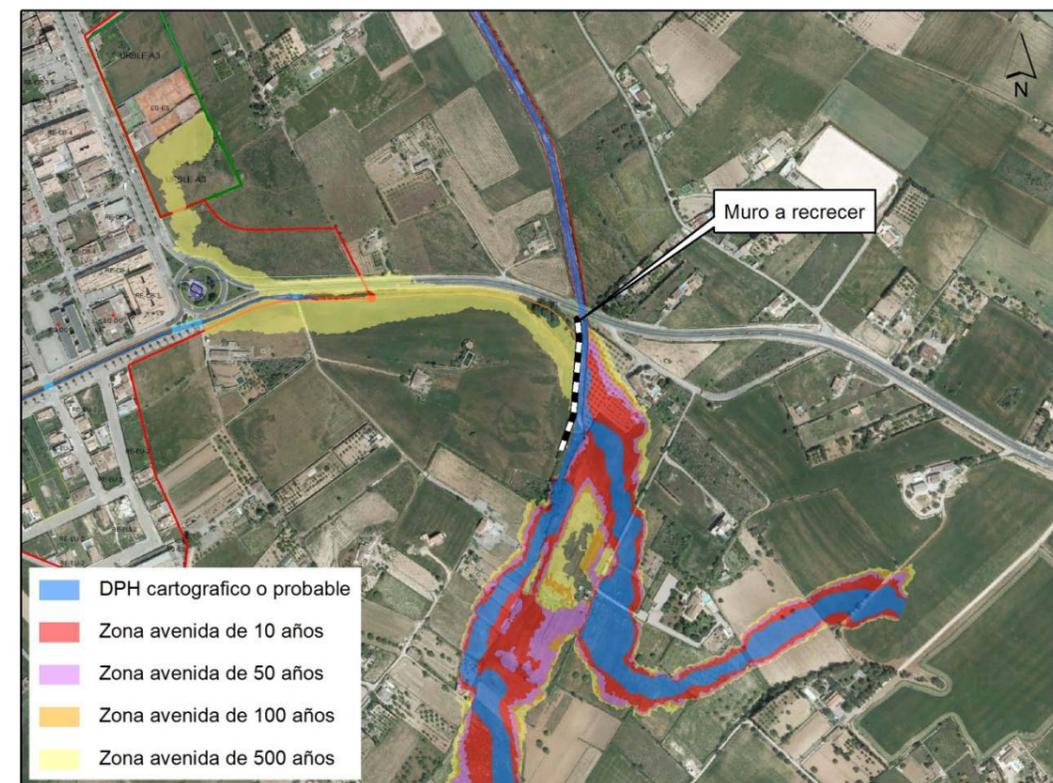


Figura 50.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: entrada de la obra de desvío

- Obra de desvío en la zona del hipódromo: Esta zona se encuentra actualmente en suelo urbanizable (zona clasificada como URBLE-HIPODROM) y el Plan General de Ordenación Urbana contempla la construcción de un vial en las inmediaciones del hipódromo, al sur de la obra de desvío del Torrente.

La obra de desvío se construyó sin la previsión de incorporar los caudales procedentes de las cuencas que intercepta en su margen derecha, lo cual provoca que en esta zona, parte del caudal (unos 27 m³/s para 500 años de periodo de retorno) procedente de dichas

cuencas de aportación acabe inundando el punto más bajo del núcleo urbano siguiendo el trazado aproximado del Paseo del Ferrocarril y continuando hacia la Vía Palma, que no sólo sería una zona inundable sino que además estaría en Zona de Flujo Preferente. Para evitar esta situación, agua arriba de la zona inundable del hipódromo, se propone un encauzamiento a cielo abierto de unos 300 metros de longitud en sección trapezoidal de 10 metros de base inferior, taludes 4H:1V, altura de 2,5 metros y pendiente media de 0,025. Esta sección se soterrará justo agua arriba del camino mediante dos secciones rectangulares gemelas de 3,6 metros de ancho por 3 de alto (pendiente media de 0,02) que tras unos 875 metros a través de viales, acabarán desagüando en el canal de la obra de desvío actual. La obra de fábrica OF_MAN_28 tiene una capacidad máxima de 153 m³/s, suficiente para desaguar el caudal procedente de las subcuencas C01 a C04 y C12 que suman un total de 104,7 m³/s. Por tanto, con estas dos primeras actuaciones quedaría resuelta la problemática de la margen derecha del Torrente de Manacor y de su obra de desvío.

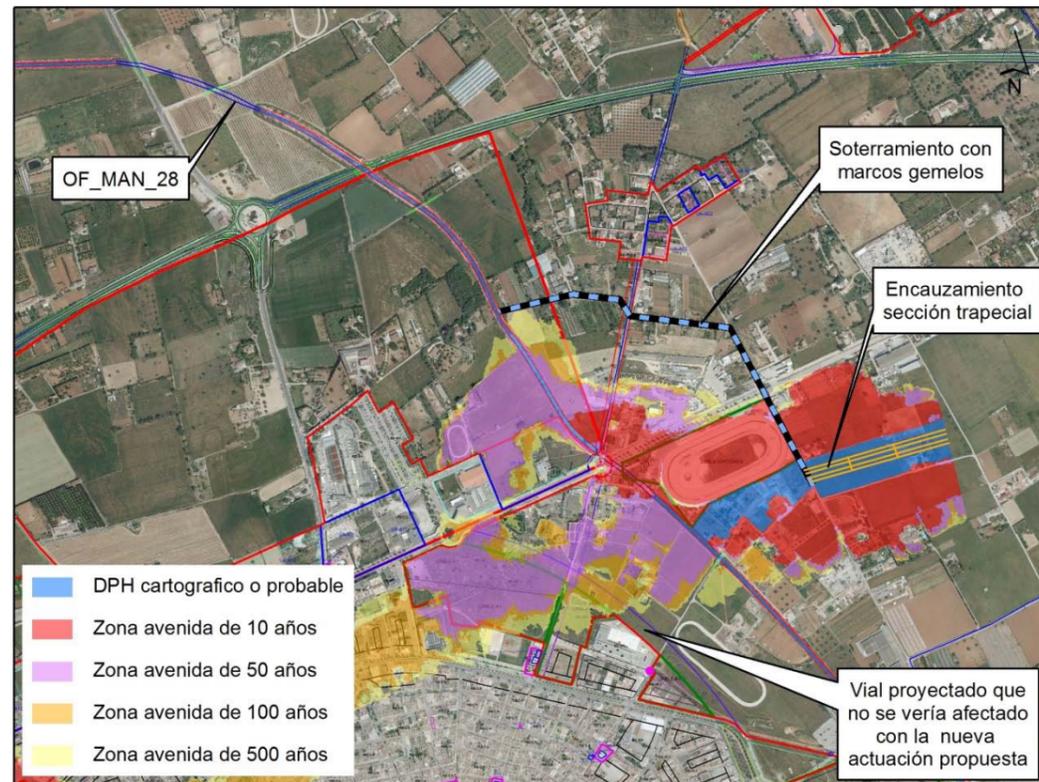


Figura 51.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Zona del hipódromo

- Tramo parcialmente soterrado del Torrente de Manacor y subcuenca C07: Esta zona se encuentra actualmente en suelo urbanizable (zona clasificada como URBLE-A4) y no existe ninguna actuación propuesta en el Plan General de Ordenación Urbana.

Según el estudio hidráulico, esta zona sería la primera de las cuencas problemáticas por la margen izquierda del Torrente de Manacor (C07), que en la situación actual haría que parte

del caudal (unos 11 m³/s para 500 años de periodo de retorno) circule por la Rambla del Rei en Jaume, siguiendo por la Avinguda d'Es Torrent, la Travesia Truyols y la Travesía Simó Tort, comprometiendo la capacidad de desagüe en el punto más bajo del núcleo urbano.

Teniendo en cuenta que las obras de fábrica OF_MAN_41, OF_MAN_13, OF_MAN_11 tiene capacidad suficiente (mínimo de 72 m³/s) para desaguar los caudales procedentes de las subcuencas agua arriba, el problema de esta zona se reduce a garantizar el encauzamiento de los caudales hasta la embocadura de la OF_MAN_41, por tanto se propone la ejecución de un encauzamiento a cielo abierto de unos 350 metros de longitud en sección trapezoidal de 5 metros de base inferior, taludes 2H:1V, altura de 1,5 metros y pendiente media de 0,016.

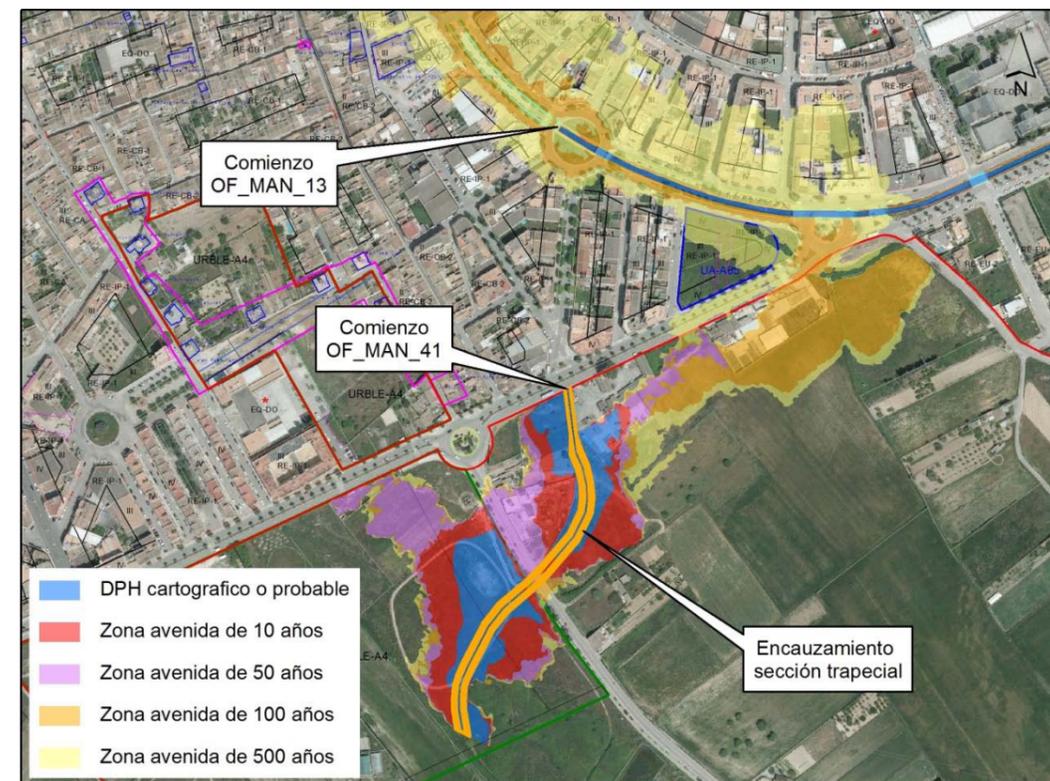


Figura 52.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Subcuenca C07

- Tramo parcialmente soterrado del Torrente de Manacor y subcuenca C08: Esta zona se encuentra parcialmente en suelo urbano (zona clasificada como RE-IP-2-A) y urbanizable (zona clasificada como URBLE-A5) y no existe ninguna actuación propuesta en el Plan General de Ordenación Urbana.

Según el estudio hidráulico, esta zona sería la segunda de las cuencas problemáticas por la margen izquierda del Torrente de Manacor (C08), que en la situación actual haría que parte del caudal (unos 30 m³/s para 500 años de periodo de retorno) circule por la Ronda de Felanitx hasta el punto más bajo del núcleo urbano.

Teniendo en cuenta que la obra de fábrica OF_MAN_10 tiene capacidad suficiente (122 m³/s) para desaguar los caudales procedentes de las subcuencas agua arriba, el problema de esta zona se reduce a garantizar el encauzamiento de los caudales hasta la embocadura de la OF_MAN_39, por tanto se propone la ejecución de un encauzamiento a cielo abierto de unos 265 metros de longitud en sección trapecial de 5 metros de base inferior, taludes 2H:1V, altura de 1,5 metros y pendiente media de 0,005. El tramo soterrado actualmente mediante la obra OF_MAN_39, se sustituirá por un marco de 5 metros de ancho por 2 metros de alto con una pendiente media de 0,01 que siga el trazado actual de unos 2.065 metros de longitud.

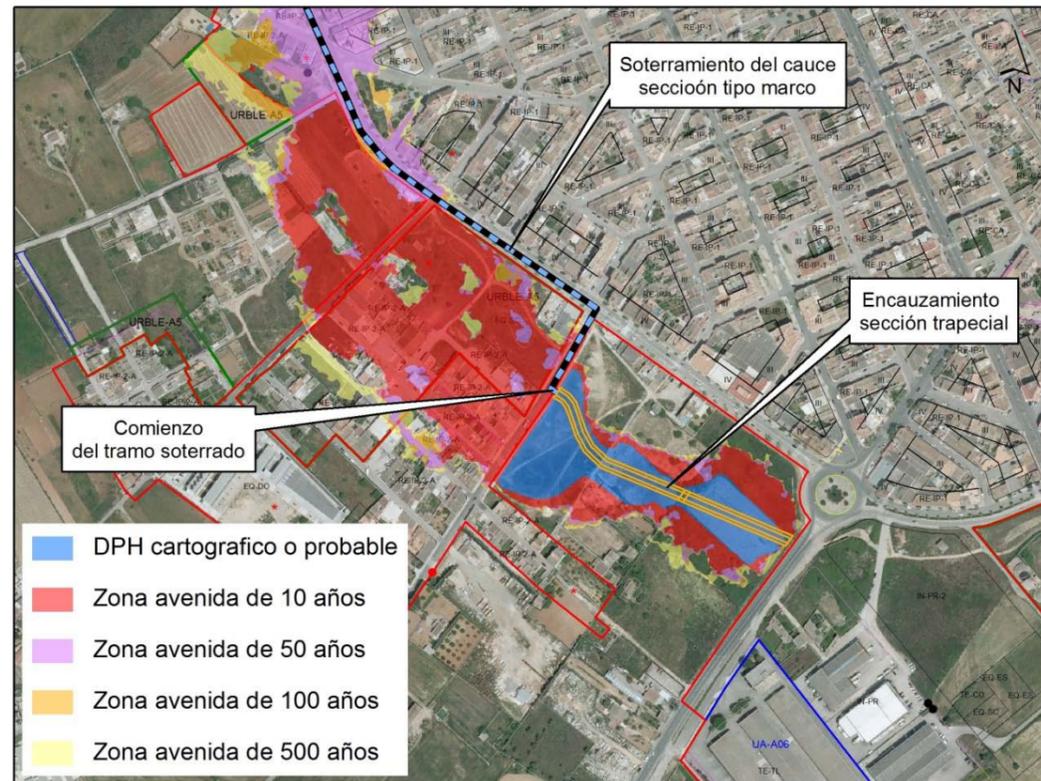


Figura 53.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Subcuenca C08

- Tramo parcialmente soterrado del Torrente de Manacor y subcuenca C09: Esta zona se encuentra actualmente en suelo urbanizable (zona clasificada como TE-CO) y no existe ninguna actuación propuesta en el Plan General de Ordenación Urbana.

Según el estudio hidráulico, esta zona sería la tercera de las cuencas problemáticas por la margen izquierda del Torrente de Manacor (C09), que en la situación actual haría que parte del caudal (unos 4,8 m³/s para 500 años de periodo de retorno) circule hacia el punto más bajo del núcleo urbano.

Teniendo en cuenta que la obra de fábrica OF_MAN_10 tiene capacidad suficiente para desaguar los caudales procedentes de las subcuencas agua arriba, el problema de esta zona se reduce a garantizar el encauzamiento de los caudales hasta la embocadura de

dicha obra, por tanto se propone la ejecución de un encauzamiento a cielo abierto de unos 550 metros de longitud en sección trapecial de 2 metros de base inferior, taludes 2H:1V, altura de 1 metro y pendiente media de 0,008.

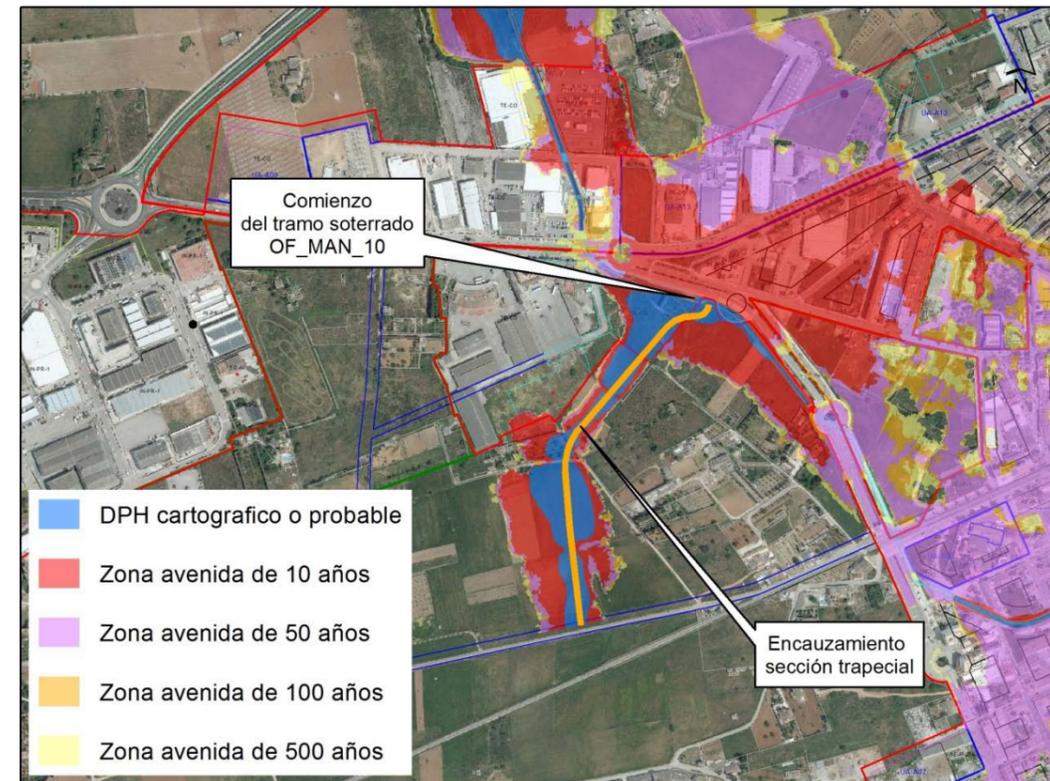


Figura 54.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Subcuenca C09

- Zona bajo del núcleo urbano: Esta zona se encuentra actualmente en suelo urbanizable (zona clasificada como TE-CO) y no existe ninguna actuación propuesta en el Plan General de Ordenación Urbana.

Según el estudio hidráulico, en esta zona se acumulan prácticamente todos los problemas de inundación mencionados anteriormente.

Si bien la solución propuesta en cada una de las zonas analizadas anteriormente, mejoraría la situación en este punto problemático, se considera necesario plantear un ensanchamiento del cauce actual en este punto hasta la zona de agua abajo de la depuradora mediante una sección trapecial a cielo abierto de unos 475 metros de longitud, 10 metros de base inferior, taludes 4H:1V, altura de 2,5 metros y pendiente media de 0,0035.

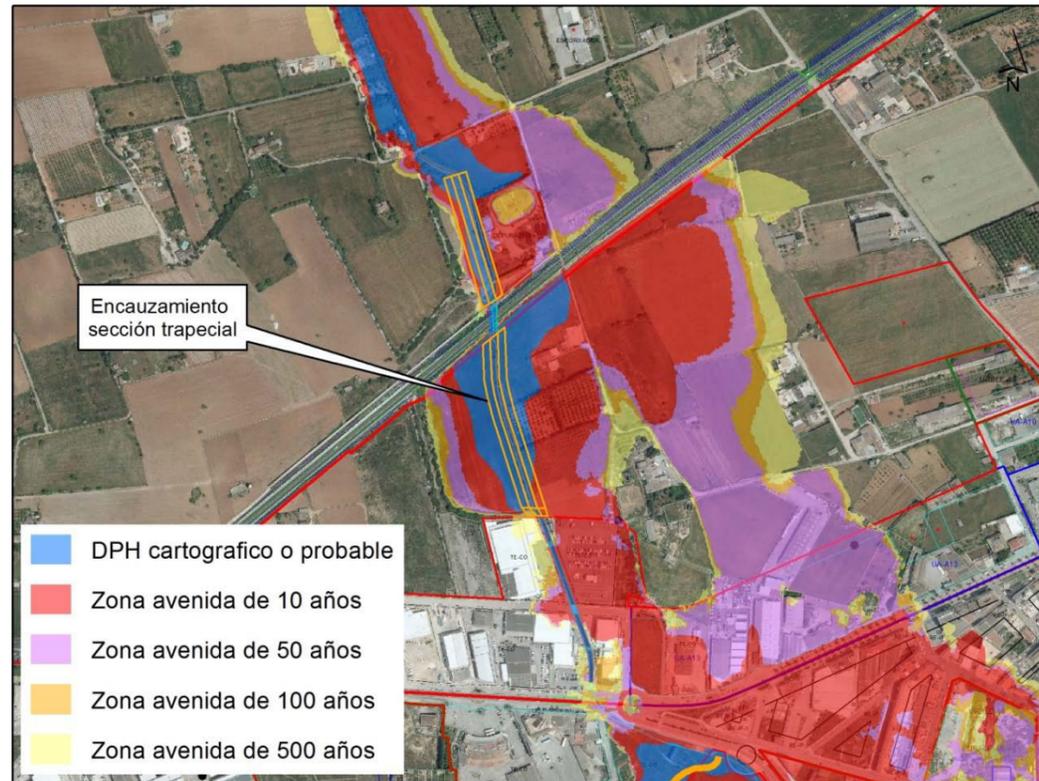


Figura 55.- Planeamiento y actuaciones propuestas en Manacor: Zona baja del núcleo urbano

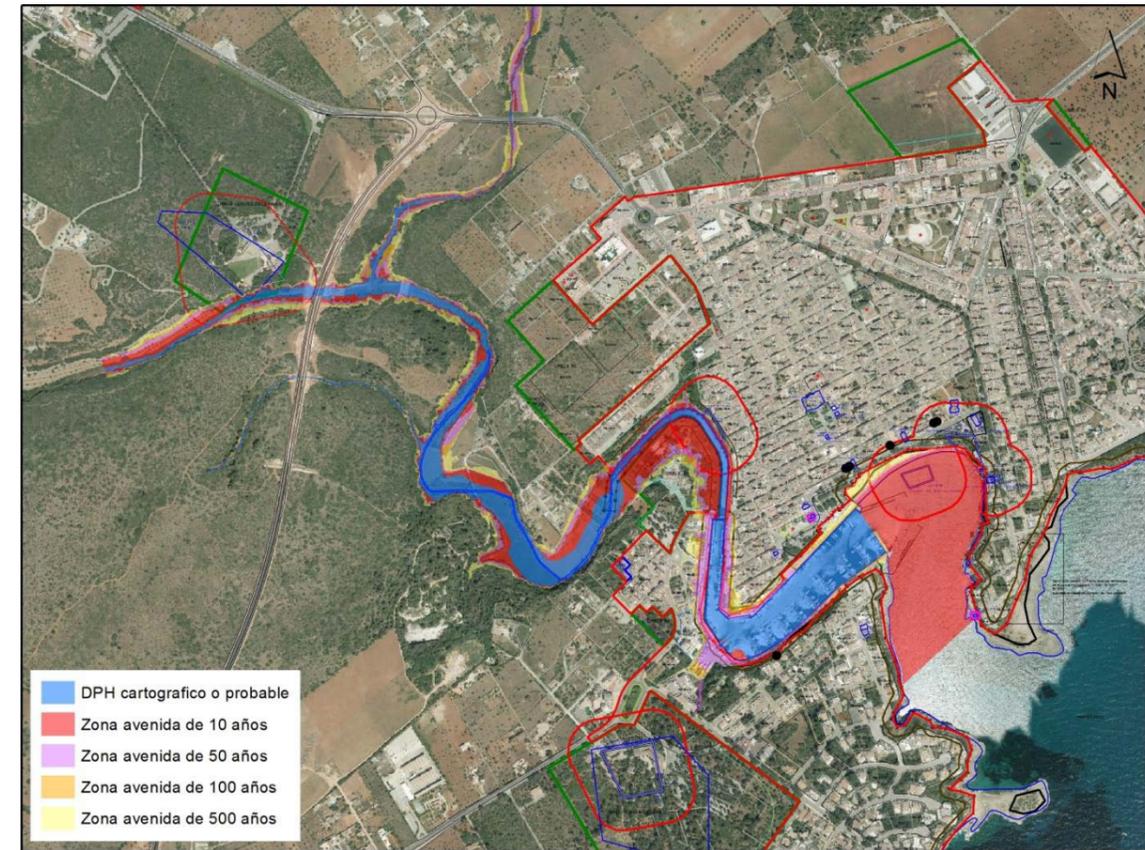


Figura 56.- Planeamiento propuesto en Porto Cristo

Todas las actuaciones planteadas en esta zona, quedan representadas en el plano N° 11 que se incluye en el Anejo 4, correspondiendo éste a la situación futura y el N° 2 (Anejo 2) a la situación actual.

7.8. Porto Cristo

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana no existe ninguna actuación que suponga una modificación significativa con respecto a la situación actual.

No obstante, dado que tras el análisis de las zonas inundables correspondientes a este tramo se observan afecciones a la primera alineación de edificaciones de la desembocadura al mar, se propone adoptar exclusivamente medidas correctoras, en lugar de actuaciones físicas por la dificultad de ser acometidas, al estar condicionadas estas últimas por el nivel del mar.

Las medidas correctoras propuestas para este tramo son básicamente preventivas:

- Señalización de la zona inundable mediante los correspondientes carteles de aviso.
- Adopción de un Plan de Autoprotección a elaborar por los propietarios de las edificaciones susceptibles de sufrir los efectos de la inundación.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, no procede la elaboración de planos de definición de las zonas de riesgo de inundación posterior a la propuesta de actuación para esta zona.

7.9. S'Illot

En el actual planeamiento propuesto para este tramo en el Plan General de Ordenación Urbana no existe ninguna actuación que suponga una modificación significativa con respecto a la situación actual.

Este tramo está incluido como Área de Riesgo Potencial Significativo de Inundación en el Plan de Gestión de Riesgo de Inundación de la Demarcación Hidrográfica de las Islas Baleares y por tanto, las actuaciones contempladas en el Plan General de Ordenación Urbana están supeditadas a lo que dicho documento dictamina, siendo en todo momento coherentes con el planeamiento propuesto.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, no procede la elaboración de planos de definición de las zonas de riesgo de inundación posterior a la propuesta de actuación para esta zona.

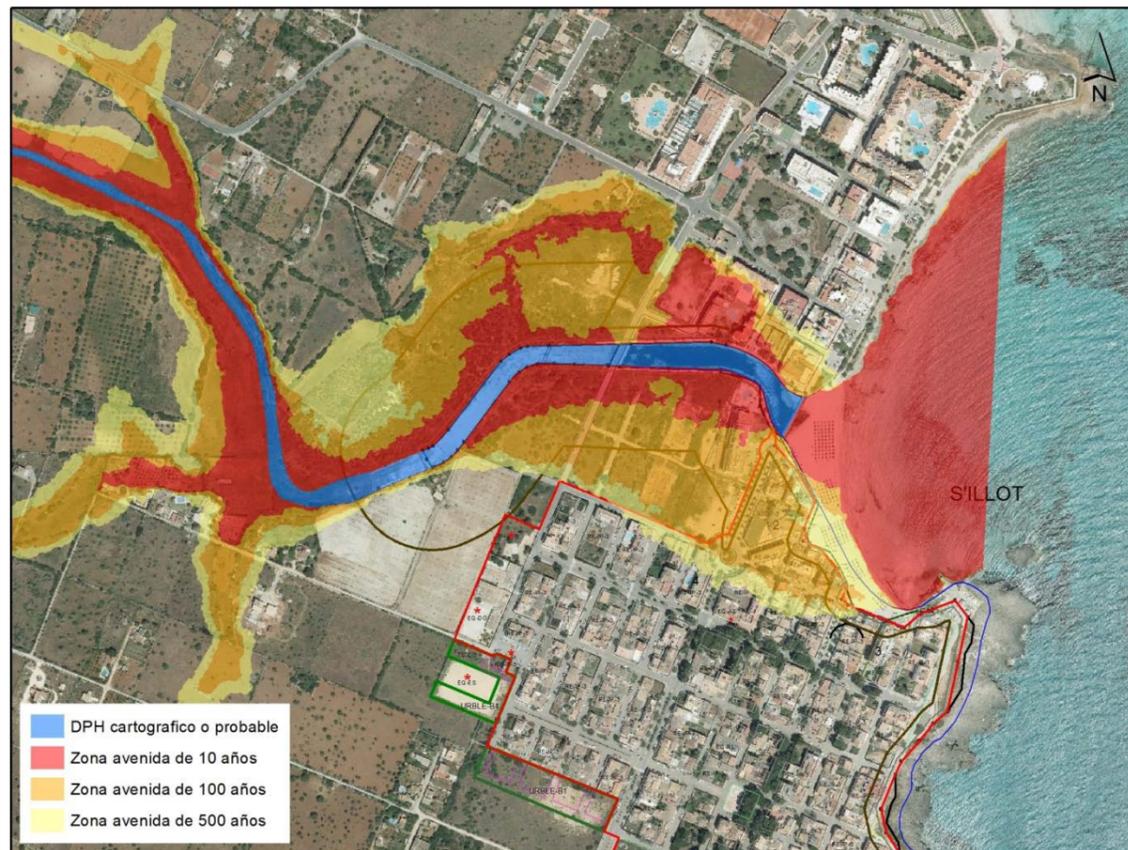


Figura 57.- Planeamiento propuesto en S'Illot

8. CONDICIONANTES AL PLANEAMIENTO

Las zonas más vulnerables a los episodios de inundaciones son las zonas urbanas, por llevar aparejados no sólo unos importantes daños materiales, sino porque pueden dar lugar a daños personales, e incluso la pérdida de vidas humanas.

La protección de estas zonas urbanas consolidadas resulta vital y por tanto debería postularse como uno de objetivos principales del planeamiento, evitando que se incremente el riesgo de inundación actualmente existente y que en lo posible se reduzca la peligrosidad mediante:

- La adopción de medidas que minimicen el riesgo dentro de lo técnicamente y medio ambientalmente viable.
- El incremento de la percepción del riesgo a través de estrategias de autoprotección de la población, los agentes sociales y económicos.
- La mejora de la coordinación administrativa entre todos los actores involucrados en la gestión del riesgo.
- Contribuyendo a mejorar la ordenación del territorio y la gestión de la exposición en las zonas inundables.
- Mejorando la resiliencia y disminuyendo la vulnerabilidad de los elementos ubicados en zonas inundables.

En los siguientes apartados se hace un breve repaso del marco normativo actual, para posteriormente traducirlo en los condicionantes al planeamiento urbanístico que se pretende aplicar en el término municipal de Manacor.

8.1. Marco normativo actual

Actualmente, la normativa estatal y autonómica que incide sobre la ordenación territorial y urbanística desde la perspectiva de la inundabilidad y sus restricciones de uso asociadas, es muy diversa y extensa.

A continuación se desgrana una recopilación de la más relevante, entre la que conviene no incluir para evitar confusión (y no para excluir), el Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones en la Comunidad Autónoma de Baleares (INUNBAL), pues su ámbito de aplicación se ciñe a cualquier situación de emergencia o preemergencia por causa de lluvias y sus efectos, estableciendo los avisos, la organización y los procedimientos de actuación de los servicios de la Comunidad Autónoma de Baleares.

Dentro del ámbito estatal, destacan las siguientes normativas que inciden en la ordenación territorial y urbanística:

- Ley del Suelo: El Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, establece en su artículo 21.2 que los terrenos con riesgo de inundación se preservarán para la ordenación territorial y urbanística y permanecerán como suelo rural.

- Ley de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad: La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, y en concreto en el artículo 2.f) se determina de la prevalencia de la protección ambiental sobre la ordenación territorial y urbanística.
- Real Decreto de Evaluación y Gestión del Riesgo de Inundación: El Real Decreto 903/2010 de 9 de julio, de evaluación y gestión del riesgo de inundación, que transpone la Directiva 2007/60/CE, y en concreto en su anexo A, establece que uno de los contenidos que tienen que tener los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI) es el referente a las “Medidas de ordenación territorial y urbanismo, que incluirán como mínimo las limitaciones de los usos del suelo planteadas en la zona inundable en sus distintos escenarios de peligrosidad, los criterios empleados para considerar el suelo como no urbanizable, y los criterios constructivos exigidos a las edificaciones situadas en zona inundable. Así mismo los instrumentos de ordenación territorial y urbanística, en la ordenación que hagan de los usos del suelo no podrán incluir determinaciones que no sean compatibles con el contenido de los PGRI, y reconocerá el carácter rural de los suelos en los cuales se presenten los citados riesgos de inundación o otros accidentes graves”.
- Ley de Aguas y su Reglamento del Dominio Público Hidráulico: La normativa hidráulica mediante Reglamento de Dominio Público Hidráulico establece limitaciones de usos en la Zona de Policía de los cauces además del Dominio Público Hidráulico y su Zona de Servidumbre, tal y como se desarrolla más adelante. Se indica también que el Gobierno puede establecer limitaciones en el usos de las zonas inundables para garantizar la seguridad de personas y bienes y que los Gobiernos de las Comunidades Autónomas pueden establecer normas complementarias a esta regulación. Así mismo en esta normativa se establece que los organismos de cuenca emiten informe previo sobre los planes que hayan de aprobar las Comunidades Autónomas en materia de medio ambiente, ordenación del territorio y urbanismo.

Dentro del ámbito autonómico, destacan las siguientes normativas que inciden en la ordenación territorial y urbanística:

- Ley de ordenación y uso del suelo y su Reglamento: El Reglamento general de la Ley 2/2014, de 25 de marzo, de ordenación y uso del suelo, para la isla de Mallorca establece en su artículo 11 que el planeamiento urbanístico deberá orientar los futuros desarrollos en zonas no inundables, de acuerdo con los instrumentos de ordenación territorial y los planes sectoriales autonómicos.
- Plan Territorial Insular de Mallorca: entre otras consideraciones, establece en sus normas de ordenación que en el planeamiento urbanístico de determinarán las zonas de inundación potencial y las zonas de riesgo de inundación y en los nuevos desarrollos se mantendrán los cursos de agua existentes en su estado natural, adoptando las medidas preventivas necesarias contra los riesgos de inundación, de acuerdo con el régimen hidráulico del curso fluvial.

8.2. Dominio Público Hidráulico

El régimen jurídico de los bienes de Dominio Público Hidráulico se inspira en los principios de inalienabilidad (el dominio público no se puede vender), imprescriptibilidad (no puede obtenerse su propiedad mediante usurpación) e inembargabilidad (no puede ser embargable). Por lo que deberán respetarse los terrenos correspondientes a éste, pertenecientes al demanio natural del Estado (que en ningún caso podrán ser incluidos como superficie para calcular aprovechamientos, ni estar inscritos a favor de particulares, Ayuntamientos, Juntas de Compensación, etc.).

En ningún caso se permitirá dentro del Dominio Público Hidráulico la construcción, montaje o ubicaciones de instalaciones destinadas a albergar personas, aunque sea con carácter provisional o temporal.

Las autorizaciones para siembras, plantaciones y corta de árboles en terrenos de dominio público hidráulico, se sujetarán a lo dispuesto en el artículo 53 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico y a las siguientes normas:

- Se concretará expresamente la extensión superficial de la siembra o plantación en hectáreas, sus límites, tipo de arbolado y densidad. En el caso de cortas, el peticionario deberá señalar además si realizó personalmente la plantación o si tiene permiso del que la hizo para llevarlas a cabo. Si se tratara de árboles nacidos espontáneamente, indicará la cantidad de madera medida en metros cúbicos.
- A la petición se unirá la siguiente documentación:
 - Plano a escala de la zona, si la superficie fuera igual o superior a una hectárea.
 - Croquis de la zona, si fuera inferior a una hectárea.
 - En su caso, documento justificativo de que el peticionario realizó la plantación o cuenta con autorización del que la hizo.

Las actuaciones que se planteen en Dominio Público Hidráulico y zona de policía de cauces públicos no deberán ser causa de nuevas afecciones significativas al cauce ni a las corrientes en régimen de avenidas, debiendo contar, en lo que a las primeras se refiere, con informe favorable del Órgano ambiental competente.

En la zona de policía de 100 metros de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce quedan sometidos a lo dispuesto en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico las siguientes actividades y usos del suelo:

- Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno.
- Las extracciones de áridos.
- Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional.
- Cualquier otro uso o actividad que suponga un obstáculo para la corriente en régimen de avenidas o que pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de la masa de agua, del ecosistema acuático, y en general, del dominio público hidráulico.

Un vez aprobado el Plan General de Ordenación Urbana, las obras y construcciones que vayan a realizarse como consecuencia de ese planeamiento que se ubiquen en la zona de policía (100 m

de anchura a ambos lados del cauce), de acuerdo con el Art. 78.1 del actual Reglamento del Dominio Público Hidráulico de la vigente Ley de Aguas (modificación de la Ley de Aguas 29/1985), no requerirán autorización del Organismo de cuenca, siempre que se lleven a cabo de acuerdo con los términos recogidos en el planeamiento de referencia.

Se respetará en las márgenes una anchura libre de 5 m en toda la longitud de la zona colindante con el cauce al objeto de preservar la servidumbre de paso establecida en los artículos 6 y 7 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, destinada al paso del personal de vigilancia, ejercicio de actividades de pesca y paso de salvamento entre otras.

8.3. 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 envolvente de ambas zonas. La definición concreta de las zonas anteriores se encuentra incorporada al artículo 9.2 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.

Son autorizables en zona de flujo preferente, actuaciones que no supongan una alteración significativa del relieve, tales como usos agrícolas, zonas verdes, zonas de aparcamiento, deportivas y otros espacios libres.

En la zona de flujo preferente, dentro de la zona de policía, no se podrán realizar nuevas edificaciones ni obras de ampliación y variación de volumen de las construcciones existentes, sin embargo no se impide la realización de pequeñas reparaciones que exige la higiene, el ornato y la normal conservación de los inmuebles.

En la zona inundable fuera de la zona de flujo preferente, tanto dentro como fuera de la zona de policía, y que debería cumplir, entre otras, una función laminadora del caudal de avenida, se atenderá a lo previsto al respecto en la legislación de Protección Civil (estatal y autonómica) y a lo que establece en ellas el vigente Plan Hidrológico de las Islas Baleares.

8.4. Zona Inundable

Se considera zona inundable a los terrenos que puedan resultar inundados por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de 500 años, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como de series de avenidas históricas y documentos o evidencias históricas de las mismas en los lagos, lagunas, embalses, ríos o arroyos, así como las inundaciones en las zonas costeras y las producidas por la acción conjunta de ríos y mar en las zonas de transición. Estos terrenos cumplen labores de retención o alivio de los flujos de agua y carga sólida transportada durante dichas crecidas o de resguardo contra la erosión.

En relación con las zonas inundables, se distinguirá entre aquéllas que están incluidas dentro de la

zona de policía, en la que la ejecución de cualquier obra o trabajo precisará autorización administrativa de los Organismos de cuenca, de aquellas otras zonas inundables situadas fuera de dicha zona de policía, en las que las actividades serán autorizadas por la administración autonómica competente con sujeción, al menos, a las limitaciones de uso que se establecen más adelante.

En caso de que los terrenos se sitúen en zona inundable (aquella delimitada por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años), se recordará al peticionario la conveniencia de analizar los riesgos y, en consecuencia, adoptar las medidas adecuadas, con arreglo a lo previsto en la legislación de Protección Civil y en el vigente Plan Hidrológico de las Islas Baleares.

En estas zonas no se prejuzga el carácter público o privado de los terrenos, y las autoridades Hidráulicas podrán establecer limitaciones en el uso, para garantizar la seguridad de personas y bienes. En este sentido, según se establece en el vigente Plan Hidrológico de las Islas Baleares:

- La ordenación de los usos del suelo no podrá incluir determinaciones incompatibles con el contenido de los planes de gestión del riesgo de inundación, y reconocerán el carácter rural de los suelos en los que concurren dichos riesgos de inundación o de otros accidentes graves.
- Se prohíbe la realización de cualquier actuación que interrumpa tanto el funcionamiento hidráulico como la dinámica fluvial de la red de drenaje natural del territorio o que, por su localización o diseño, pueda actuar como dique en el discurso de las aguas y aumentar los daños potenciales causados por la inundación.
- Las infraestructuras lineales han de incorporar en su diseño los pasos de agua necesarios para las avenidas correspondientes al tipo de obra de que se trate, y adecuadamente dimensionados para permitir la circulación de las aguas, incluso en las mayores avenidas previsibles. Los planes de mantenimiento de las infraestructuras mencionadas deben incorporar las labores de limpieza de dichos pasos que garanticen su funcionamiento y permitan mantener la circulación del caudal de diseño.
- La aprobación del planeamiento urbano en zonas inundables está sujeto a informe favorable y a la delimitación previa de la zona de inundación por parte de la Administración Hidráulica.
- Toda actuación que se realice en una zona inundable o en una zona potencialmente inundable requiere autorización de la Administración hidráulica y, en función de los resultados de los estudios hidrometeorológicos e hidrológicos-hidráulicos necesarios, estarán prohibidos los usos siguientes:
 - Zona de baja probabilidad de inundación: se prohíben las instalaciones o actividades de almacenamiento de sustancias contaminantes relacionadas en el apartado D del anexo 3 del PHIB, salvo que cuente con las medidas preventivas, suficientes a juicio de la Administración hidráulica, para garantizar la no afección al dominio público hidráulico. La relación de sustancias contaminantes se refiere a:

- Compuestos organohalogenados y sustancias que puedan dar origen a compuestos de esta clase en el medio acuático.
- Compuestos organofosforados.
- Compuestos organoestánicos.
- Sustancias y preparados, o productos derivados de ellos, cuyas propiedades cancerígenas, mutágenas o que puedan afectar a la tiroideas, esteroidogénica, a la reproducción o a otras funciones endocrinas en el medio acuático o a través del medio acuático estén demostradas.
- Hidrocarburos persistentes y sustancias orgánicas tóxicas persistentes y bioacumulables.
- Cianuros.
- Metales y sus compuestos.
- Arsénico y sus compuestos.
- Biocidas y productos fitosanitarios.
- Materias en suspensión.
- Sustancias que contribuyen a la eutrofización (en particular nitratos y fosfatos).
- Sustancias que ejercen una influencia desfavorable sobre el balance de oxígeno (y computables mediante parámetros tales como DBO o DQO).
- Zona de probabilidad media: además de lo previsto en el apartado anterior, se prohíben con carácter general las instalaciones destinadas a servicios públicos esenciales o que conlleven un alto nivel de riesgo en situaciones de avenida.
- Zona de probabilidad alta de inundación: se prohíben con carácter general los usos previstos en los apartados anteriores y los usos y edificaciones que conlleven un riesgo potencial de pérdida de vidas humanas.
- Ni en la memoria ni en la normativa del vigente Plan Hidrológico de las Islas Baleares, se definen los anteriores conceptos de zonas de baja, media y alta probabilidad de inundación. No obstante, se trata de términos bien conocidos en el ámbito técnico del agua, e incluso incluidos en alguna normativa estatal (artículo 8 del Real Decreto 903/2010 de 9 de julio, de evaluación y gestión del riesgo de inundación), que los incorpora en los mismo términos que el PHIB añadiendo una definición más concreta referida al periodo de retorno:
 - Zona de baja probabilidad de inundación: se asocia a un periodo de retorno de 500 años.
 - Zona de probabilidad media de inundación: se asocia a un periodo de retorno de 100 años.
 - Zona de probabilidad alta de inundación: se asocia a un periodo de retorno de 10 años.

8.5. Condicionantes en Suelo Urbano Consolidado

El principal problema con el que se va a encontrar el objetivo de protección del suelo urbano consolidado recae en una realidad contradictoria con el marco normativo actual y es que la mayoría de estas ocupaciones y edificaciones han sido implantadas con anterioridad a la legislación vigente y, por uno otro motivo, tienen su razón de ser en la proximidad de los cauces.

Para estos casos, las posibles soluciones pasan por el establecimiento de contenidos propios en el planeamiento urbanístico, incorporando criterios y contenidos de la administración hidráulica y de protección civil que busquen la manera de hacer que los elementos vulnerables ante el riesgo de inundación no sufran daños.

En este sentido, una vez aprobado el Plan General de Ordenación Urbana y a partir de la fecha de entrada en vigor del mismo, se propone la incorporación del siguiente condicionante al contenido del Plan: en el suelo que se encuentre a fecha de entrada en vigor de dicho planeamiento en la situación básica de suelo urbanizado de acuerdo con el artículo 21.3 del texto refundido de la Ley del Suelo aprobado por Real Decreto Legislativo 7/2015 de 30 de octubre, en la zona de flujo preferente y en la zona inundable exterior a esta, se podrán realizar nuevas edificaciones, obras de reparación o rehabilitación que supongan un incremento de la ocupación en planta o del volumen de edificaciones existentes, cambios de uso, garajes subterráneos, sótanos y cualquier edificación bajo rasante e instalaciones permanentes de aparcamientos de vehículos en superficie, siempre que se reúnan los siguientes requisitos:

- No representen un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad de las personas o bienes frente a las avenidas al diseñarse teniendo en cuenta el riesgo al que están sometidos.
- Que no se incremente de manera significativa la inundabilidad del entorno, ni se condicionen las posibles actuaciones de defensa contra inundaciones de la zona urbana.
- Que no se traten de instalaciones que almacenen, transformen, manipulen, generen o viertan productos que pudieran resultar perjudiciales para la salud humana y el entorno (suelo, agua, vegetación o fauna) como consecuencia de su arrastre, dilución o infiltración, en particular estaciones de suministro de carburante, depuradoras industriales, almacenes de residuos, instalaciones eléctricas de media y alta tensión.
- Que no se trate de centros escolares o sanitarios, residencias de personas mayores, o de personas con discapacidad, centros deportivos o grandes superficies comerciales donde puedan darse grandes aglomeraciones de población.
- Que no se trate de parques de bomberos, centros penitenciarios, instalaciones de los servicios de Protección Civil.
- Las edificaciones de carácter residencial deberán disponer los usos residenciales a una cota tal que no se vean afectados por la avenida de periodo de retorno de 500 años. Además, se incluirán respiraderos, vías de evacuación por encima de la cota de dicha avenida y los garajes y sótanos deberán diseñarse teniendo en cuenta el riesgo de inundación existente, incluyendo medidas que minimicen los eventuales daños que puedan originarse.
- Que se aporte a la administración hidráulica competente declaración responsable en la que

expresare claramente que conoce y asume el riesgo existente en la nueva edificación y las medidas de protección civil aplicables al caso, con independencia de las medidas complementarias que estime oportuno adoptar para su protección.

9. CONCLUSIÓN

Con todo lo expuesto en el presente documento, el técnico que suscribe, estima que queda convenientemente analizada y justificada la problemática planteada en la actualidad en materia de zonas inundables dentro del término municipal de Manacor.

Por lo tanto, el presente documento permite disponer de un diagnóstico de la situación actual del término municipal en materia de riesgos de inundación, y contienen la delimitación de las zonas inundables que afectan a los núcleos urbanos del término de Manacor, todo ello de acuerdo con la normativa vigente en materia de aguas, de forma que se pueden incorporar directamente en el futuro Plan General de Ordenación Urbana los condicionantes propuestos.

El documento supone además un punto de partida para el lanzamiento de posibles soluciones a los problemas detectados en diversos tramos, al haberse abordado la modelización en éstos de una forma más profunda a la habitual.

En Madrid, a 22 de febrero de 2016, en representación de Getinsa-Payma S.L.,

Ruimán Zapata Sánchez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, colegiado nº 22.975