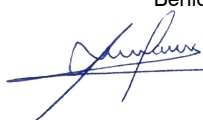


DILIGENCIA: Para hacer constar que este documento que consta de 88 páginas, forma parte de la VERSIÓN FINAL Y ESPEDIENTE DE EVALUACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL ESTRATÉGICA DEL PLAN PARCIAL 1/1 "ENSANCHE DE LEVANTE", DICIEMBRE 2021, aprobado provisionalmente por el Pleno Municipal en sesión de fecha 30 de diciembre de 2021

Benidorm, a 24 de enero de 2022

SECRETARIA P.D.



PLAN GENERAL DE BENIDORM SECTOR PP 1/1 ENSANCHE LEVANTE

PLAN PARCIAL

Anexo nº 4 Estudio de Inundabilidad



AGRUPACIÓN DE INTERÉS URBANÍSTICO SECTOR PP 1/1

Equipo redactor:

Juan Miguel Otxotorena. Arquitecto.
José Ramón García Pastor. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Rafael Ballester Cecilia. Abogado urbanista.
David Gran. Ingeniero Civil.
Desiré Ruiz Pérez. Abogada urbanista.
José Manuel Giménez Ferrer. Geógrafo.
Ernesto López de Atalaya Alberola. Abogado urbanista.
José Vicente Sánchez Cabrera. Geógrafo.
José Ramón Lillo Jara. Abogado urbanista.
Beatriz Ortiz Javaloyes. Abogada urbanista.
Mónica Torres. Delineante.

Fecha de esta PROPUESTA para APROBACIÓN: abril de 2021

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
1.1	ANTECEDENTES	5
1.2	USOS DEL SUELO DEL PLAN PARCIAL.....	16
2	ÁMBITO DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD	18
3	ANÁLISIS HIDROLÓGICO DEL SECTOR PP 1/1. AFECCIÓN EN LA GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA	20
3.1	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	20
3.2	CUANTILES DE PRECIPITACIÓN. HIETOGRAMAS DE DISEÑO	22
3.3	UMBRAL DE ESCORRENTÍA. MÉTODO DEL NÚMERO DE CURVA.....	25
3.4	HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK.....	34
3.5	RESULTADOS	35
3.6	MEDIDA CORRECTORA	39
4	ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL BARRANCO LLIRIET	41
4.1	CUENCAS VERTIENTES AL ÁREA DE ESTUDIO (PDMB).....	41
4.2	ESTADO ACTUAL.....	43
4.3	MODELO HIDRÁULICO EN SITUACIÓN ACTUAL	47
4.3.1	MODELO DIGITAL DEL TERRENO	47
4.3.2	ÁMBITO MODELADO Y MALLA 2D.....	50
4.3.3	RUGOSIDAD	53
4.3.4	CONDICIONES DE CONTORNO E INICIALES	54
4.3.5	ESTRUCTURAS	55
4.4	RESULTADOS EN SITUACIÓN ACTUAL. VALIDACIÓN CON LOS RESULTADOS DEL PDMB	57
4.4.1	T= 10 AÑOS	57
4.4.2	T=25 AÑOS	58
4.4.3	T=100 AÑOS	59
4.4.4	T=500 AÑOS	60
4.4.5	DPH Y ZFP	61
4.4.6	PELIGROSIDAD PATRICOVA	63
4.5	PROPUESTA DE ACTUACIÓN PP 1/1 “ENSANCHE LEVANTE”	65
4.6	MODELO HIDRÁULICO EN SITUACIÓN FUTURA	67
4.6.1	MODELO DIGITAL DEL TERRENO.....	67
4.6.2	ÁMBITO MODELADO Y MALLA 2D.....	68
4.6.3	RUGOSIDAD	70
4.6.4	CONDICIONES DE CONTORNO E INICIALES	70

4.6.5	ESTRUCTURAS.....	70
4.7	RESULTADOS EN SITUACIÓN FUTURA	71
4.7.1	T= 10 AÑOS	71
4.7.2	T=25 AÑOS	72
4.7.3	T=100 AÑOS	73
4.7.4	T=500 AÑOS	74
4.7.5	DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO (DPH)	75
4.7.6	ZONA DE FLUJO PREFERENTE	77
4.7.7	PELIGROSIDAD PATRICOVA	79
4.8	ANÁLISIS DE AFECCIONES (PATRICOVA).....	80
5	CONCLUSIONES.....	86
6	PLANOS.....	88

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Con fecha 2 de julio de 2018, se presentó en el registro de entrada del Ayuntamiento de Benidorm (Expte 2018/REGING-8435), por parte de la AGRUPACIÓN DE INTERÉS URBANÍSTICO DEL SECTOR PP 1/1 ARMANELLO, los documentos de AVANCE DE PLANEAMIENTO y el DOCUMENTO INICIAL ESTRATÉGICO DEL SECTOR PP 1/1 ENSANCHE LEVANTE para su admisión y tramitación

En respuesta a este documento y como consulta para la elaboración del documento de alcance del estudio ambiental estratégico relativo al plan parcial, la CONFEDERACIÓN HIDROGRAFICA DEL JÚCAR (CHJ) emite informe el 3 de enero de 2019 (S/R: 048/18-EAE) en el que se analizan los siguientes aspectos:

- Afección del planeamiento al dominio público hidráulico.
- Incidencia en el régimen de corrientes.
- Disponibilidad de recursos hídricos.

Respecto a los dos primeros puntos del informe de la CHJ que son de los que trata este anexo, se indicaba lo siguiente:

....1. AFECCIÓN A DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO O A SUS ZONAS DE SERVIDUMBRE Y POLICÍA

1.1. Afección a cauces

Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 2, 4 y 5 del texto refundido de la Ley de Aguas, según la serie a escala 1:25000 del Mapa Topográfico Nacional, en el entorno de la actuación se ubican los cauces que se indican en la figura siguiente:

De acuerdo con la documentación presentada, la actuación supone la ocupación de zona de policía de cauces públicos. A este respecto se recuerda que:

- *Tal y como se establece en los artículos 2 y 6 del texto refundido de la ley de aguas, pertenecen al dominio público hidráulico los cauces de corrientes naturales, ya sean continuas o discontinuas. Estos cauces se encuentran protegidos por una faja lateral de 5 metros de anchura, que constituye la zona de servidumbre, y por una faja lateral de 100 metros de anchura, que conforma la zona de policía.*
- *La mencionada zona de servidumbre se debe mantener expedita para uso público (art.7 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D. 849/1986)), quedando supeditada la ejecución de cualquier actividad de las comprendidas en el artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (extracción de áridos, modificaciones sustanciales del relieve, construcciones definitivas o provisionales y, en definitiva, cualquier uso o actividad que suponga obstáculo para la corriente o que pueda ser*

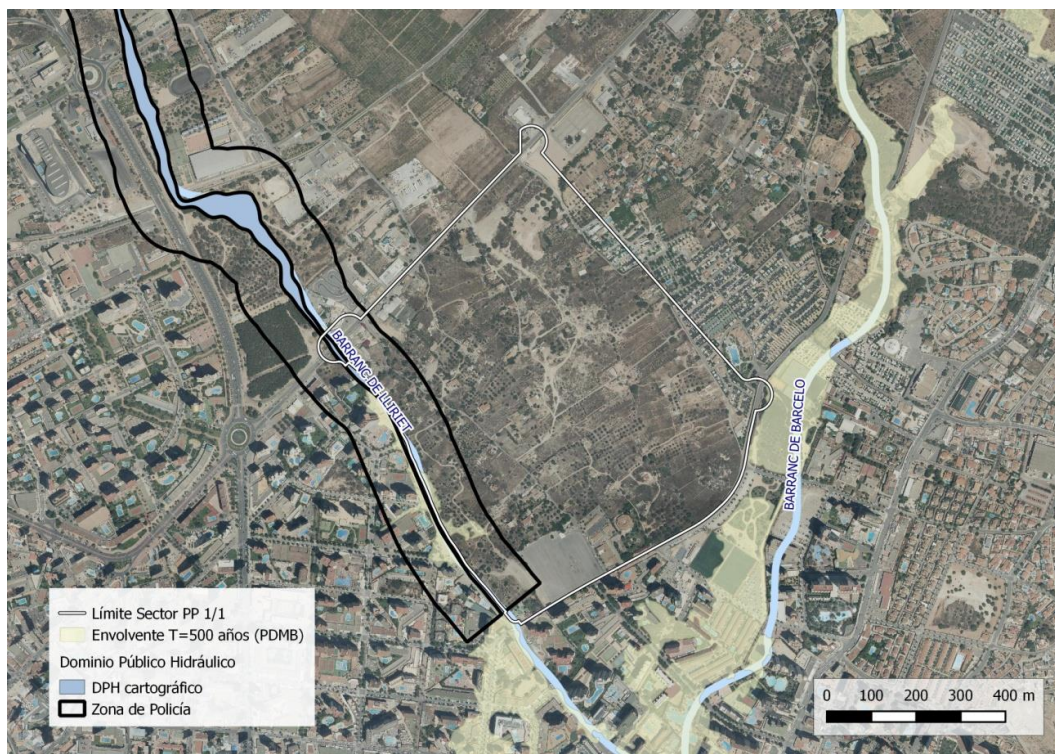
causa de degradación o deterioro del dominio público hidráulico) y que se pretenda realizar en zona de policía de cauce público, a la obtención de la previa autorización de este organismo, conforme a lo dispuesto en dicho artículo.

En todo caso, previamente al inicio de los trabajos de explotación en zona de policía de cauce público se deberá contar con la autorización de este organismo.

.....2. VIABILIDAD DE LA ACTIVIDAD E INCIDENCIA EN EL RÉGIMEN DE CORRIENTES

2.1. Inundabilidad del ámbito de actuación

Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 2, 4 y 5 del texto refundido de la Ley de Aguas, según la serie a escala 1:25000 del mapa topográfico nacional y de acuerdo con los trabajos realizados por este organismo, en cumplimiento de lo establecido por la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, para elaborar el sistema nacional de cartografía de zonas inundables, los resultados obtenidos son los que se muestran en la figura siguiente, en la cual en beige se representa la zona inundable para la avenida de 500 años de periodo de retorno y en azul claro se representa la zona de flujo preferente.



Ámbito de la actuación con indicación de los cauces existentes en el entorno, su zona de policía y zona inundable para la avenida de 500 años de periodo de retorno.

2.2. Afección al régimen de corrientes

De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico R.D. 849/1986, en la zona de flujo preferente de los cauces no pueden autorizarse actividades vulnerables frente a las avenidas ni actividades que supongan una reducción significativa de la capacidad de desagüe de la citada zona de flujo preferente.

De acuerdo con los resultados del apartado anterior, el ámbito de la actuación está afectado por zona inundable del barranco del Liriet y pudiera estar afectado también por zona de flujo preferente, por lo que se deberá cumplir lo establecido en el artículo 9 bis y 14 bis del Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

Dentro de la documentación incluida en la Versión Preliminar del Plan Parcial que se presenta, el 26 de septiembre de 2019 con número de expediente 2019/REGING-10789/10.793/10.795, se adjuntaba el anexo nº4 con el Estudio de Inundabilidad en donde se estudia la afección en el ámbito del Sector PP 1/1 y al Barranco de Liriet.

Con fecha 22 de junio de 2020 el Ayuntamiento de Benidorm, realiza consulta a la CHJ sobre la Versión Preliminar del Plan Parcial 1/1 “Ensanche Levante” del PGOU, emitiéndose informe al respecto por parte de la CHJ el 11 de diciembre de 2020 (N/R: 2020-AM-0185); S/R: PL-8/2018 VERSIÓN PRELIMINAR PP 1/1 ENSANCHE LEVANTE Y EATE en el que se volvían a analizar los siguientes aspectos:

- Afección al dominio público hidráulico o a sus zonas de servidumbre y policía.
- Viabilidad del Plan e incidencia en el régimen de corrientes.
- Disponibilidad de recursos hídricos.
- Afección del Plan parcial a proyectos, obras e infraestructuras hidráulicas de interés general.

En este nuevo informe de la CHJ se indicaba lo siguiente en relación a la afección al dominio público hidráulico o a sus zonas de servidumbre y policía, viabilidad del Plan e incidencia en el régimen de corrientes y afección del Plan parcial a proyectos, obras e infraestructuras hidráulicas de interés general.

1. AFECCIÓN A DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO O A SUS ZONAS DE SERVIDUMBRE Y POLICIA

1.1. Afección a cauces

Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 2, 4 y 5 del texto refundido de la Ley de Aguas, según la serie a escala 1:25000 del Mapa Topográfico Nacional y la cartografía del Catastro, en el entorno de la actuación se ubican los cauces que se indican en la figura siguiente.

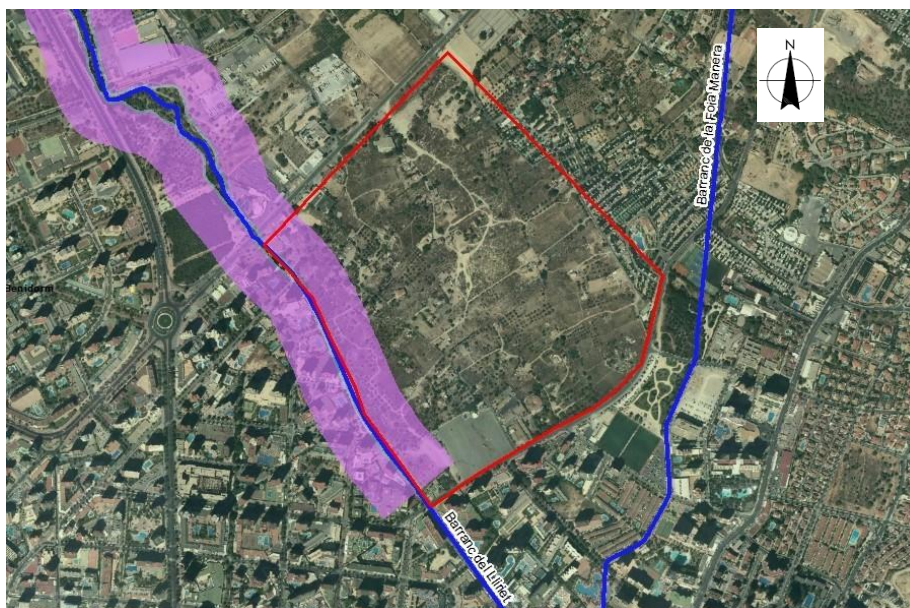


Figura 1. Ámbito del Plan Parcial (rojo), con indicación de los cauces existentes en el entorno, y la zona de servidumbre (gris) y policía (lila) del barranc del Lliriet o de Derramador.

De acuerdo con la documentación presentada, la actuación supone la ocupación de zona de policía del barranc del Lliriet o de Derramador, y el de la Foia Manera, respetando la zona de servidumbre para uso público a efectos de los fines previstos en el artículo 7 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico. A este respecto se recuerda que:

- Tal y como se establece en los artículos 2 y 6 del texto refundido de la ley de aguas, pertenecen al dominio público hidráulico los cauces de corrientes naturales, ya sean continuas o discontinuas. Estos cauces se encuentran protegidos por una faja lateral de 5 metros de anchura, que constituye la zona de servidumbre, y por una faja lateral de 100 metros de anchura, que conforma la zona de policía.
- La mencionada zona de servidumbre se debe mantener expedita para uso público (art. 7 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D. 849/1986)), quedando supeditada la ejecución de cualquier actividad de las comprendidas en el artículo 9 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (extracción de áridos, modificaciones sustanciales del relieve, construcciones definitivas o provisionales y, en definitiva, cualquier uso o actividad que suponga obstáculo para la corriente o que pueda ser causa de degradación o deterioro del dominio público hidráulico) y que se pretenda realizar en zona de policía de cauce público, a la obtención de la previa autorización de este organismo, conforme a lo dispuesto en dicho artículo.

En todo caso, previamente al inicio de los trabajos de explotación en zona de policía de cauce público se deberá contar con la autorización de este organismo.

2. VIABILIDAD DEL PLAN E INCIDENCIA EN EL RÉGIMEN DE CORRIENTES

2.1. Inundabilidad del ámbito de actuación

Sin perjuicio de lo dispuesto en los artículos 2, 4 y 5 del texto refundido de la Ley de Aguas, según la serie a escala 1:25000 del mapa topográfico nacional y de acuerdo con los trabajos realizados por este organismo, en cumplimiento de lo establecido por la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación, para elaborar el sistema nacional de cartografía de zonas inundables, los resultados obtenidos son los que se muestran en la figura siguiente, en la cual en amarillo se representa la zona inundable para la avenida de 500 años de periodo de retorno y en verde se representa la zona de flujo preferente.

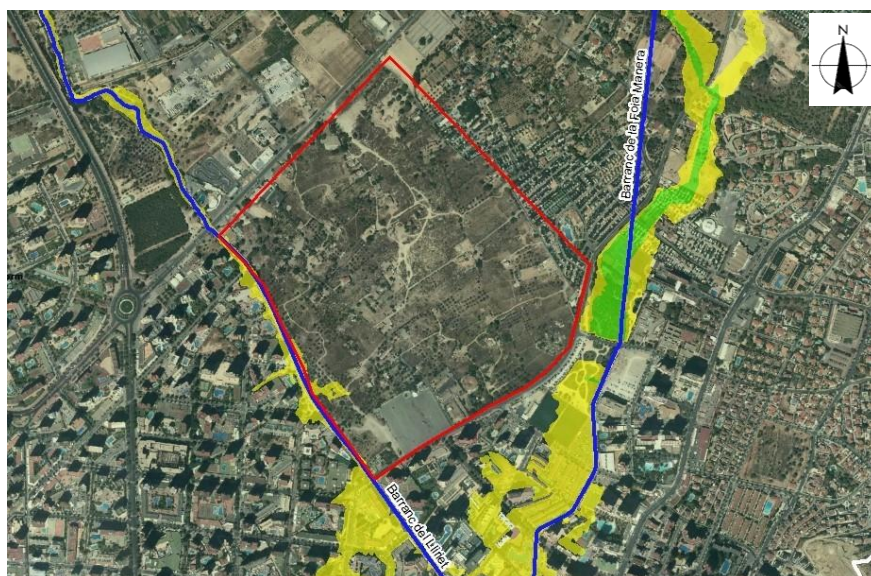


Figura 2. Ámbito de la actuación (rojo) con indicación de los cauces existentes en el entorno, sus zonas de flujo preferente (verde) y zona inundable para la avenida de 500 años de periodo de retorno (amarillo).

Por otro lado, la documentación aportada incluye un estudio de inundabilidad, Anexo nº4, relativo a la versión preliminar del Plan Parcial 1/1 Ensanche Levante de Benidorm (Alicante) redactado por CAINUR con fecha septiembre de 2019, en el cual se considera el bco. de Liriet o de Derramador y que se valora a continuación:

1. ANÁLISIS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Los hidrogramas considerados en el estudio para el barranco Liriet han sido los del Plan Director de Defensa contra Avenidas en la Comarca de la Marina Baja (en adelante PDMB):

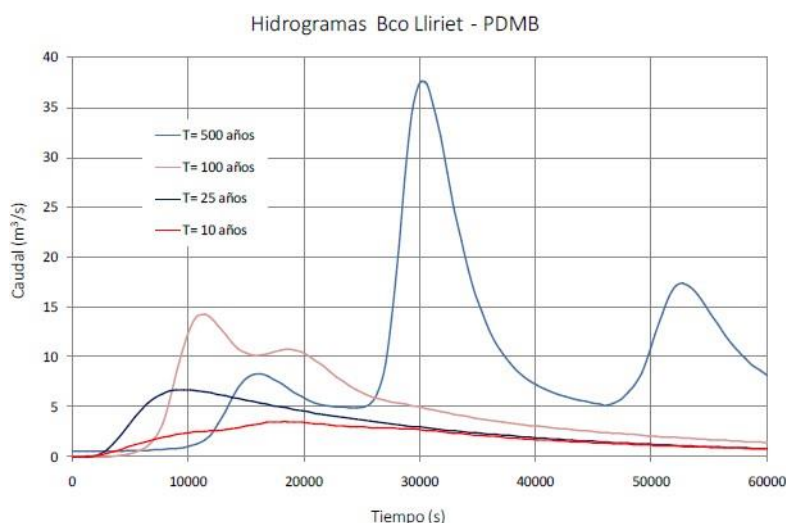


Figura 3. Hidrogramas empleados en el estudio procedentes del PDMB.

Estos hidrogramas han sido los empleados para la modelización hidráulica del barranco Liriet, tanto en situación actual como futura, dado que en el plan parcial 1/1 Ensanche Levante no se considera la ejecución de la balsa de laminación que estaba prevista en el PDMB.

2. ANÁLISIS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO

Para el tramo del barranco Liriet colindante con el sector 1/1 Ensanche Levante, en el estudio se elabora un modelo hidráulico bidimensional con la aplicación IBER, tomando para la geometría del mismo el modelo digital del terreno procedente del PDMB, pero actualizando en el estudio la máscara de edificios.

En dicho modelo hidráulico se considera adecuado: la elección de los tamaños de malla (de 2 y 5 metros), los valores asignados a la rugosidad de los diferentes tipos de terreno y las condiciones de contorno aplicadas, en particular para las condiciones de salida se ha supuesto el nivel del mar con un nivel de marea que está de acuerdo con el PDMB.

Asimismo, se han considerado las estructuras existentes en los cauces como condiciones internas del modelo y con una rugosidad adecuada (2 marcos de hormigón con $n=0,02$).

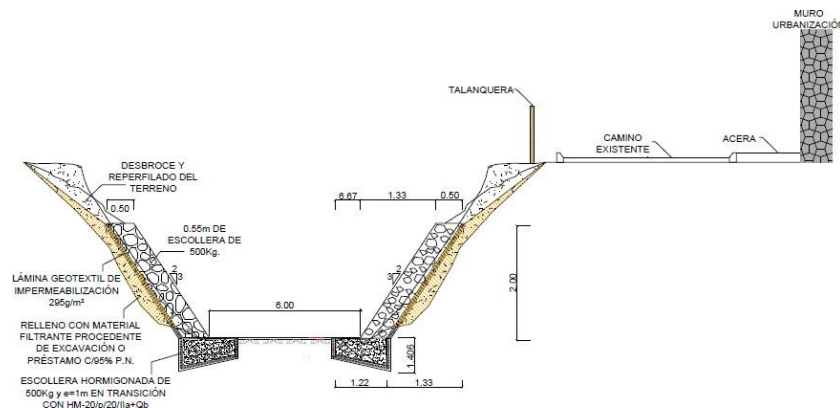
Por tanto, en el estudio se han obtenido resultados similares a los del PDMB, pero con mayor precisión, debido al menor tamaño de la malla de cálculo.

En el estudio se adopta la zona de flujo preferente y la zona de dominio público hidráulico del barranco Liriet procedente del PDMB.

En el estudio se propone el encauzamiento del barranco Liriet con la misma sección que estaba prevista en el PDMB, adoptando dimensiones, tipología y materiales (figuras 4, 5 y 6). A la rugosidad de la canalización prevista se le

asocia un valor de 0,045 y se elabora un nuevo modelo hidráulico, comparando los resultados obtenidos con la situación actual. En el estudio se comprueba que no existen incrementos significativos de calado tal y como se definen en el PATRICOVA. (Los incrementos de calados superiores a 0,1 metros dentro del ámbito del sector se deben a que el encauzamiento proyectado ocupa nuevos terrenos paralelos al actual cauce).

Por otra parte, en el estudio se justifica que el incremento de escorrentía producido como consecuencia de la impermeabilización del sector no supondrá afección a terceros, pues dicho incremento (concretamente el volumen correspondiente al hidrograma de 500 años de periodo de retorno en situación futura: 79.100 m³) se recoge y lamina en la parte central del sector, destinado a parque inundable, con una superficie de 87.790 m² y profundidad media de 0,9 metros (figura 7).



Sección en la zona de actuación, entre las obras de paso BEN-203 y BEN-202

Figura 4. Sección de encauzamiento prevista en el PDMB.

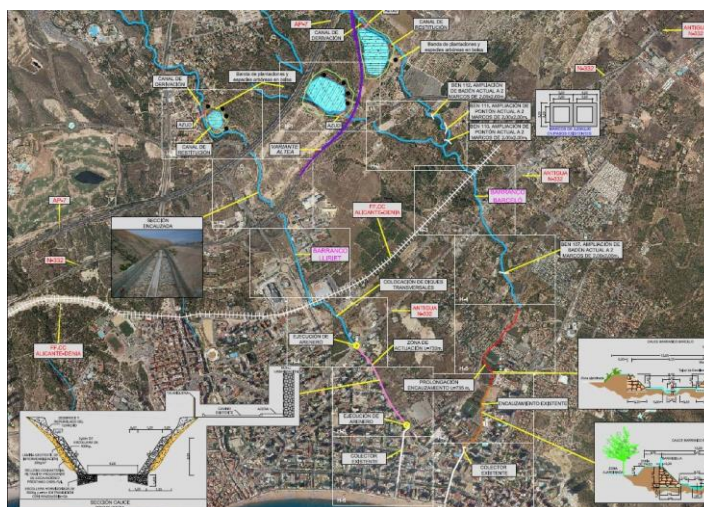


Figura 5. Planta de las actuaciones previstas en el PDMB para el barranc de Liriet.

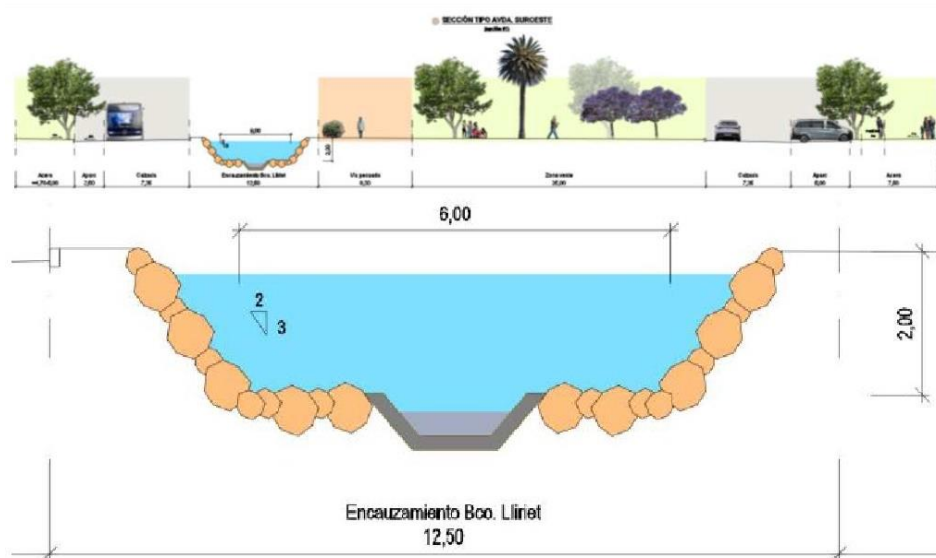


Figura 6. Sección prevista en el estudio para el encauzamiento del barranco Liriet.



Figura 7. En color verde parque inundable para la laminación de la escorrentía propia del sector.

De acuerdo con los resultados del estudio, el sector PP 1/1 Ensanche Levante no sería inundable en situación futura (figura 8).



Figura 8. Peligrosidad de inundación según criterios de PATRICOVA obtenida en el estudio para situación futura.

2.2. Afección al régimen de corrientes

De acuerdo con los resultados del apartado anterior, el ámbito del Plan Parcial se sitúa en zona de policía del barranco de LLiriet y del barranc de la Foia Manera, y se encuentra afectado por la zona inundable para la avenida de 500 años del barranc del Lliriet, pero no se encuentra afectado por la zona de flujo preferente de dicho cauce.

Por otro lado, valorado el estudio de inundabilidad presentado, se concluye que una vez desarrollado el Sector, éste no será inundable, por lo que no existiría afección al régimen de corrientes.

2.3. Viabilidad de la actividad

Este organismo se pronunciará únicamente dentro de zona de policía de cauce público, sin perjuicio de las competencias de otras administraciones, fuera de esta zona será la administración competente, bien sea la Comunidad Autónoma bien sea la Entidad Local, quien deba pronunciarse sobre la conveniencia de la actuación, como así se establece en la GUÍA TÉCNICA DE APLICACIÓN DEL REGLAMENTO DEL DPH EN LAS LIMITACIONES A LOS USOS DEL SUELO EN LAS ZONAS INUNDABLES DE ORIGEN FLUVIAL, más concretamente en los apartados 2.1 COMPETENCIAS DE LOS ORGANISMOS DE CUENCA y 2.2. COMPETENCIAS DE LAS CCAA Y ENTIDADES LOCALES del Capítulo II: CRITERIOS DE APLICACIÓN.

A los efectos del párrafo anterior, y con el objeto de aplicar adecuadamente el correspondiente artículo del RDPH, es necesaria la justificación de la situación básica del suelo a la fecha de entrada en vigor de la modificación del RDPH, distinguiendo si los terrenos se encuentran en la situación de suelo rural o de

suelo urbanizado, según se contempla en el artículo 21 del 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.

En el caso que nos ocupa, nos encontramos en suelo urbanizable según el planeamiento vigente actualmente, pudiendo considerar la situación básica del suelo como de rural sometido a transformación urbanística, por lo que el artículo del RDPH a aplicar, en caso de que las zonas de actuación del ámbito de la Modificación Puntual resulten afectadas por zona de flujo preferente o la zona inundable asociada a un periodo de retorno de 500 años, será el 9 bis o el 14 bis.1.

Por otra parte, con objeto de reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos en las zonas inundables y promover la adaptación al riesgo de inundación el MITECO está elaborando unas guías de adaptación al Riesgo de Inundación, las cuales se pueden descargar en el siguiente enlace:

<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/planes-gestion-riesgos-inundacion/Adaptacion-al-riesgo-de-inundacion.aspx>

4. AFECCIÓN DEL PLAN PARCIAL A PROYECTOS, OBRAS E INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DE INTERÉS GENERAL

Por otra parte, en relación con la afección del Plan a proyectos, obras e infraestructuras hidráulicas de interés general, consultado los antecedentes obrantes en este organismo se comprueba que el siguiente instrumento relativo a inundaciones afecta al ámbito objeto del Plan Parcial:

El Plan Director de Defensa contra las avenidas de la comarca de la Marina Baja (PDDMB).

Este instrumento planteaba una serie de actuaciones en el barranc de Lliriet con el objetivo de eliminar o reducir en lo posible el riesgo frente a inundaciones en el municipio de Benidorm.

Las actuaciones de tipo estructural contempladas que afectarían al ámbito del Plan son:

A) Mejora de las obras de paso y adecuación de su cauce: No se propone la ampliación o sustitución de ninguna obra de paso, ya que no presentan problemas de capacidad. Si se propone la ejecución de un arenero aguas arriba del cruce de la antigua N-332.

A partir de este cruce se propone el acondicionamiento del cauce (Figura 5) en una longitud de 735 metros, mediante una sección con taludes a base de escollera hormigonada y de la ejecución de una acera y de un camino asfaltado en la margen derecha. En la cabeza del talud se propone la instalación de una talanquera. Al final de este tramo se propone la ejecución de otro arenero,

aguas arriba de la embocadura del colector, con el fin de evitar la entrada de los arrastres solidos al mismo.

Se presenta el siguiente documento de “Estudio de Inundabilidad del Sector PP 1/1 “Ensanche Levante” del Plan General de Benidorm (Alicante)” como parte integrante de la documentación necesaria para la tramitación y aprobación del citado sector de suelo urbanizable y las correspondientes autorizaciones por parte del Organismo de Cuenca por afectar a la zona de policía de cauce público.

Indicar que el alcance del presente anexo del Plan Parcial, es realizar una descripción de la actuación planteada en lo que respecta al tratamiento del barranco y la justificación de que no presenta riesgo de inundación para el periodo de retorno considerado de 500 años, además de no afectar a terceros, tomando como base, al igual que el documento de la versión preliminar, de los criterios indicados en el PLAN DIRECTOR DE DEFENSAS CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA de la CHJ.

En este documento refundido se vuelven a comprobar los siguientes aspectos tenidos en cuenta en el informe de la CHJ que, en resumen, concluía lo siguiente:

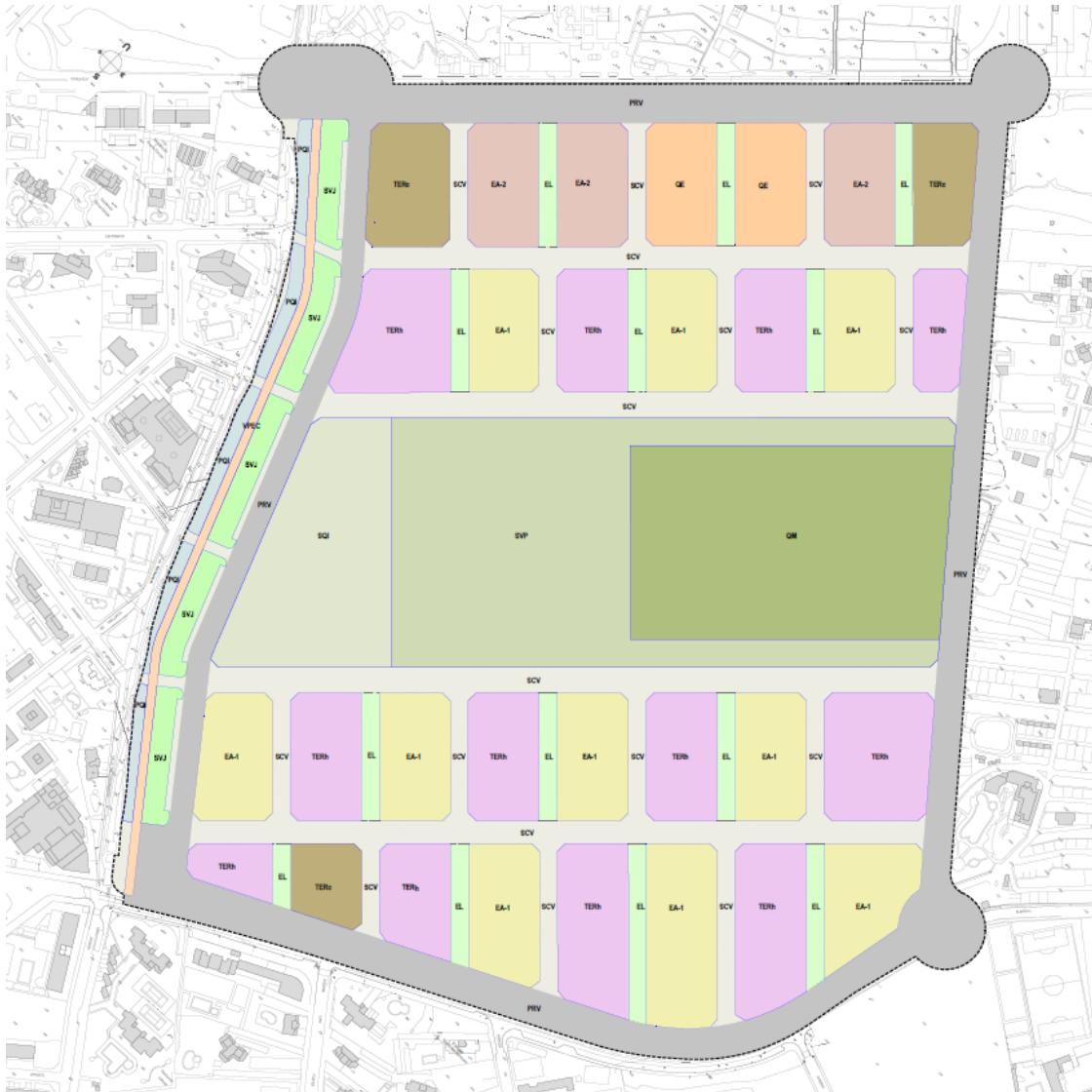
- En el estudio se obtienen resultados similares a los del PDMB, pero con mayor precisión, debido al menor tamaño de la malla de cálculo.
- No existen incrementos significativos de calado tal y como se definen en el PATRICOVA.
- Se justifica que el incremento de escorrentía producido como consecuencia de la impermeabilización del sector no supondrá afección a terceros, pues dicho incremento se recoge y lamina en la parte central del sector, destinado a parque inundable.
- El sector PP 1/1 Ensanche Levante no será inundable en situación futura, por lo que no existiría afección al régimen de corrientes.
- Las obras de paso actuales no presentan problemas de capacidad.

1.2 USOS DEL SUELO DEL PLAN PARCIAL

El Sector PP 1/1 “Ensanche Levante” cuenta con una superficie total de 575.371,20m² de suelo y una edificabilidad máxima, según marca el PGMO de Benidorm de 1990 en el cual ya se encuentra incluido, de 292.600m² útiles con usos característicos residencial y hotelero. A continuación se adjunta cuadro resumen con las magnitudes del Plan Parcial y la ordenación pormenorizada.

		SUPERFICIES (m ²)	
USOS		Ordenación	Min. LOTUP
EA-1	RESIDENCIAL LIBRE - EDIF. ABIERTA - BANDEJA COMERCIAL	75.498,59	
EA-2	RESIDENCIAL - VPP - BANDEJA COMERCIAL	20.874,46	
TERh	TERCIARIO HOTELERO - EDIF. ABIERTA - BANDEJA COM.	89.130,90	
TERc	TERCIARIO - COMERCIAL EXCLUSIVO	18.402,05	
TOTAL LUCRATIVO		203.906,00	
QM	DOTACIONAL MÚLTIPLE	49.039,13	12.500,00
QE	EDUCATIVO - CULTURAL	13.917,30	
PQI	INFRAESTRUC. - SER. URBANO PRIMARIA	6.566,60	
SQI	INFRAESTRUC. - SER. URBANO SECUNDARIA	26.161,10	
TOTAL EQUIPAMIENTOS		95.684,13	53.286,85
SVP	PARQUE	61.629,04	
SVJ	JARDINES	12.818,18	
EL	ESPACIO LIBRE PEATONAL - RELACIÓN	23.343,89	
TOTAL ZONAS VERDES		97.791,11	56.959,13
PCV	RED VIARIA PRIMARIA	89.463,63	
SCV	RED VIARIA SECUNDARIA	82.746,42	
TOTAL COMUNICACIONES		172.210,05	
VPEC	VÍA PECUARIA	5.779,91	
TOTAL SECTOR BRUTO		575.371,20	

Cuadro magnitudes Sector PP 1/1 “Ensanche Levante”



Ordenación Sector PP 1/1 "Ensanche Levante"

2 ÁMBITO DEL ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

El ámbito de estudio que se incluye en este documento, engloba el tramo del Barranco de Liriet que discurre, aproximadamente, desde la avenida de la Comunidad Valenciana (antigua carretera nacional N-332) hasta el cruce con la avenida Almirante Bernat de Sarriá con una longitud total de algo menos de 800 metros lineales.

Respecto al barranco de Barceló no será necesario tenerlo en cuenta debido a dos motivos que se pueden extraer a partir de los resultados obtenidos en el PDMB:

- La inundación debido al Barceló para T=500 años NO afecta al sector
- Aguas abajo del sector, ya en el casco urbano, los desbordamientos debidos al Barceló y Liriet no se solapan, por lo que podemos considerarlos independientes para un análisis de afección a terceros.



Ámbito de actuación PP 1/1 "Ensanche Levante"

Respecto al sector PP 1/1, el margen oeste de la actuación se ha delimitado dejando fuera del ámbito del sector el Dominio Público Hidráulico (DPH) que se recoge en la cartografía consultada en el visor del Ministerio para la Transición Ecológica. Por lo tanto el desarrollo urbanístico propuesto no modifica la superficie deslindada del Dominio Público Hidráulico del barranco de Liriet.

En relación al actual DPH cartografiado en la siguiente imagen se puede apreciar como éste queda fuera del ámbito de actuación:



Ámbito del sector PP 1/1 y el deslinde del DPH del barranco de Liriet.

3 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DEL SECTOR PP 1/1. AFECCIÓN EN LA GENERACIÓN DE ESCORRENTÍA

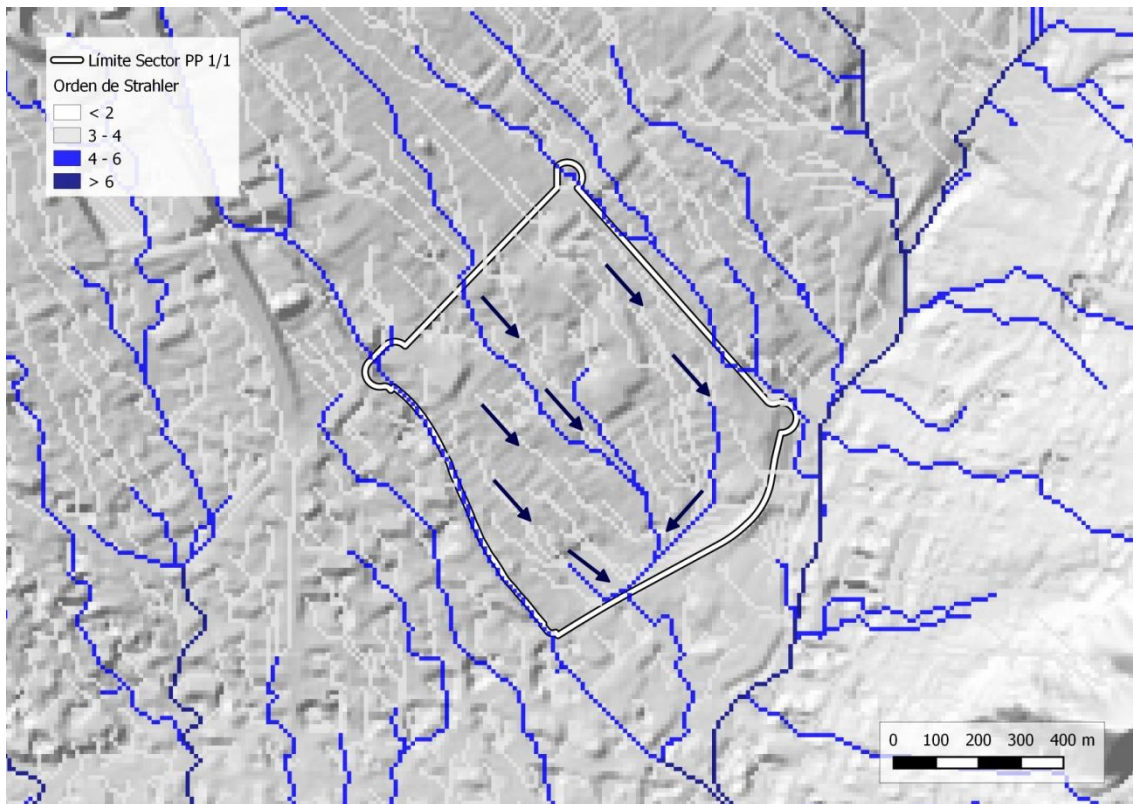
La urbanización del área donde se ubicará el sector supondrá un cambio en los usos del suelo respecto a la situación actual. Es por este motivo que es necesario estudiar y analizar lo que implica en términos de escorrentía la urbanización del nuevo sector.

Para la obtención de los caudales y volúmenes de escorrentía generados se ha empleado el software hidrológico HEC-HMS. A continuación se detallan los diferentes modelos y métodos empleados para la obtención final de los hidrogramas con los que se evaluará la afección a las escorrentías.

3.1 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

En toda modelización hidrológica es necesaria la obtención de los parámetros geomorfológicos básicos. Para el presente análisis únicamente se prestará atención a la cuenca delimitada por el sector PP 1/1.

Para verificar cómo funciona la escorrentía el primer paso ha sido el de obtener la red de drenaje a partir del MDT de resolución 10x10 m y empleando herramientas GIS.



Red de drenaje para la situación actual y delimitación del sector PP 1/1

Se comprueba que todas las líneas de flujo se posicionan paralelas a lo largo del área ocupada por el sector, confluyendo al final en un mismo punto común situado al sur del sector.

Esto permite asumir el área delimitada por el sector PP 1/1 como una única subcuenca con un límite norte por donde le llegan las escorrentías de aguas arriba, dos bordes laterales donde la transferencia de flujo entre cuencas adyacentes es prácticamente nula y un único punto de desagüe aguas abajo hacia el cual confluyen todas la líneas de drenaje que pasan por los terrenos del sector.

Conocida la red de drenaje, se obtienen los parámetros geomorfológicos asociados únicamente a la subcuenca de análisis (área donde se encuentra el sector PP 1/1) en situación actual:

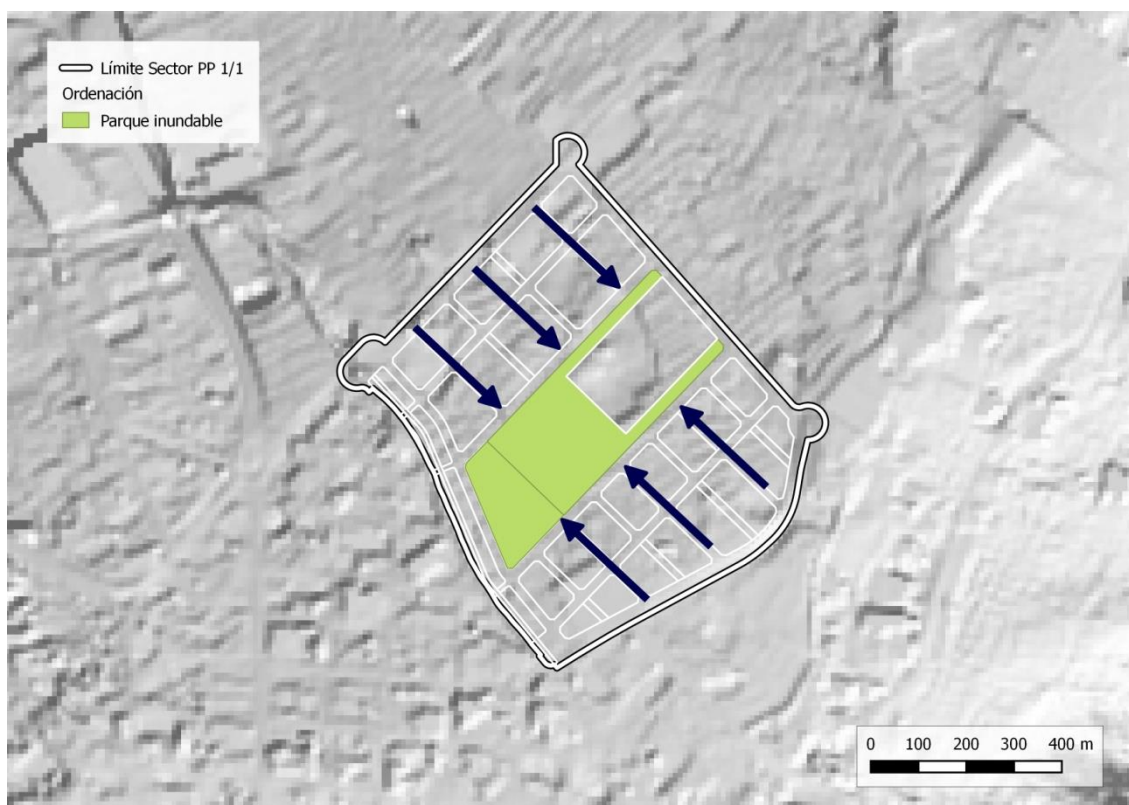
Cuenca	Área (km ²)	Cota min	Cota máx	Longitud (m)	i (%)	Tc (h) (Témez)
Sit Actual	0.575371	5.5	30	920	2.67%	0.56

Parámetros geomorfológicos en situación actual

Para la situación futura se supondrá que toda la red de drenaje vierte al gran parque central con una pendiente media del recorrido principal de 3%:

Cuenca	Área (km ²)	Longitud (m)	i (%)	Tc (h) (Témez)
Sit Futura	0.575371	300	3%	0.18

Parámetros geomorfológicos en situación futura



Esquema de la red de drenaje en situación futura

3.2 CUANTILES DE PRECIPITACIÓN. HIETOGRAMAS DE DISEÑO

Los valores de Precipitación Diaria se han obtenido del análisis estadístico regional realizado por el CEDEX en el estudio “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” (Ferrer y Ardiles, 1995), cuyos cuantiles se pueden encontrar en la última versión de las aplicaciones MAXPLWIN y CauMAX2.3 (2014).

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

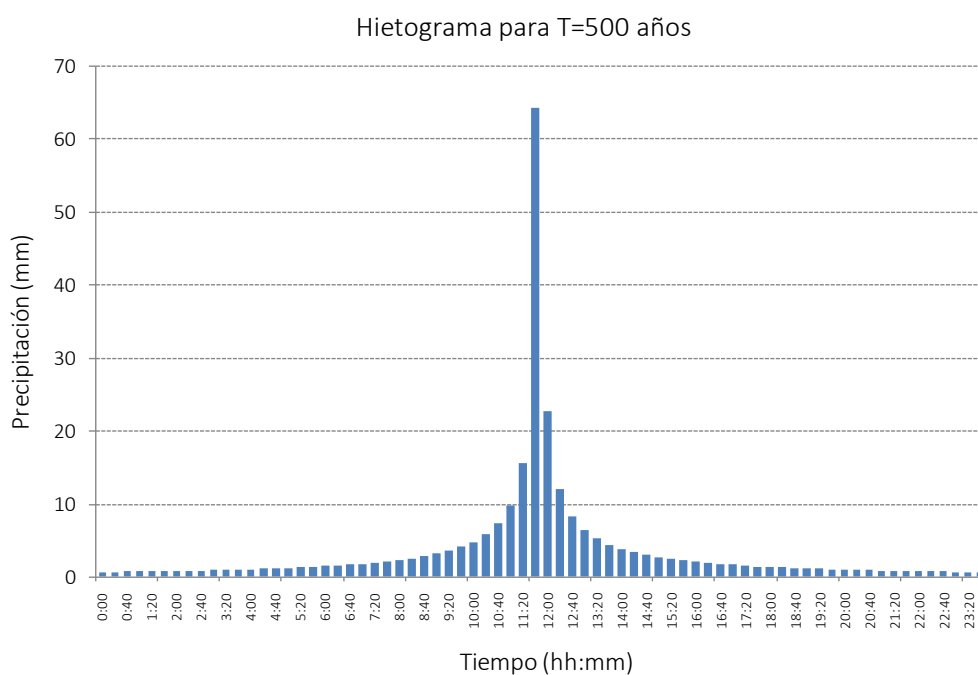
A continuación se muestran los valores de precipitación diaria obtenidos para la cuenca analizada:

Pd (mm)			
Cuenca	T500	T100	T25
Sector PP 1/1	224	166	122

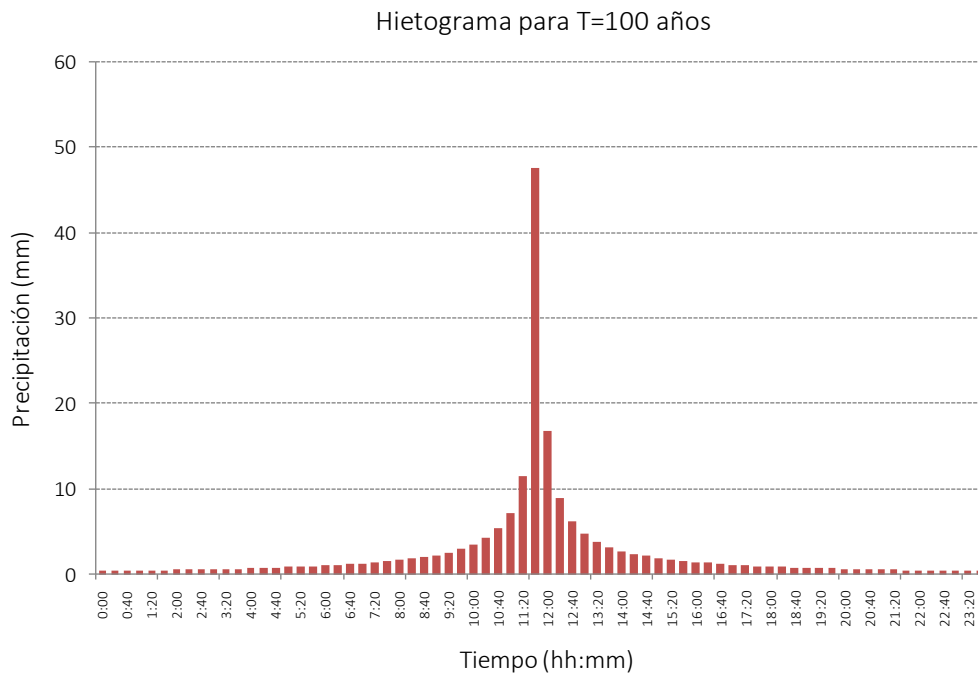
Cuantiles obtenidos en el análisis regional

A continuación se elaboran los hietogramas de diseño con el software “Bloques” (Flumen-UPC) empleando el método de los bloques alternos. Los parámetros considerados han sido los siguientes:

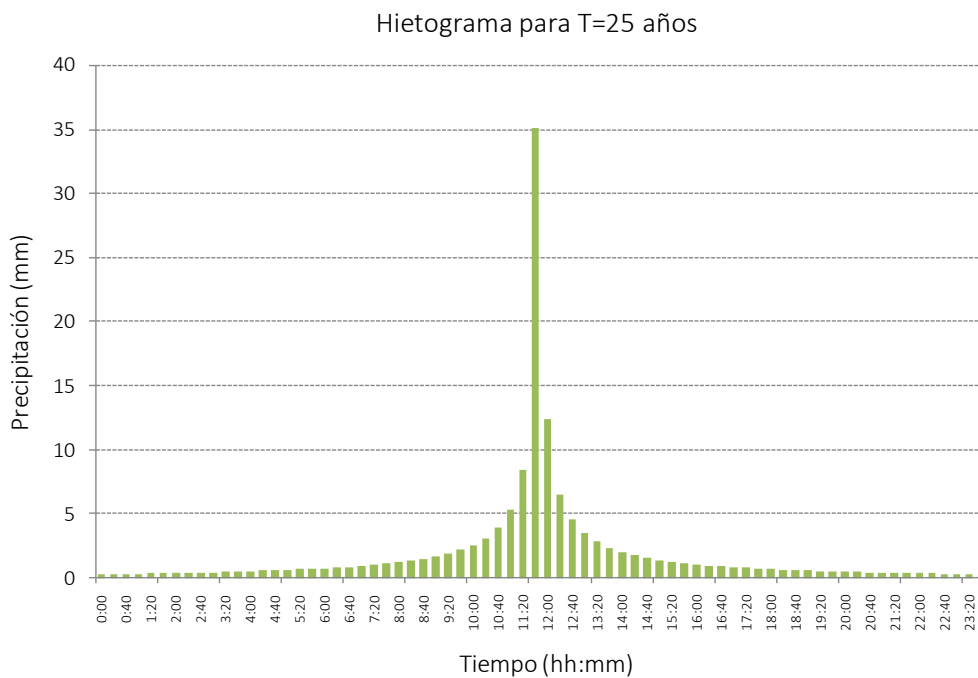
- La IDF de Témez con un $I1/I_d=11$
- Duración de tormenta igual a 24 h
- Intervalo = 20 min



Hietograma de diseño para T=500 años



Hietograma de diseño para T=100 años



Hietograma de diseño para T=25 años

3.3 UMBRAL DE ESCORRENTÍA. MÉTODO DEL NÚMERO DE CURVA

El método con un uso más extendido para estimar las pérdidas en el cálculo de crecidas es el método del número de curva. Este método se basa en suponer que toda la lluvia se infiltra hasta que se alcanza una determinada cantidad, denominada umbral de escorrentía (P0), para la cual se supone que la capa superficial del suelo se satura y comienza a generarse la escorrentía superficial. Para determinar la cantidad de escorrentía superficial generada hasta un instante dado se establece la hipótesis de que la escorrentía está en la misma relación respecto a la precipitación total caída hasta ese instante (descontado el P0), y el agua infiltrada (descontado también el P0), respecto a la capacidad máxima de almacenamiento del suelo (S).

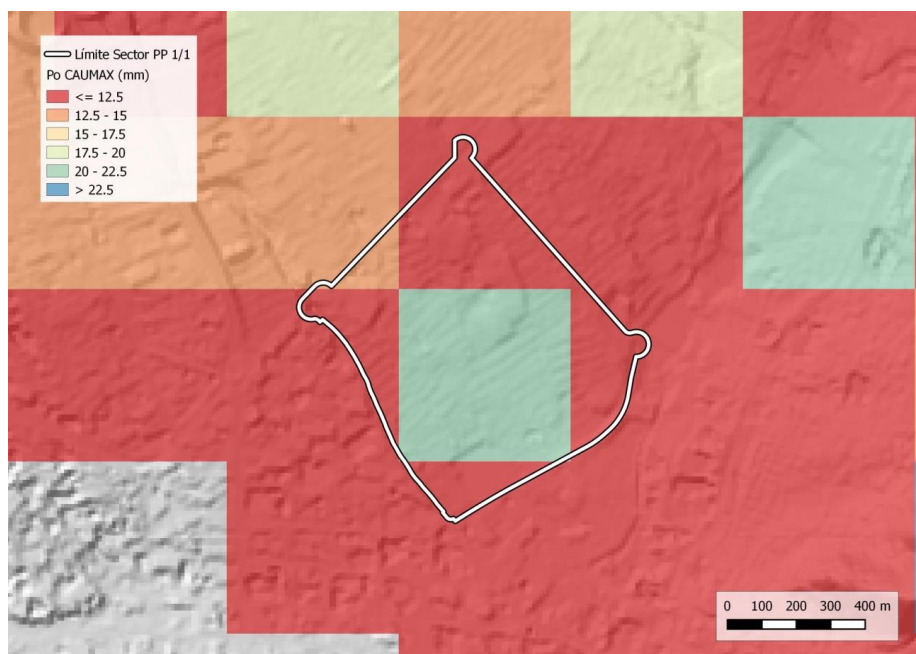
El umbral de escorrentía se puede relacionar con otra magnitud, denominada número de curva (que da nombre al método), con objeto de facilitar su aplicación práctica mediante gráficos, y que viene dado por la siguiente expresión:

$$CN = 5000 / (Po' + 50)$$

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

Situación Actual

Según la Guía SNCZI se recomienda para la elaboración de los estudios hidrológicos el uso del mapa de Po disponible para todo el territorio de la España peninsular, y que fue elaborado por el CEDEX en colaboración con la Universidad de León (ULE, 2009), estando disponibles los resultados en forma de capa ráster con resolución de 500x500 m en la aplicación CAUMAX. El Po obtenido a partir de dicha cobertura ráster es igual a 13.15 mm.



Mapa de Po según la cobertura ráster disponible en el CAUMAX

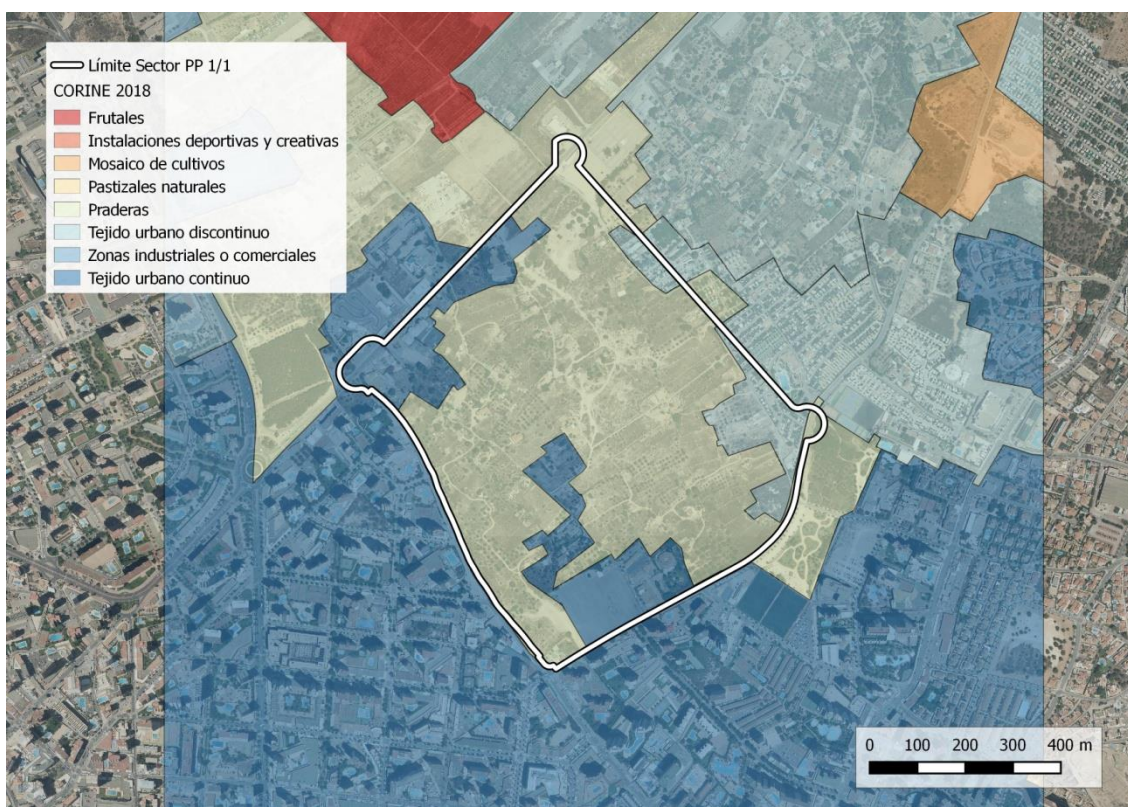
Para el caso que nos ocupa la resolución ofrecida se considera insuficiente, por lo que se hace necesario recurrir a fuentes de información con mayor detalle en el área de análisis. Por este motivo se va a proceder al cálculo del umbral de escorrentía a partir de fuentes de información actualizadas y con suficiente resolución.

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

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

- Mapa de usos del suelo del CORINE 2018:

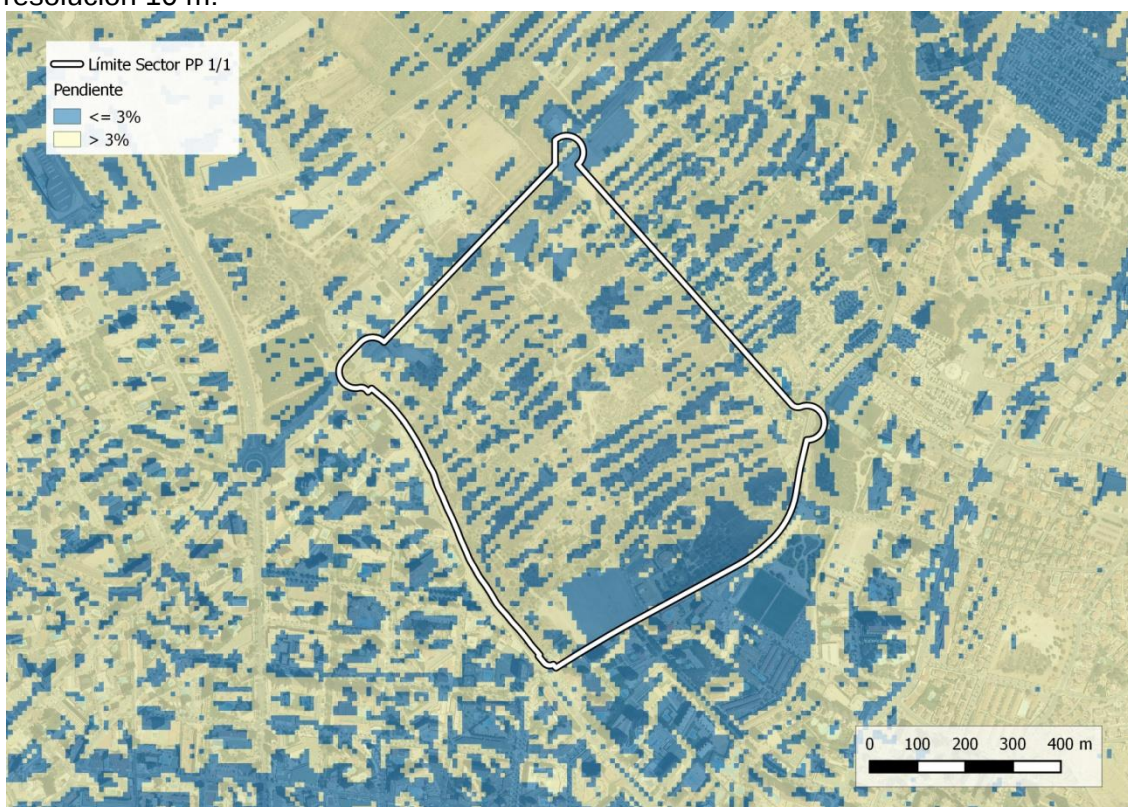
Para la definición de los usos del suelo se tomará la información procedente del CORINE 2018:



Usos del suelo CORINE 2018

- Mapa de pendientes:

El mapa de pendientes fue obtenido con herramientas GIS a partir del MDT de resolución 10 m:



Mapa de pendientes

- Mapa de grupos hidrológicos:

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

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

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

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

Tabla de transformación Textura – Grupo Hidrológico

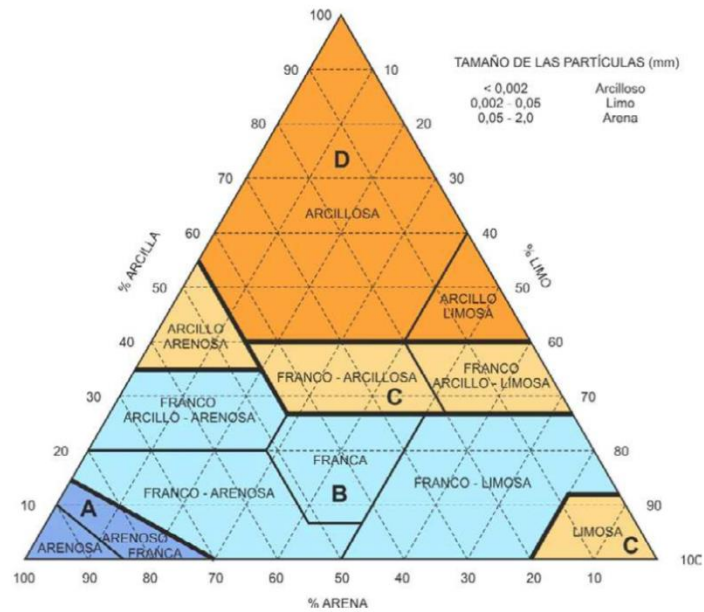
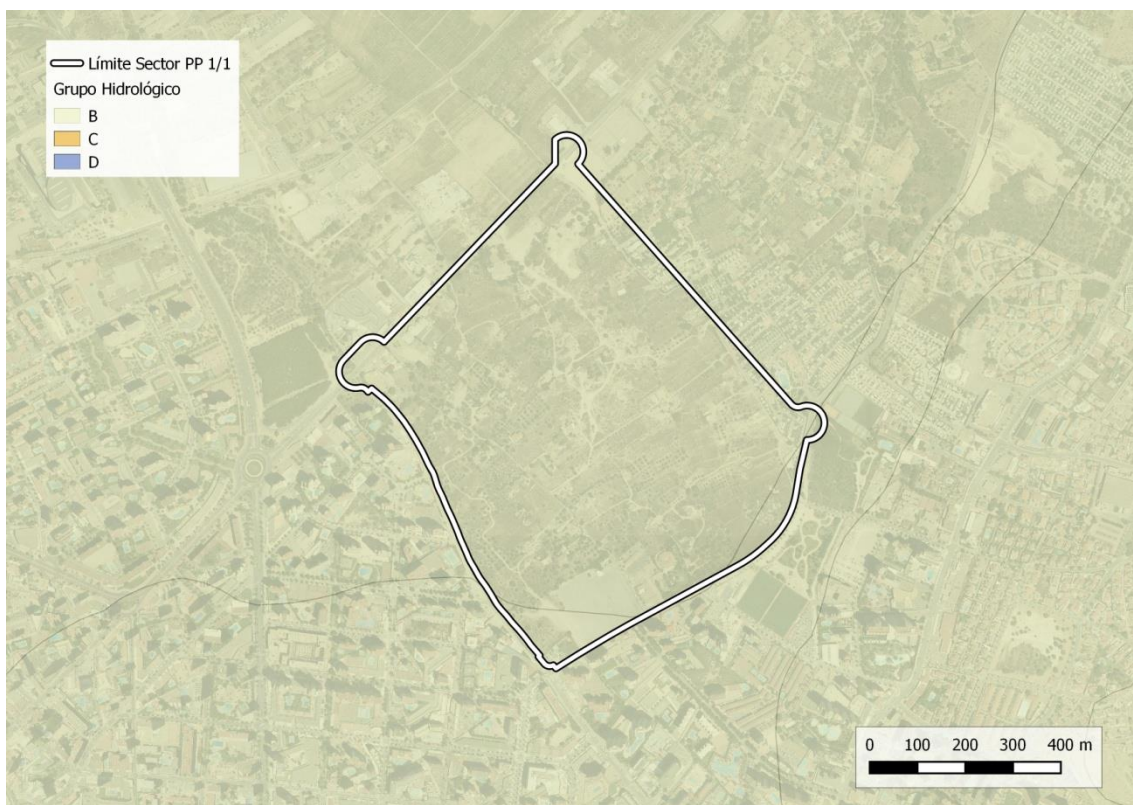


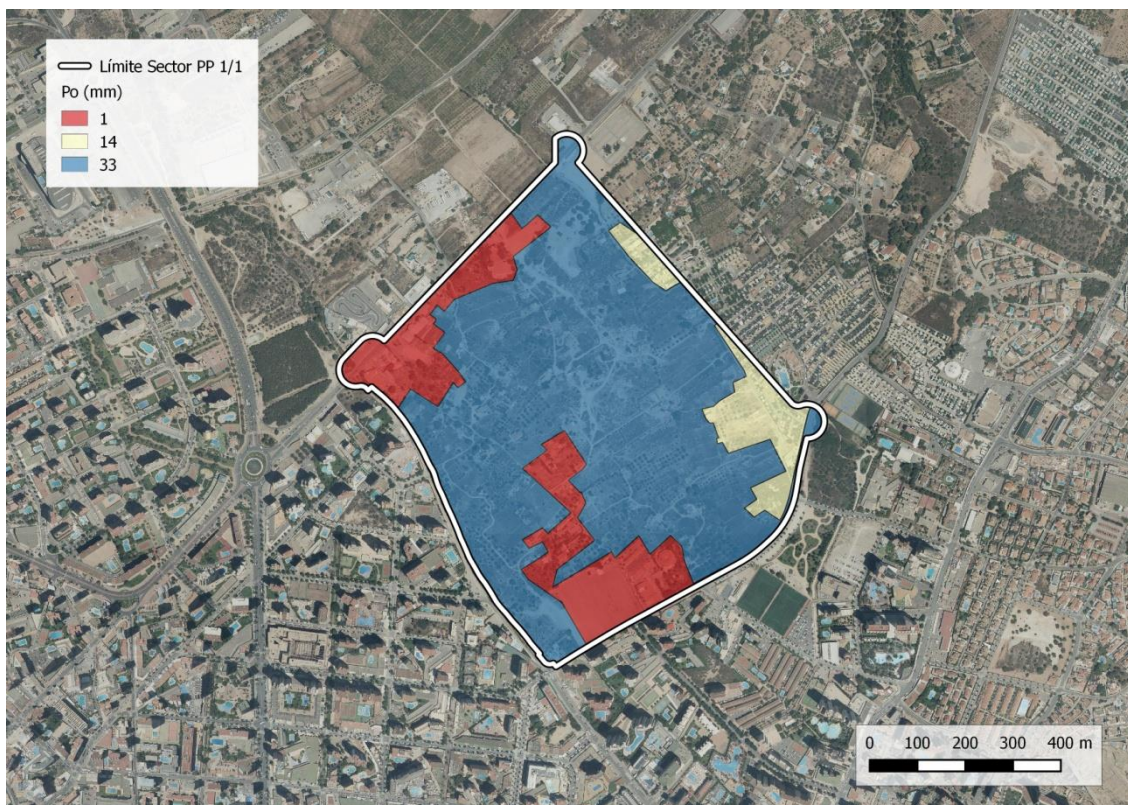
FIGURA 2.8.- DIAGRAMA TRIANGULAR PARA DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA EN MATERIALES TIPO SUELO

Tabla de transformación: Textura - Grupos hidrológico



Grupos hidrológicos del suelo

Cruzando las 3 coberturas anteriores y aplicando la tabla de la Guía Metodológica para el SNCZI se obtiene el mapa de Po para la situación actual:



Mapa de Po. Situación Actual.

El valor medio de Po dentro del ámbito del Sector PP 1/1 es igual a 25.38 mm.

Situación Futura

En situación futura, el sector provocará cambios en los usos del suelo y en las pendientes del terreno.

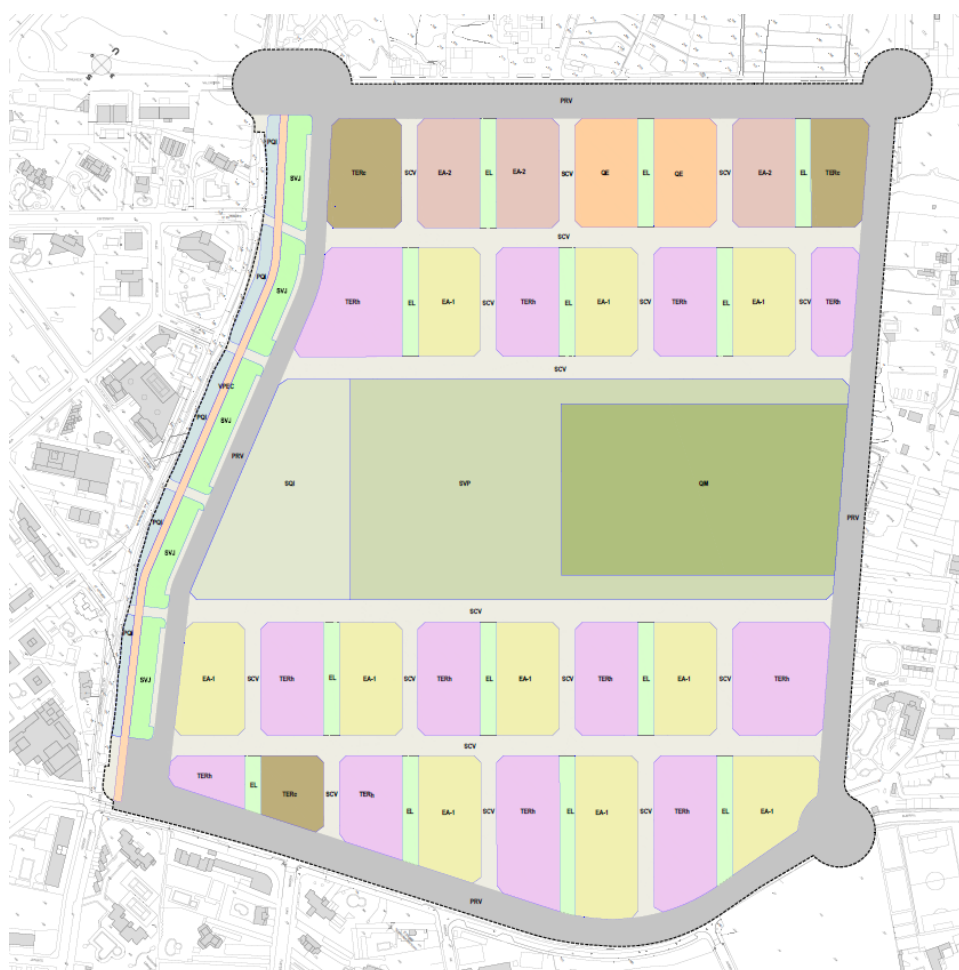
- Mapa de usos del suelo:

Para la definición de los nuevos usos del suelo también ha sido empleada la tabla proporcionada por la “Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI)” en su Anejo II: Tablas de valores del umbral de escorrentía (mm).

Para cada polígono definido en la ordenación se han definido diferentes usos:

	USOS	SUPERFICIES (m2)	
		Ordenación	Min. LOTUP
EA-1	RESIDENCIAL LIBRE - EDIF. ABIERTA - BANDEJA COMERCIAL	75.498,59	
EA-2	RESIDENCIAL - VPP - BANDEJA COMERCIAL	20.874,46	
TERh	TERCIARIO HOTELERO - EDIF. ABIERTA - BANDEJA COM.	89.130,90	
TERc	TERCIARIO - COMERCIAL EXCLUSIVO	18.402,05	
	TOTAL LUCRATIVO	203.906,00	
QM	DOTACIONAL MÚLTIPLE	49.039,13	12.500,00
QE	EDUCATIVO - CULTURAL	13.917,30	
PQI	INFRAESTRUC. - SER. URBANO PRIMARIA	6.566,60	
SQI	INFRAESTRUC. - SER. URBANO SECUNDARIA	26.161,10	
	TOTAL EQUIPAMIENTOS	95.684,13	53.286,85
SVP	PARQUE	61.629,04	56.959,13
SVJ	JARDINES	12.818,18	
EL	ESPACIO LIBRE PEATONAL - RELACIÓN	23.343,89	
	TOTAL ZONAS VERDES	97.791,11	
PCV	RED VIARIA PRIMARIA	89.463,63	
SCV	RED VIARIA SECUNDARIA	82.746,42	
	TOTAL COMUNICACIONES	172.210,05	
VPEC	VÍA PECUARIA	5.779,91	
	TOTAL SECTOR BRUTO	575.371,20	

Cuadro magnitudes Sector PP 1/1 "Ensanche Levante"



Ordenación Sector PP 1/1 "Ensanche Levante"

Para poder aplicar la tabla del Anejo II de la Guía Metodológica ha sido necesario relacionar cada uno de los usos definidos con un uso estandarizado según la nomenclatura del CORINE:

Cod	Usos	Uso CORINE
EA 1-2	Residencial - Edif Abierta	Tejido urbano discontinuo
TERh	Terciario Hotelero – Edif Abierta	Tejido urbano discontinuo
TERc	Terciario - Comercial Exclusivo	Superficies de equipamientos y servicios
QE	Educativo - Cultural	Superficies de equipamientos y servicios
QI	Infraestruc.- Ser. Urbano Primaria	Rambla con poca o sin vegetación
QM	Dotacional Múltiple	Superficies de equipamientos y servicios
SVP	Parque	Zona verde urbana
SVJ	Jardines	Zona verde urbana
SCV	Red Viaria Secundaria	Zona impermeable (80%) + Zona ajardinada (20%)
EL	Espacio Libre Peatonal	Zona impermeable (50%) + Zona ajardinada (50%)
	Via Pecuaria	Rambla con poca o sin vegetación

Relación de usos del suelo con nomenclatura CORINE asociados al Sector PP 1/1

- Mapa de grupos hidrológicos:

Este mapa no cambia con respecto a la situación actual

- Mapa de pendientes:

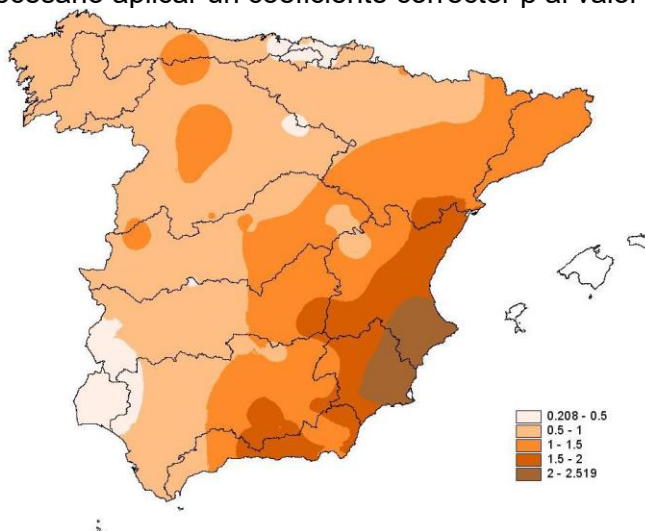
Para la aplicación de la tabla del Anejo II de la Guía Metodológica con los usos del suelo definidos NO se hace necesario establecer una pendiente determinada para cada uno de ellos. Esto es debido a que los valores de Po únicamente dependerán del uso del suelo y del grupo hidrológico. Cruzando las 3 coberturas anteriores (usos del suelo, grupo hidrológico, campo de pendientes) y aplicando la tabla del Anejo II de la Guía Metodológica se obtienen los siguientes Po asociados a la situación futura:

Cod	Usos	Superficie (m ²)	Po (mm)
EA	Residencial - Edif Abierta	96373	14
TERh	Hotelero – Edif Abierta	89131	14
TERc	Terciario - Comercial Exclusivo	18402	4
QM	Dotacional múltiple	49039	4
QE	Educativo - Cultural	13917	4
PQI	Infraestruc.- Ser. Urbano Primaria	6567	10
SQI	Infraestruc.- Ser. Urbano Secundaria	26161	23
SVP	Parque	61629	23
SVJ	Jardines	12818	23
CV	Red Viaria Secundaria y Primaria	172210	5.4
EL	Espacio Libre Peatonal	23344	12
	Via Pecuaria	5780	8
	TOTAL	575371	11.37

Po asociado a la ordenación del sector PP 1/1

El valor medio de P_o con la ordenación propuesta para el Sector PP 1/1 es igual a 11.37 mm

A continuación es necesario aplicar un coeficiente corrector β al valor de P_o obtenido:



Mapa del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (β)

A partir del mapa anterior se ha estimado el valor del coeficiente β en las cuencas vertientes a las estaciones de aforo seleccionadas para validar los resultados, y se ha comparado con los valores obtenidos en la calibración de dichas estaciones a partir de las series de registradas en las estaciones.

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

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



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

Regionalización del umbral de escorrentía (β)

Según la tabla de caracterización estadística de los valores del coeficiente β en la distintas regiones, la región 822 se le asigna un valor medio de $\beta=2.40$.

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

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

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

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

Según la tabla de factores correctores del coeficiente β , para la región 822 corresponden los siguientes valores:

T (años)	F_T (Región 822)
500	1.16
100	1.16
25	1.16

Factores correctores del coeficiente β (F_T)

Ante la falta de un valor para T100 y T500 en la tabla proporcionada por la IC 5.2 se tomará el mismo valor que para T25 ($F_T=1,16$).

Empleando la formulación para el cálculo de obras de drenaje de carreteras principales ($F_T \cdot (\beta_m - \Delta_{50})$) se obtiene el valor final del coeficiente β_T :

T (años)	Δ_{50}	$\beta_T = F_T \cdot (\beta_m - \Delta_{50})$
500	0.25	2.494
100	0.25	2.494
25	0.25	2.494

Coefficientes β_T

A partir de estos coeficientes se obtiene el valor de P_o corregido ($P_o' = P_o \beta_T$) con el cual se calcula el valor de Número de Curva ($CN = 5000 / (P_o' + 50)$):

T	Actual		Futura	
	P_o'	NC	P_o'	NC
25	63.29	44.14	28.36	63.81
100	63.29	44.14	28.36	63.81
500	63.29	44.14	28.36	63.81

Valores de P_o' y NC para la situación actual y futura

3.4 HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK

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

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

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

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

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

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

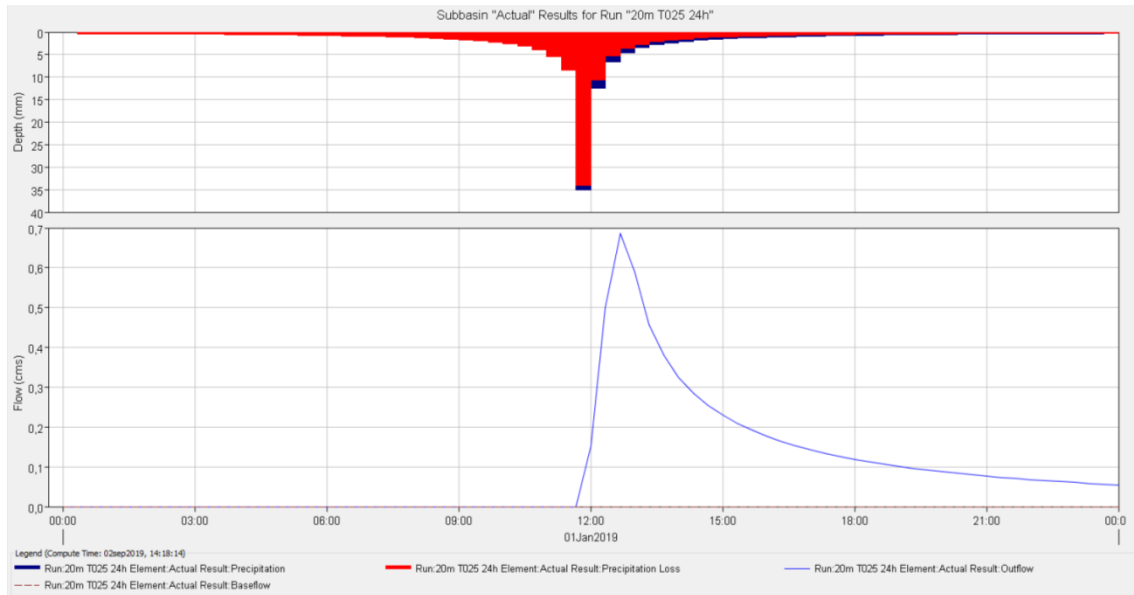
Cuenca	T_v (h)	K
Sit Actual	0.36	0.12
Sit Futura	0.12	0.04

Parámetros del hidrograma unitario de Clark

3.5 RESULTADOS

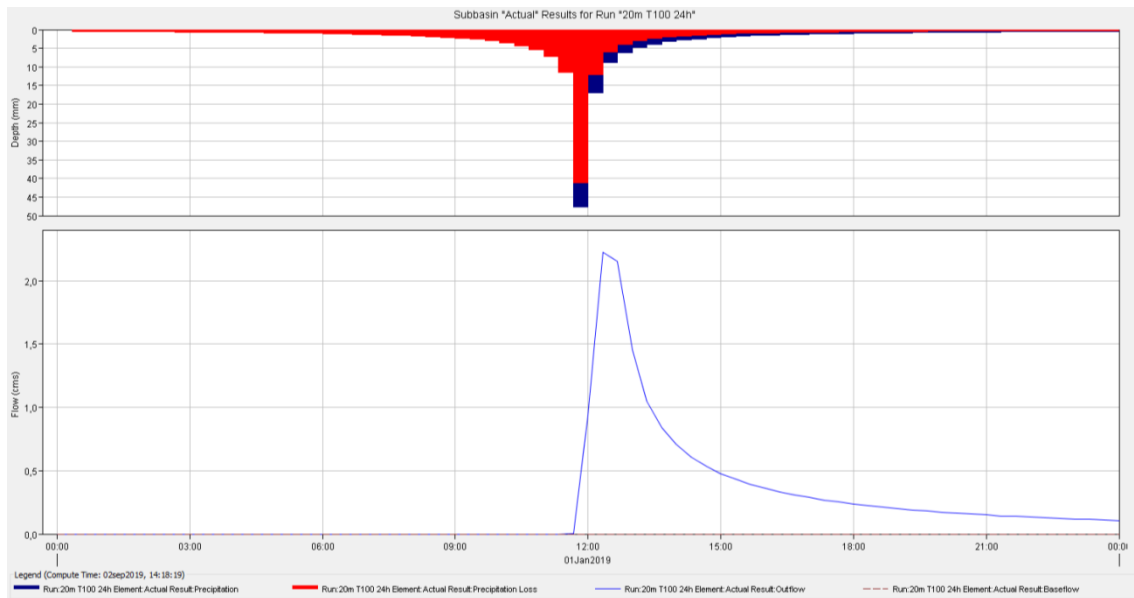
De la aplicación del número de curva y el hidrograma unitario de Clark a la cuenca delimitada por el sector PP 1/1 se obtienen los siguientes hidrogramas:

Sit Actual T=25 años



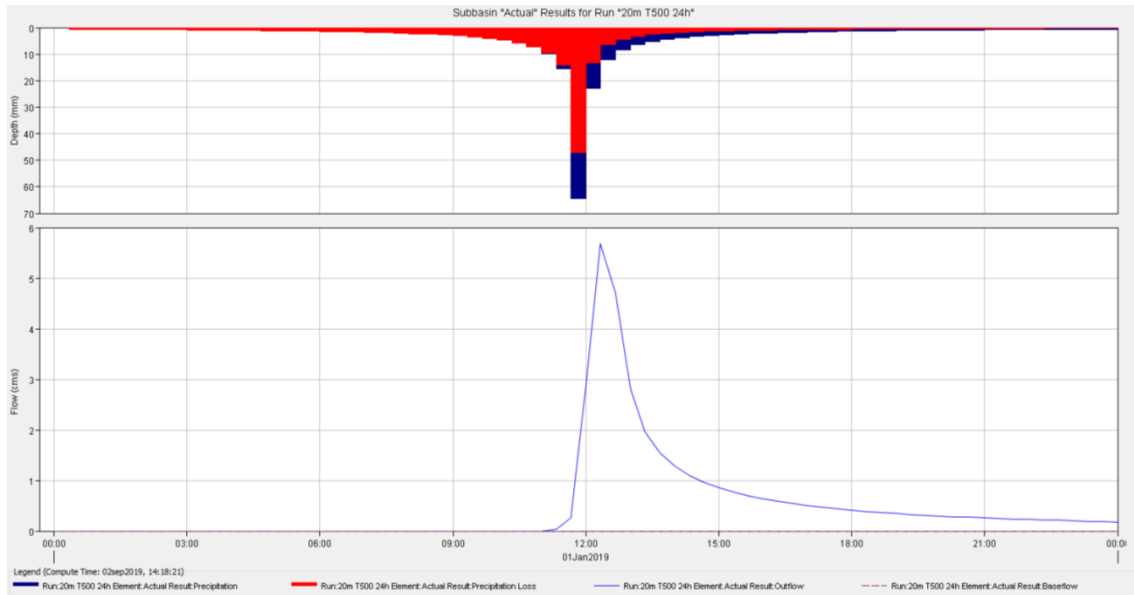
Hidrograma en Situación Actual (T=25 años)

Sit Actual T=100 años



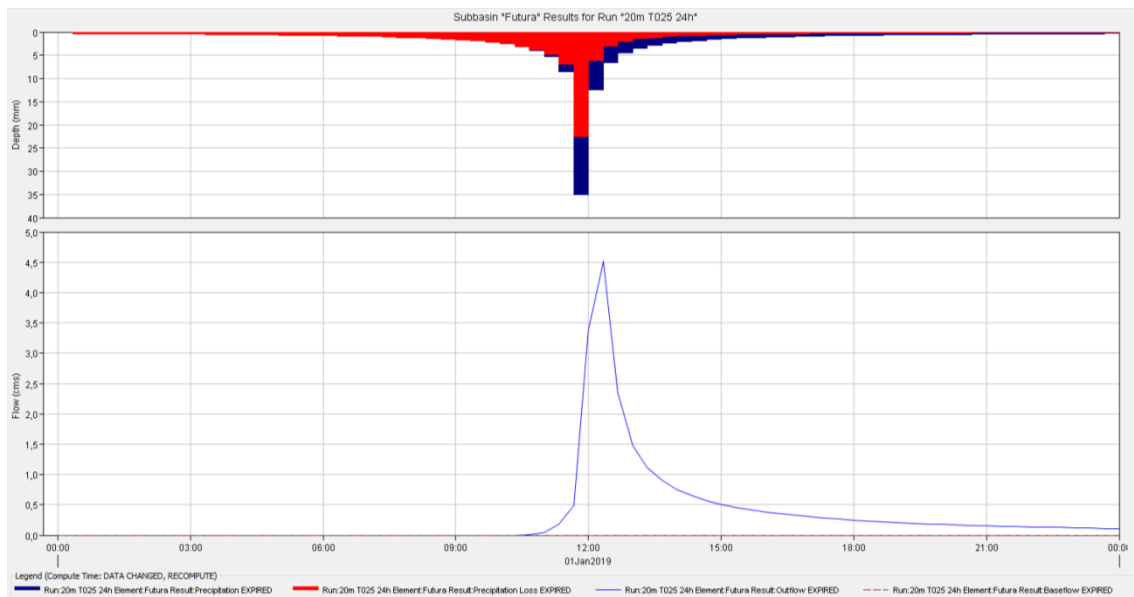
Hidrograma en Situación Actual (T=100 años)

Sit Actual T=500 años



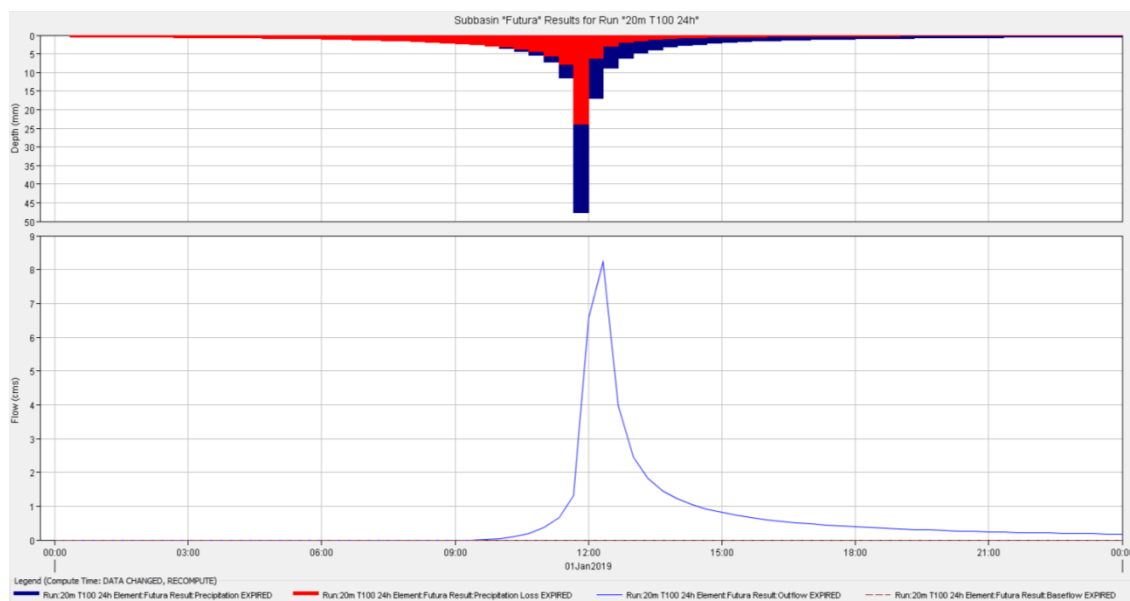
Hidrograma en Situación Actual (T=500 años)

Sit Futura T=25 años



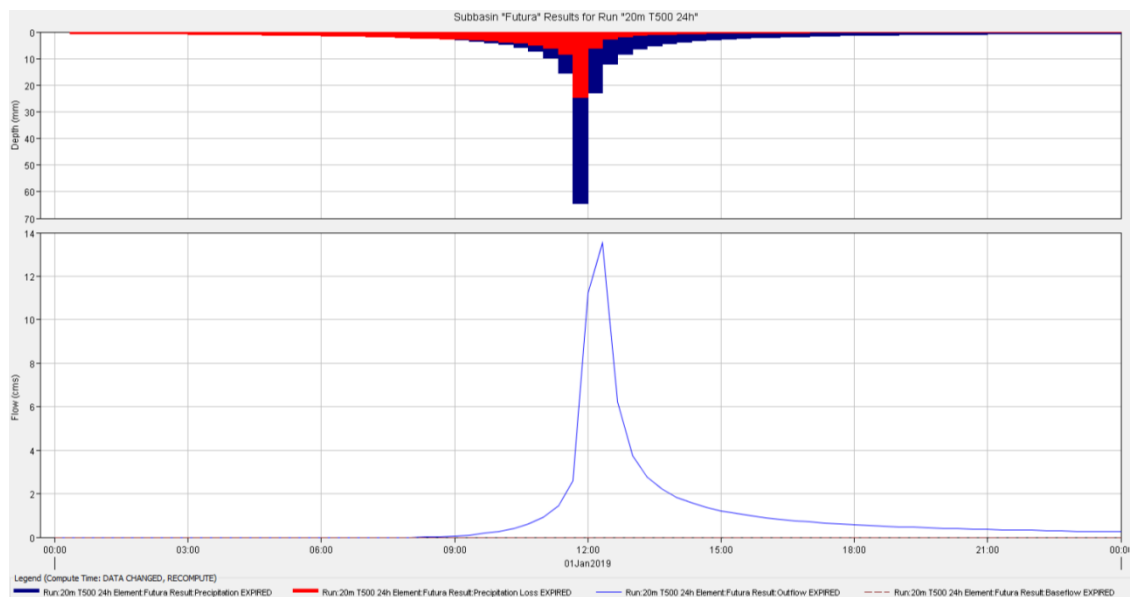
Hidrograma en Situación Futura (T=25 años)

Sit Futura T=100 años



Hidrograma en Situación Futura (T=100 años)

Sit Futura T=500 años



Hidrograma en Situación Futura (T=500 años)

A continuación se muestra una tabla resumen con los caudales punta y volúmenes de los hidrogramas obtenidos:

T	Actual		Futura	
	Qp (m ³ /s)	Volumen (m ³)	Qp (m ³ /s)	Volumen (m ³)
500	5.70	40500	13.50	79100
100	2.20	19900	8.20	48300
25	0.70	8000	4.50	27300

Resultados de aplicar el método del número de curva y el hidrograma unitario de Clark

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos las diferencias son significativas entre la situación actual y futura.

Entre la situación actual y futura la principal causa de que se produzcan dichas diferencias se debe a los cambios en los usos del suelo y la consiguiente disminución en el valor del umbral de escorrentía (Po).

Otros factores, como por ejemplo el cambio del punto de desagüe de la cuenca al parque central, han podido contribuir en menor medida al apuntamiento del caudal pico.

3.6 MEDIDA CORRECTORA

A la vista de los resultados parece claro que se generará un incremento significativo de los volúmenes y caudales pico debido a la nueva actuación si no se tiene en cuenta una medida correctora.

Con el objetivo de dar solución a esta problemática ha sido diseñado en el centro del sector un gran parque central inundable (87790 m²) que tendrá una labor de retención y laminación de las escorrentías producidas por el propio sector. Esta gran zona de retención estará compuesta por las parcelas con los siguientes usos:

- Área uso Parque = 61629 m²
- Área uso Infraestruc.- Ser. Urbano Secundaria = 26161 m²

El volumen a retener será el total del hidrograma generado para T=500 años (79100 m³). De esta forma no solo se consigue evitar el incremento de escorrentías aguas abajo, sino que además el volumen generado actualmente (40500 m³) será retenido, ofreciendo una mejora significativa respecto a la situación actual.

Para poder contener el volumen correspondiente a un evento correspondiente a T=500 años será necesario calcular la profundidad media del área que actuará como balsa de retención. Haciendo un simple cálculo se obtiene que la **profundidad media del parque inundable**, medida desde el punto más bajo del contorno, resulta de dividir el volumen generado en situación futura correspondiente a T=500 años (79100 m³) entre el área disponible (87790 m²), resultando un valor de **0.90 m**.

A continuación se muestra el área reservada para la retención y laminación de las escorrentías generadas dentro del sector PP 1/1:



Parque central inundable para la retención del volumen correspondiente al evento de T=500 años

4 ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL BARRANCO LLIRIET

4.1 CUENCAS VERTIENTES AL ÁREA DE ESTUDIO (PDMB)

El planteamiento general de los estudios realizados para el establecimiento del Plan de Defensas fue la realización de una aproximación Geomorfológica e Hidrológica de carácter general para las comarcas de la Marina Alta y Baja, con el objeto de realizar la identificación de las zonas inundables de mayor importancia. Una vez identificadas, se procedió a la realización de estudios hidráulicos de detalle para la delimitación de la cartografía de riesgos de inundación correspondiente y así, estimar los datos asociados a dichas inundaciones y establecer las medidas correctoras más eficientes.

El objetivo principal del **estudio geomorfológico** del Plan de Defensas fue "...la caracterización geomorfológica de los distintos cauces y de las formas asociadas (vaguadas, paleocauces, conos y abanicos) del área reseñada, describiendo la morfología de la red de drenaje y los distintos procesos y formas asociados a la erosión, transporte y deposición de sedimentos. Este análisis, de carácter cualitativo, servirá de apoyo y calibración del modelo cuantitativo elaborado en paralelo mediante el software TETIS..."(Fuente: Estudio Geomorfológico de las Zonas Inundables de la Marina Alta del Plan de Defensas. CHJ)

El **estudio hidrológico** se redacta "...con el objeto de:

- *Estudiar la geomorfología de las cuencas de aportación a la Comarca.*
- *Determinar los parámetros de la cuenca necesarios en la modelación hidrológica a partir de información física disponible de diversas fuentes.*
- *Establecer las avenidas de diseño asociadas a diferentes períodos de retorno en varios puntos de interés de la red de drenaje. Estos hidrogramas serán utilizados como input para la modelación hidráulica de los tramos de río considerados como críticos..."*

La obtención de los parámetros geomorfológicos para el establecimiento del modelo hidrológico se realizó a partir de una caracterización geofísica del terreno con un Modelo Digital del Elevaciones con una resolución espacial de 100 x 100m, adecuada para la caracterización general de ambas comarcas, pero que puede incurrir en generalizaciones y asunciones que puedan obviar importantes elementos dependiendo de la escala utilizada.

La determinación de las cuencas vertientes en el ámbito del término municipal de Benidorm supuso una tarea fundamental a la hora de definir los puntos de salida del modelo hidrológico y la definición de los puntos de entrada al modelo hidráulico.

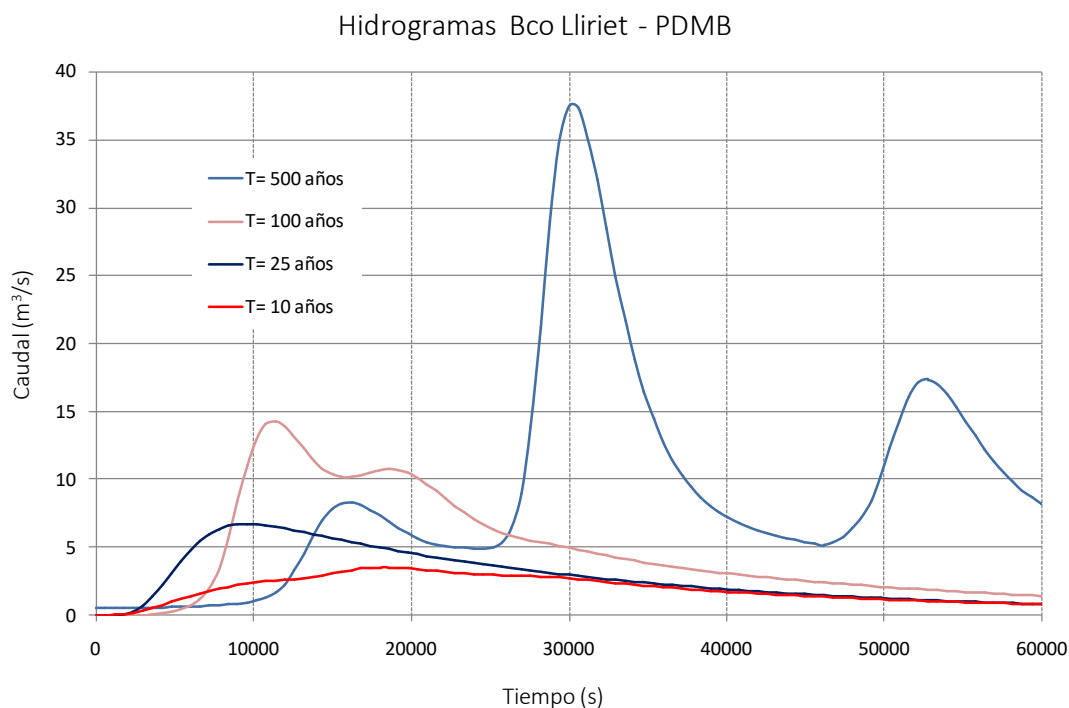
En el PDMB, para poder tener en cuenta toda la cuenca en el modelo hidráulico, se aplicó la siguiente metodología:

- Delimitación de cuencas con el MDT de resolución 100 x 100 m:

Cuenca	Área (km ²)
Benidorm 01	3.29
Benidorm 01d	23.60
Benidorm 02 (Lliriet)	9.37
Benidorm 03	2.02
Benidorm 03d	3.21
Benidorm 04	0.53
Benidorm 04d	1.27
Benidorm 05	0.82
Benidorm 05d	1.45
Benidorm 06	6.18
Benidorm 06d	6.81

Áreas de las cuencas vertientes del estudio hidrológico del PDMB

Consultado el estudio hidrológico del PDMB, se obtienen para la cuenca vertiente del barranco de Lliriet los hidrogramas con los que se realizaron las simulaciones hidráulicas:



Hidrogramas para el barranco Lliriet obtenidos en el PDMB

Estos hidrogramas serán los empleados en el presente estudio para la modelación hidráulica del barranco Lliriet en situación actual y futura con el objetivo de analizar la afección a terceros según la normativa PATRICOVA.

4.2 ESTADO ACTUAL

El barranco de Lliriet, en el tramo considerado, dispone en su estado actual, de una sección variable y parcialmente encauzada.

En el inicio del tramo que nos ocupa, justo en el cruce con la avenida de la Comunidad Valenciana, en donde se sitúa una obra de paso formada por un puente con 5 vanos, se produce uno de los puntos más críticos del cauce, según cartografía consultada en el PATRICOVA.

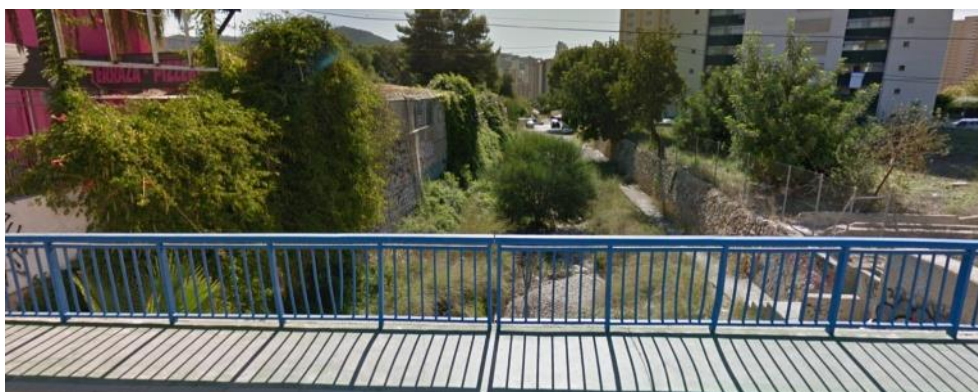


Vista obra de paso sobre el barranco

En el lecho del cauce de esta obra de paso aparecen numerosos elementos de grandes dimensiones arrastrados por las avenidas de agua que van socavando tanto al propio lecho como a la cimentación de la obra de paso, existiendo la posibilidad de una obstrucción por acumulación de dichos arrastres y árboles arrancados, dado el estado en que se encuentra esta zona del cauce, con el consiguiente peligro de desbordamiento hacia el área urbana.



Vista cauce barranco aguas arriba del cruce con la avenida Comunidad Valenciana



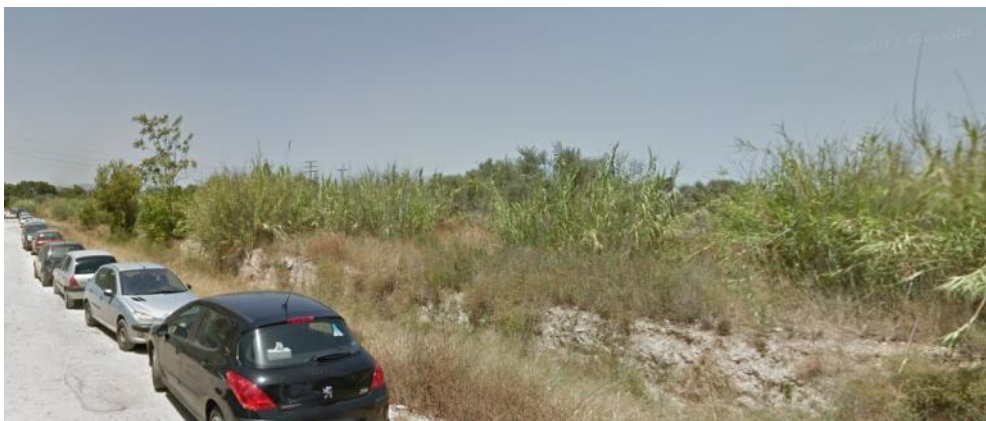
Vista cauce barranco aguas abajo del cruce con la avenida Comunidad Valenciana

A partir de esta obra de paso el barranco reduce su sección y discurre paralelo a un vial denominado avenida del Derramador. Este vial se encuentra parcialmente consolidado, estando en algunos tramos asfaltado configurado plenamente como vial y en otros, simplemente, con zahorras, confinado entre muros de diversas urbanizaciones y edificaciones.

El cauce en este tramo se encuentra confinado por el citado vial y taludes de antiguas explotaciones agrarias.



Vistas del cauce en distintos tramos de la avenida del Derramador I.



Vistas del cauce en distintos tramos de la avenida del Derramador II.

El cauce termina en una doble captación subterránea formada por unos marcos de hormigón de dimensiones aproximadas 2.50x1.60m antes del cruce con la avenida Almirante Bernat de Sarriá, que conducen las aguas pluviales del barranco a la red general municipal de drenaje a través de los colectores de la avenida de Filipinas hasta el mar.

Este tramo final del cauce presenta un importante socavamiento justo antes del inicio de los marcos de drenaje, en donde se produce una importante acumulación de aguas por la imposibilidad del desagüe.



Obra de captación existente en el barranco antes del cruce con Bernat de Sarriá



Zona canalización soterrada en avenida Almirante Bernat de Sarriá

4.3 MODELO HIDRÁULICO EN SITUACIÓN ACTUAL

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

En este sentido la disponibilidad de nuevas fuentes de información son fundamentales para la constatación, completado o modificación, en su caso, de los datos de partida obtenidos en base a los antecedentes disponibles.

En este apartado se describe la estructura general del modelo hidráulico con una descripción general de cada uno de los elementos necesarios para la generación de la topología del modelo. En este caso, para la modelización hidráulica se ha empleado el software hidráulico IBER 2D.

A continuación se pasa a describir los principales elementos y datos que han sido introducidos en la topología del modelo y que definirán la malla final con la que se han realizado las simulaciones:

4.3.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO

La cartografía utilizada en un estudio de inundabilidad resulta un parámetro fundamental que va a condicionar la calidad final de los resultados del mismo.

A continuación se describen las principales características de la cartografía empleada, así como las de los procesos de tratamiento para la generación de los modelos digitales del terreno y datos de entrada a los modelos hidráulicos, de manera que los resultados de los mismos sean acordes con la escala de trabajo y los requerimientos impuestos por el modelo hidráulico.

El Modelo Digital del Terreno (MDT) empleado para la modelación hidráulica se corresponde con el modelo procesado a partir del Proyecto PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea), en el cual se empleó tecnología LiDAR (Light Detection and Ranging) que está basada en la emisión de pulsos por parte de un Láser aerotransportado. Este MDT fue el empleado en los modelos hidráulicos realizados para el PDMB.



Modelo Digital del Terreno (1x1 m) sin procesar procedente del PNOA

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

Las principales especificaciones técnicas que eran requeridas por el PNOA en lo referente al vuelo LiDAR fueron las siguientes:

- Campo de visión transversal (FOV): Máximo FOV de 50° efectivos
- Frecuencia de escaneado: Sensor con una frecuencia de escaneado mínima de 70 Hz
- Frecuencia de pulso: Mínima de 45 kHz, asumiendo un FOV de 50° y un máximo alcance de hasta 3000 m
- Resolución espacial: Vuelo planificado a una velocidad adecuada para garantizar un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido que permita obtener de manera homogénea la densidad promedio exigida de 0.5 puntos del primer retorno por metro cuadrado.

- Resolución radiométrica de intensidades múltiples: Rango dinámico de al menos 8 bits
- Uso obligatorio de sistema de navegación GPS doble frecuencia de al menos 2 Hz
- Uso obligatorio de sistema inercial con frecuencia de registro de datos de al menos 200 Hz, y deriva inferior a 0.1º por hora
- Recubrimiento transversal: > 15% medio en zonas de poca orografía. En terrenos con orografía acentuada o zonas urbanas, se planificará con un recubrimiento tal que minimice las oclusiones producidas por las edificaciones (95% de visibilidad)
- Desviaciones de la trayectoria del avión: <15 metros de la planificada
- Desviaciones de la vertical del sensor LiDAR: < 5º
- Precisión global horizontal: <30 cm
- Precisión general altimétrica: <40 cm (error máximo en el 95% de los casos < 80cm)
- Discrepancia altimétrica entre pasadas: <80 cm

Las características básicas del modelo digital del Terreno generado han sido las siguientes:

- Malla generada por el vuelo PNOA.
- Resolución espacial después del procesado: 1x1m.
- Sistema de referencia: ETRS89-European Terrestrial Reference System 1989.
- Cotas corregidas mediante el Modelo de Geoide del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG), aplicado a las cotas elipsoidales (ETRS89) de los datos brutos LiDAR.
- Diferentes subproductos generados a partir del correspondiente procesado:
 - Modelo Digital del Terreno
 - Edificios:

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

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

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

En la siguiente figura se muestra la máscara de edificios la cual será introducida en la malla de cálculo como condición de contorno interna:



Máscara de edificios empleada en el modelo hidráulico

4.3.2 ÁMBITO MODELADO Y MALLA 2D

En primer lugar, es necesario definir el polígono de simulación en el cual se define la extensión de simulación hidráulica. A continuación, en función del detalle requerido para poder representar adecuadamente el terreno, se divide el polígono de simulación en diferentes superficies de forma que se pueden asignar tamaños de malla específicos a cada una de ellas. Cada superficie es agujereada según la máscara de edificios.

En nuestro caso se han definido tamaños de malla máximos de 5 m y 2 m, en función de la superficie considerada:

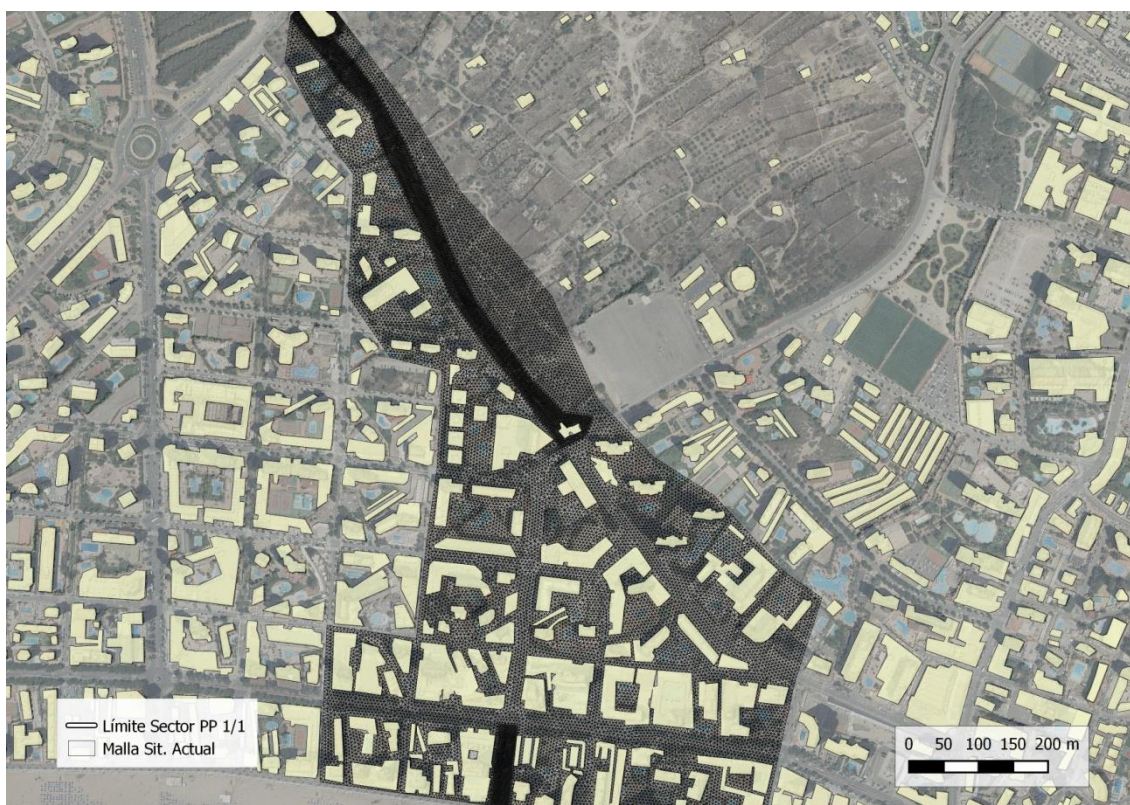


Tamaños máximo de malla definidos

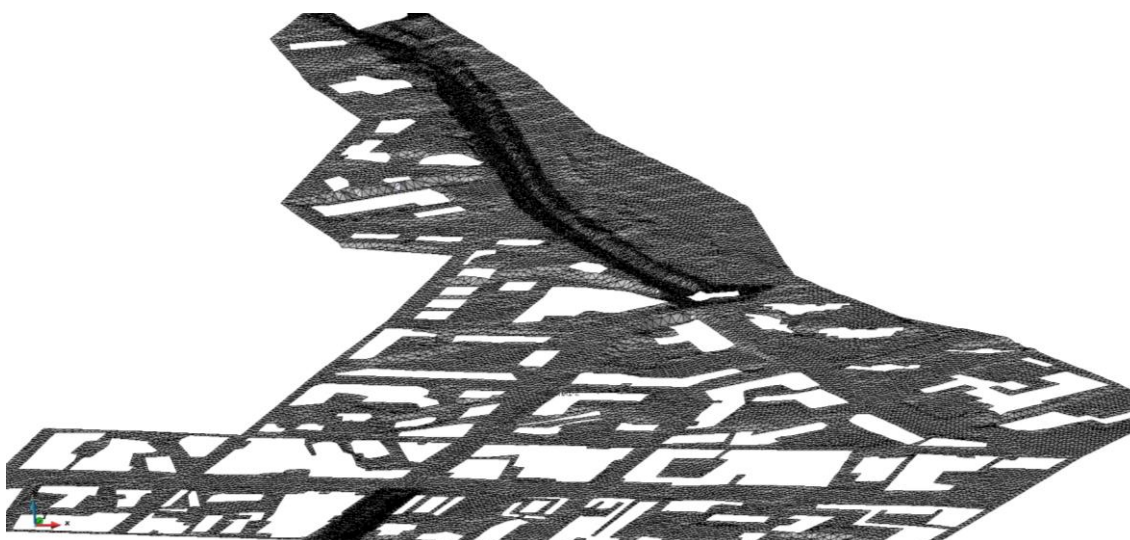
Con estos parámetros IBER genera una malla de cálculo no estructurada con elementos triangulares. Finalmente la malla obtenida para la modelación hidráulica tiene un total de 38343 elementos. El área total del ámbito del modelo es de 0,422 km².

Una vez generada la malla se asigna a cada elemento la elevación del MDT 1x1 empleado en el PDMB y obtenido de la información del vuelo LiDAR del PNOA – CNIG.

A continuación se muestra la malla de elementos triangulares no estructurados con la cual se realizarán las simulaciones hidráulicas 2D:



Malla del modelo hidráulico. Situación Actual



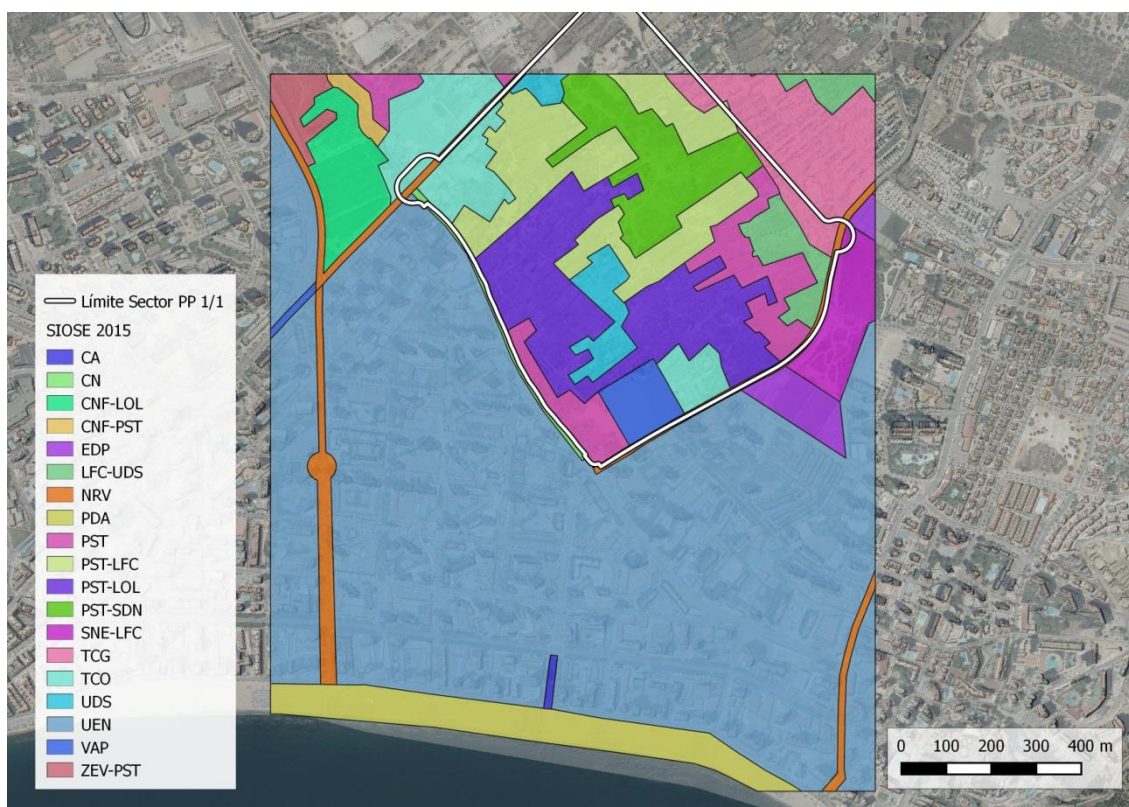
Vista 3D de la malla del modelo hidráulico

4.3.3 RUGOSIDAD

Con objeto de proporcionar el mayor detalle posible en cuanto la rugosidad del terreno se ha empleado para el análisis de la inundabilidad la capa de usos del suelo definida por el SIOSE 2015.

Para la estimación de la rugosidad se ha empleado la tabla de asignación propuesta por la Guía Metodológica para el desarrollo del Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI). Dicha tabla establece una relación entre la clasificación de los usos del suelo definidos por el SIOSE y su coeficiente de rugosidad de Manning propuesto (Tabla 1 del anejo V de la “Guía Metodológica del SNCZI”).

En la siguiente figura se muestran los polígonos de usos del suelo y a continuación la tabla que define el número de manning para cada uno de estos usos:



Usos del suelo (SIOSE 2015)

Código	Manning	Descripción
CN	0.045	Cauce natural, irregularidades moderadas, variación sección suave, obstrucciones bajas, vegetación media, poca sinuosidad
CA	0.045	Cauce artificial, excavado en buenas condiciones, uniforme, con obstrucciones, vegetación media, recto
CNF-LOL	0.067	Coníferas y Olivares
PST-LOL	0.046	Pastizal y Olivares
PST-LFC	0.045	Pastizal y Frutales
LFC-UDS	0.067	Frutales y Urbano discontinuo
SNE-LFC	0.051	Suelo no edificado y Frutales
ZEV-PST	0.038	Zonas de extracción o vertido y Pastizal
PST-SDN	0.033	Pastizal y Suelo desnudo
CNF-PST	0.051	Coníferas y Pastizal
PST	0.035	Pastizal
PDA	0.025	Playas, dunas y arenales
NRV	0.10	Red viaria
EDP	0.09	Deportivo
VAP	0.10	Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación
UEN	0.10	Ensanche
UDS	0.09	Urbano discontinuo
TCO	0.10	Comercial y oficinas
TCG	0.09	Camping

Relación usos del suelo y número de Manning

4.3.4 CONDICIONES DE CONTORNO E INICIALES

El modelo tiene como entradas los caudales del Barranc Lliriet (punto Benidorm02 según la hidrología del PDMB). Se eligen del estudio hidrológico 4 eventos con hidrogramas de periodos de retorno de 10, 25, 100 y 500 años. En la siguiente figura se muestran los puntos de entrada al modelo y las condiciones iniciales del mismo.



Condiciones de contorno

Como condición de contorno en la salida del modelo se definen los mismos niveles de marea que los empleados en la modelización hidráulica del PDMB:

Período de retorno	Nivel de marea (msnm)
T= 10 años	0.70
T= 25 años	0.72
T= 100 años	0.75
T= 500 años	0.80

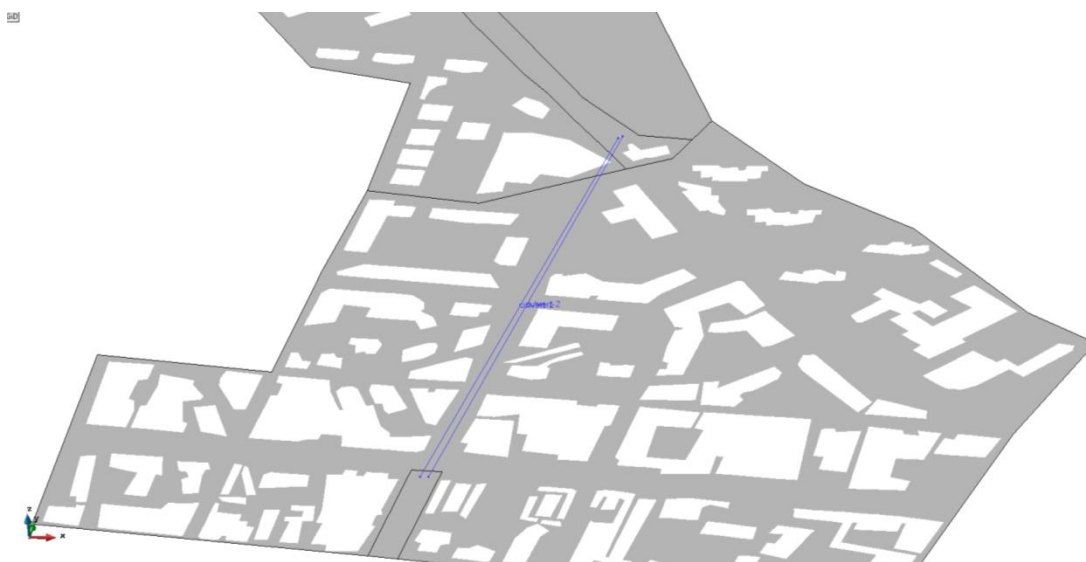
Niveles de marea definidos como condiciones de contorno

4.3.5 ESTRUCTURAS

Como ya se comentó anteriormente existen 2 marcos de hormigón de dimensiones 2.50x1.60m antes del cruce con la avenida Almirante Bernat de Sarriá, que conducen las aguas pluviales del barranco Liriet a la red general municipal de drenaje a través de los colectores de la avenida de Filipinas hasta el mar.

Para modelar estas estructuras dentro del modelo hidráulico se han empleado elementos 1D, denominados alcantarillas, los cuales quedan definidos a partir de las siguientes características:

- Coordenadas y cota de inicio:
 - X_{ETRS89} : 751572
 - Y_{ETRS89} : 4269694
 - Z: 5.50 msnm
- Coordenadas y cota de salida:
 - X_{ETRS89} : 751504
 - Y_{ETRS89} : 4269245
 - Z: 2 msnm
- Rugosidad, definida con el número de manning: $n = 0.020$
- Dimensiones básicas:
 - Tipo de sección: rectangular
 - Ancho = 2.50 m
 - Alto = 1.60 m



Elementos alcantarillas 1D

4.4 RESULTADOS EN SITUACIÓN ACTUAL. VALIDACIÓN CON LOS RESULTADOS DEL PDMB

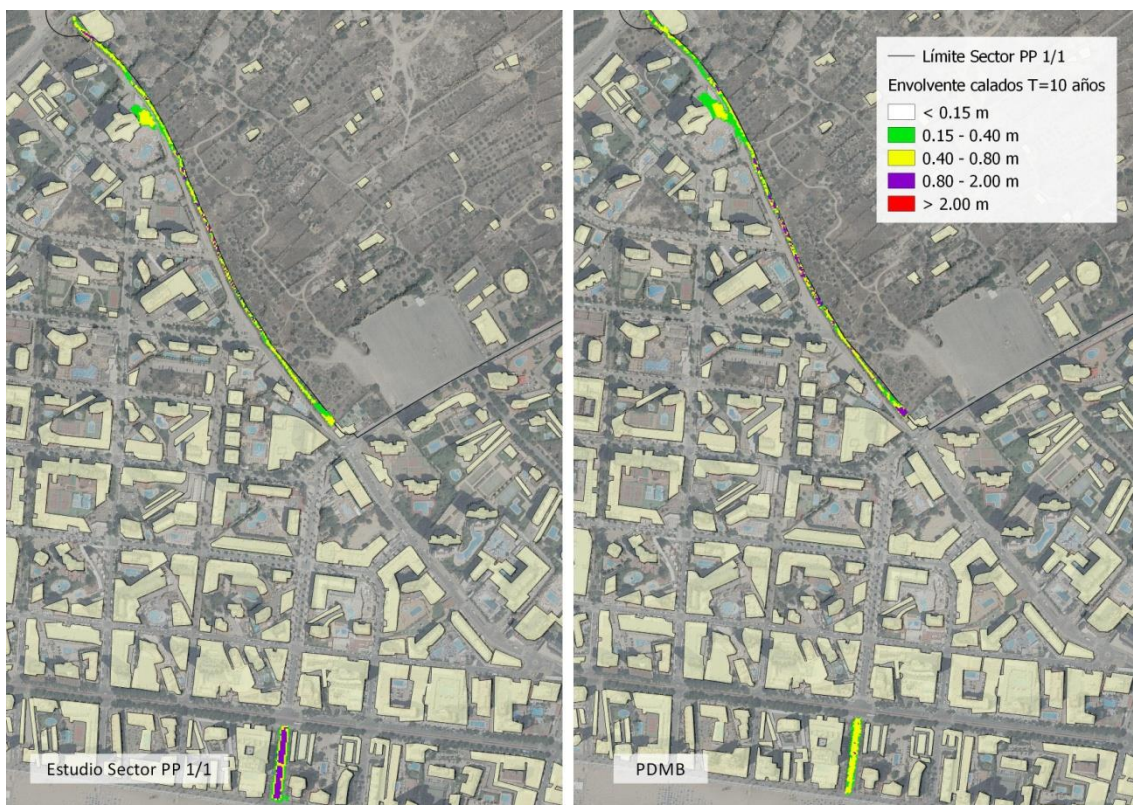
A continuación se muestran los resultados obtenidos con el modelo hidráulico en situación actual. Para su validación se comparará con los resultados obtenidos en el PDMB.

4.4.1 T= 10 AÑOS

Para T=10 años únicamente se producen desbordamientos muy localizados, y de muy baja magnitud, por margen derecha en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón tienen capacidad suficiente para que no existan desbordamientos a la entrada de los mismos.

A la salida de los colectores, el encauzamiento situado en la desembocadura tiene capacidad suficiente para desaguar hacia la playa el hidrograma procedente de los marcos de hormigón.



Comparativa de las envolvente de calados para T= 10 años

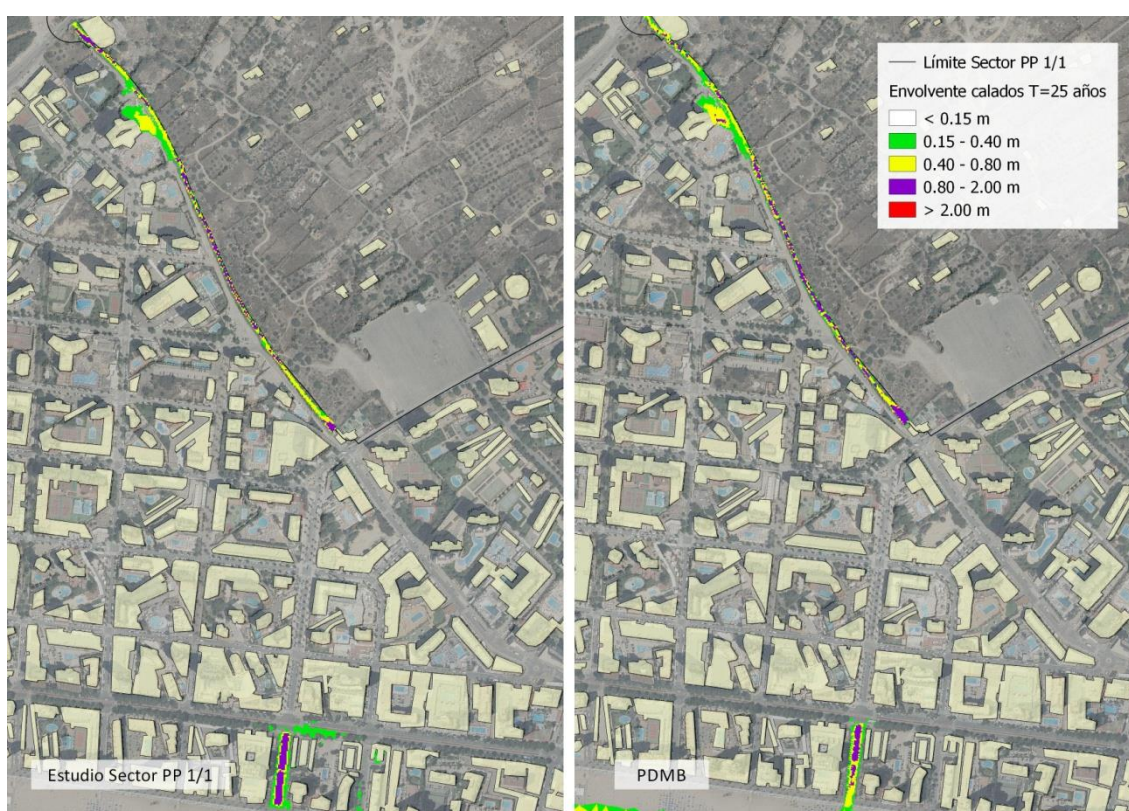
Comparando la extensión y la magnitud de los calados obtenidos con los resultados obtenidos en el PDMB se puede considerar la simulación validada.

4.4.2 T=25 AÑOS

Para T=25 años únicamente se producen desbordamientos muy localizados, y de muy baja magnitud, por margen derecha en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón tienen capacidad suficiente para que no existan desbordamientos a la entrada de los mismos.

A la salida de los colectores, el encauzamiento situado en la desembocadura tiene capacidad suficiente para desaguar hacia la playa el hidrograma procedente de los marcos de hormigón.



Comparativa de las envolvente de calados para T= 25 años

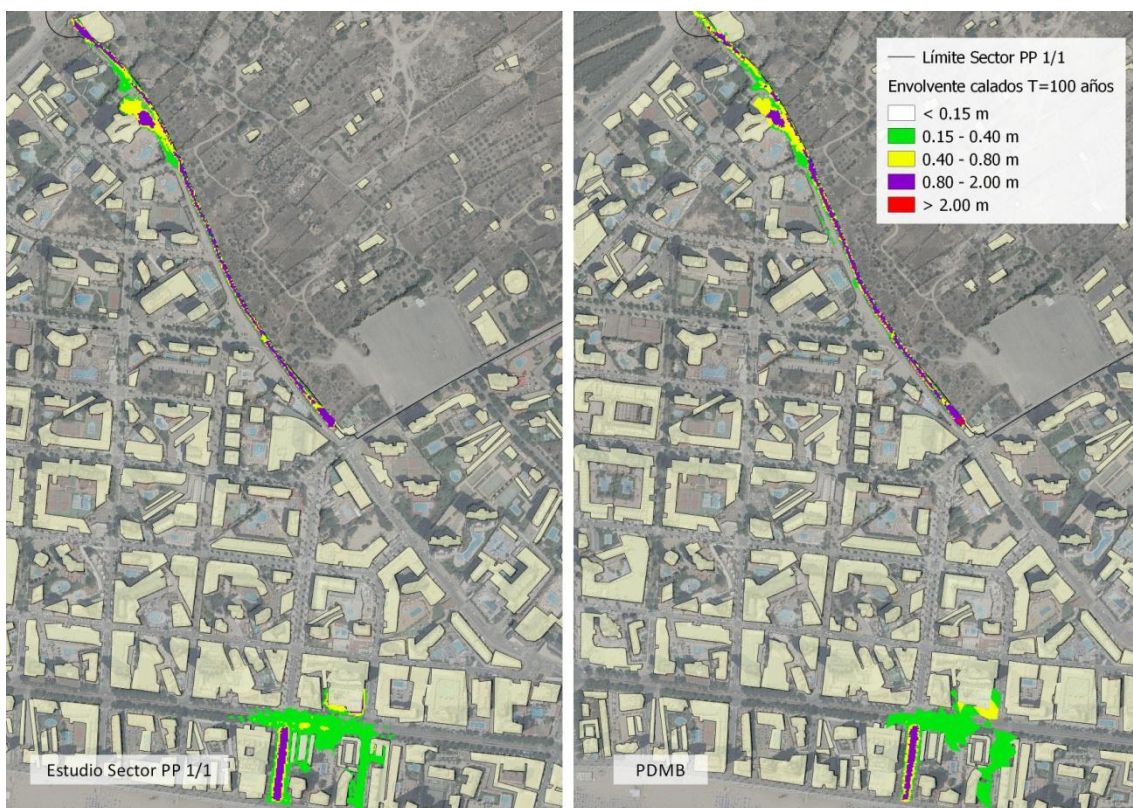
Comparando la extensión y la magnitud de los calados obtenidos con los resultados obtenidos en el PDMB se puede considerar la simulación validada.

4.4.3 T=100 AÑOS

Para T=100 años únicamente se producen desbordamientos muy localizados por margen derecha en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón tienen capacidad suficiente para que no existan desbordamientos a la entrada de los mismos.

A la salida de los colectores, en el encauzamiento situado en la desembocadura tiene su capacidad agotada, provocando desbordamientos de pequeña magnitud (calados <40 cm), especialmente hacia la margen izquierda.



Comparativa de las envolvente de calados para T= 100 años

Comparando la extensión y la magnitud de los calados obtenidos con los resultados obtenidos en el PDMB se puede considerar la simulación validada.

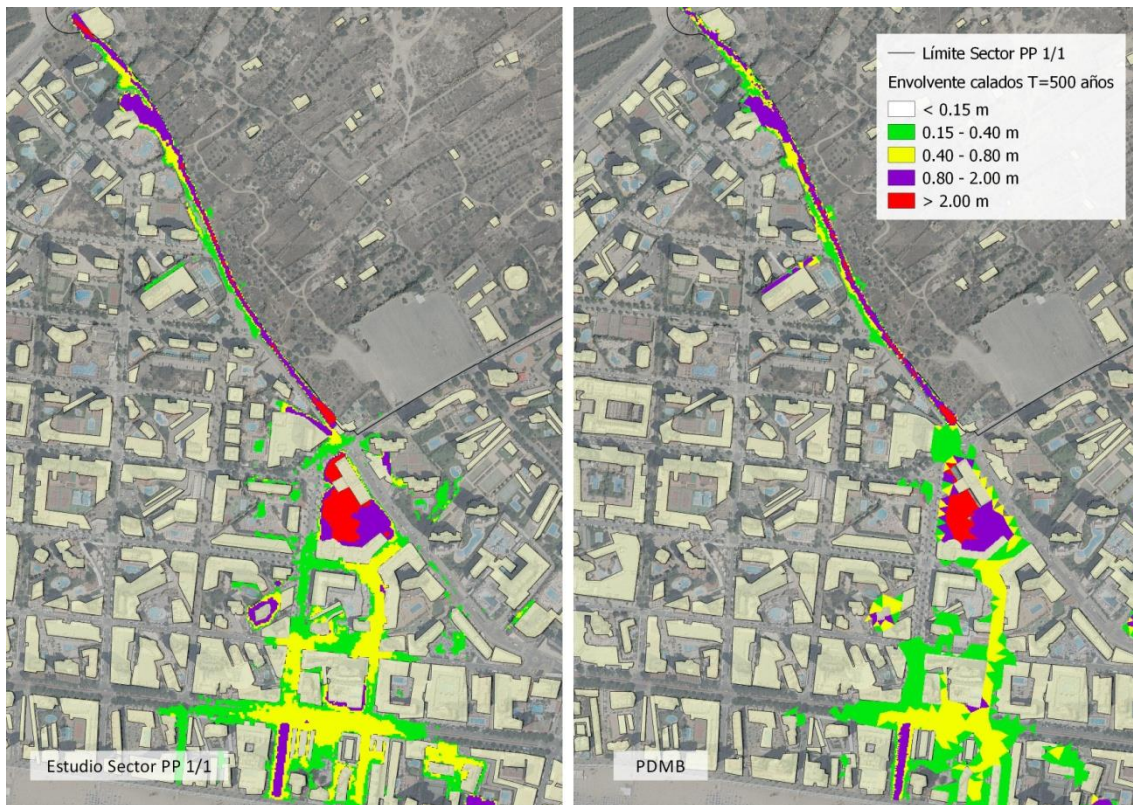
4.4.4 T=500 AÑOS

Para T=500 años se producen desbordamientos por margen derecha en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón agotan su capacidad de desagüe, provocando desbordamientos a la entrada de los mismos que afectan al casco urbano de Benidorm.

A la salida de los colectores, el encauzamiento situado en la desembocadura tiene su capacidad agotada y se producen desbordamientos generalizados por ambas márgenes a los cuales se unen los desbordamientos producidos aguas arriba a la entrada de los marcos.

Las principales calles afectadas por los desbordamientos son la avenida Filipinas, avenida de Almería, avenida del Mediterráneo y calles adyacentes.

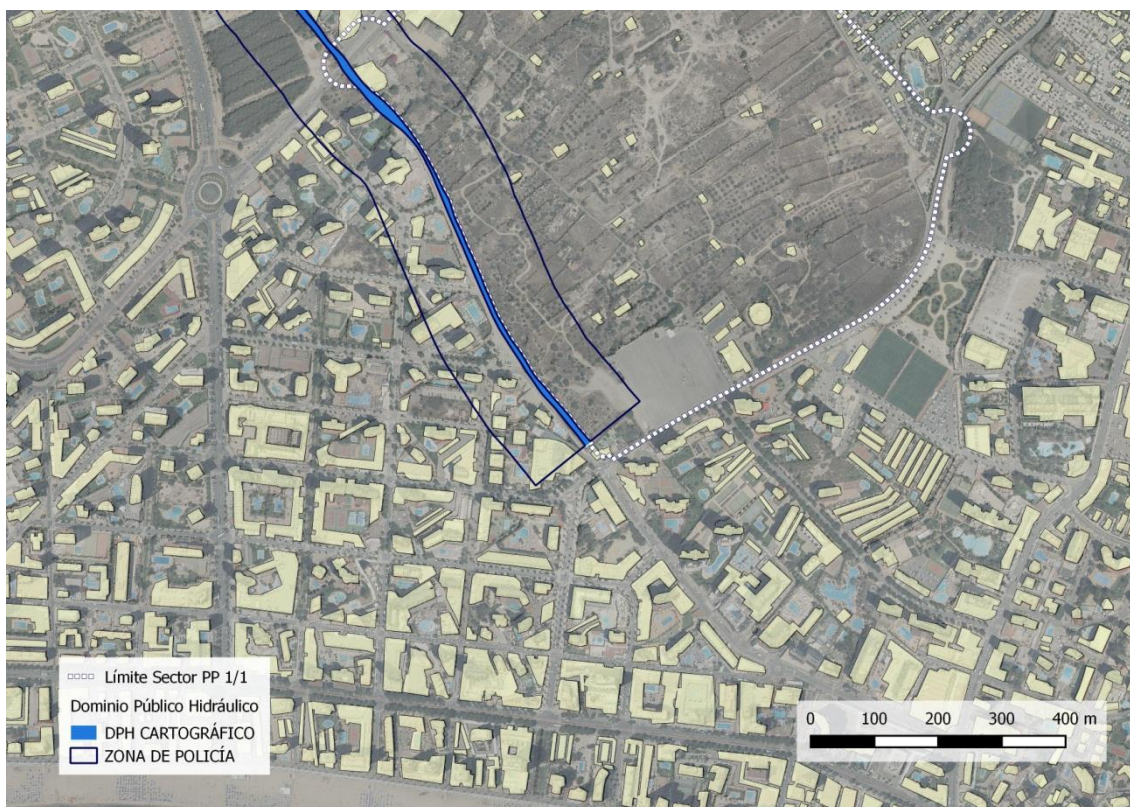


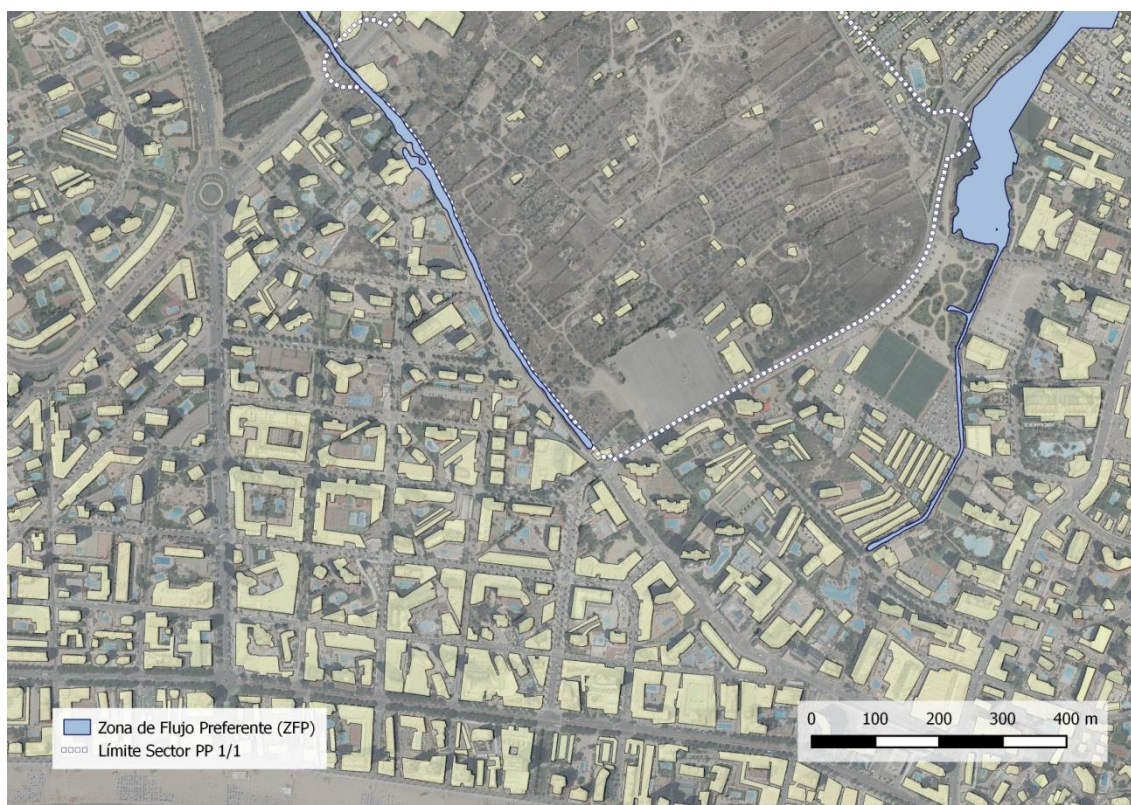
Comparativa de las envolvente de calados para T= 500 años

Comparando la extensión y la magnitud de los calados obtenidos con los resultados obtenidos en el PDMB se puede considerar la simulación validada.

4.4.5 DPH Y ZFP

Dado que se pueden dar por validadas las simulaciones realizadas, se tomará para la definición en situación actual la delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) y la Zona de Flujo Preferente (ZFP) definida a partir de las simulaciones del PDMB y que fueron adoptadas por el SNCZI.





Zona de Flujo Preferente (ZFP). Situación actual definida por el SNCZI

4.4.6 PELIGROSIDAD PATRICOVA

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

Artículo 8. Niveles de peligrosidad de inundación

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

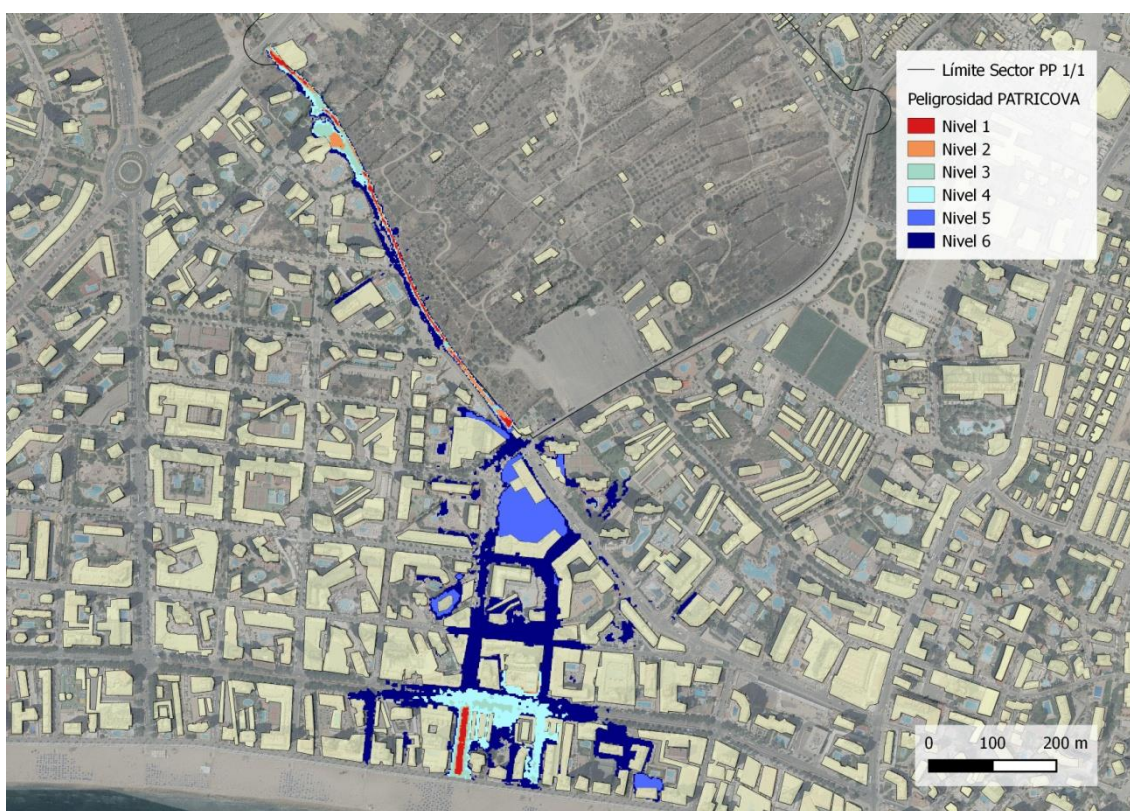
- *Peligrosidad de nivel 1. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación es superior a 0'04 (equivalente a un periodo de retorno inferior a 25 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).*
- *Peligrosidad de nivel 2. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'04 y 0'01 (equivalente a un periodo de retorno entre 25 y 100 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).*
- *Peligrosidad de nivel 3. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación es superior a 0'04 (equivalente a un periodo de retorno inferior a 25 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).*
- *Peligrosidad de nivel 4. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'04 y 0'01 (equivalente a un periodo de retorno entre 25 y 100 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm).*
- *Peligrosidad de nivel 5. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'01 y 0'002 (equivalente a un periodo de retorno entre 100 y 500 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua superior a ochenta centímetros (80 cm).*
- *Peligrosidad de nivel 6. Cuando la probabilidad de que en un año cualquiera se sufra, al menos, una inundación se encuentra entre 0'01 y 0'002 (equivalente a un periodo de retorno entre 100 y 500 años), con un calado máximo generalizado alcanzado por el agua inferior a ochenta centímetros (80 cm) y superior a quince centímetros (15 cm)...”*

Para la aplicación de estos criterios sobre los resultados obtenidos, se ha realizado el siguiente procedimiento:

- Se ha partido de los GRIDs de envolventes máximas de calados (celdas de 2x2m de resolución espacial).

- Se ha realizado un cálculo celda a celda de forma secuencial, seleccionando para cada periodo de retorno (T) aquellas celdas que cumplen el criterio para cada nivel de peligrosidad: Nivel 1, Nivel 2,...Nivel 6.
- Por último, se ha obtenido un único GRID de Niveles de Peligrosidad mediante la fusión de los GRIDS resultado de la selección de celdas según los criterios establecidos en el PATRICOVA, estableciendo el valor de máximo nivel de peligrosidad obtenido para cada una de las celdas del territorio.

La siguiente figura muestra los Niveles de Peligrosidad obtenidos para situación actual:



Niveles de peligrosidad PATRICOVA. Situación Actual

4.5 PROPUESTA DE ACTUACIÓN PP 1/1 “ENSANCHE LEVANTE”

La actuación propuesta define el encauzamiento del Barranco de Liriet en el tramo comprendido entre las avenidas de la Comunidad Valenciana y Almirante Bernat de Sarriá con una sección hidráulica idéntica a la indicada en el PDMB.



Ámbito del encauzamiento propuesto. Zona de servidumbre (línea azul – franja 5m) y zona de policía (línea amarilla – franja 100m)

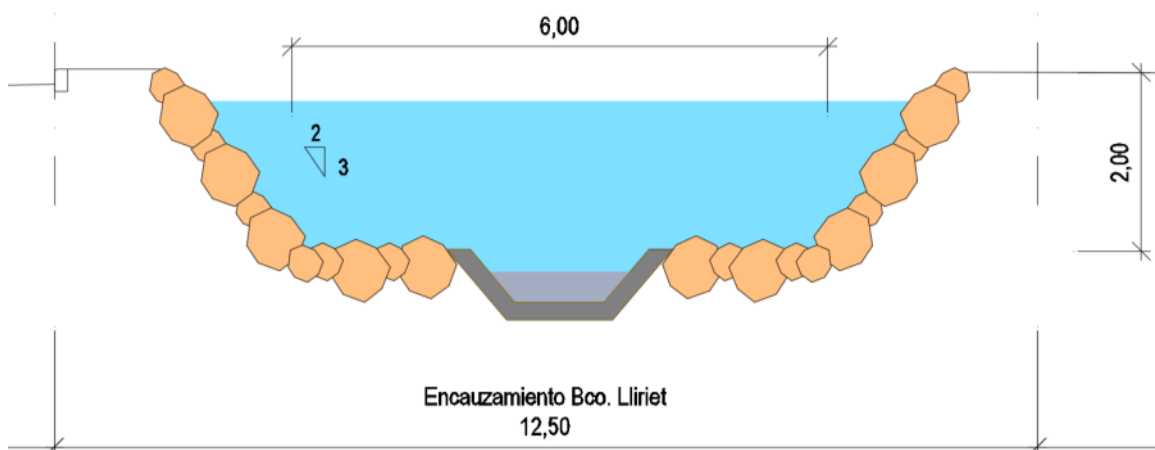
El encauzamiento se integra en un vial de 80m de anchura total que conecta las citadas avenidas. Este vial limita el sector por su margen suroeste.

Este vial dispone de dos calzadas dobles, un bulevar central y amplias aceras y zonas de aparcamiento, según la sección tipo adjunta.



Sección avenida Suroeste 80m

Las dimensiones, tipología y materiales empleados en el encauzamiento planteado en este desarrollo urbanístico son idénticos al indicado en el PDMB, tal y como se describe en el apartado 6.2 de este estudio de inundabilidad, con taludes protegidos con escollera de una altura mínima de 2m y una base de 6m de ancho con la formación de un canal central para aguas bajas.



Sección encauzamiento barranco Liriet

A su vez el encauzamiento, discurre por el bulvar central de la avenida Suroeste de 45,50m de ancho total. En este bulvar se dispone del encauzamiento, con un ancho total de 12,50m, una reserva de espacio para el desvío de la vía pecuaria denominada Colada de Soria de 8m y una zona verde de 25m.



Detalle sección bulvar central donde se integra el encauzamiento del barranco de Liriet.

Adicionalmente el desarrollo de la urbanización del sector PP 1/1, supone la ejecución de una malla viaria que reconfigura toda la zona, incluso las avenidas Comunidad Valenciana y Almirante Bernat de Sarrià, por lo que la obras de paso y de captación existentes se ejecutarán de nuevo con una sección hidráulica equivalente.

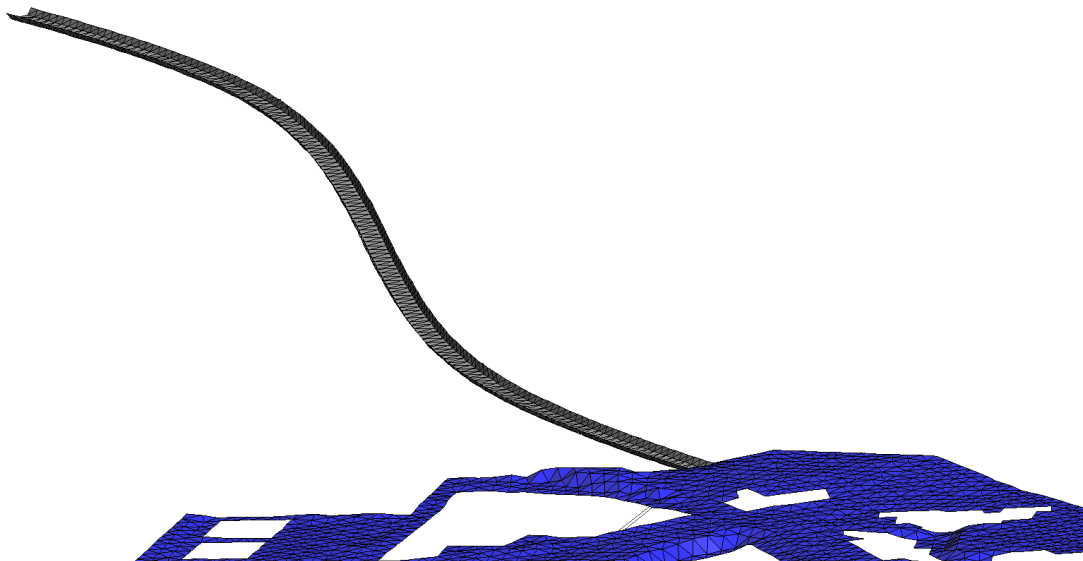
4.6 MODELO HIDRÁULICO EN SITUACIÓN FUTURA

A continuación se describen los elementos de la topología del modelo hidráulico que fueron modificados respecto al modelo en situación actual.

4.6.1 MODELO DIGITAL DEL TERRENO

El modelo digital que define el casco urbano de Benidorm se mantienen igual respecto a la situación actual.

En relación al nuevo canal diseñado, se introdujeron las coordenadas de los puntos que lo definen directamente en el modelo IBER 2B como puntos unidos por líneas. De esta forma se obtienen las superficies 3D que posteriormente serán malladas para el cálculo:



Detalle 3D del canal modelado

El nuevo encauzamiento se caracteriza por su pendiente longitudinal y sección tipo constante a lo largo de todo el tramo. Las coordenadas y cotas que definen el inicio y fin del canal son los siguientes:

- Coordenadas y cota de inicio:
 - X_{ETRS89} : 751217
 - Y_{ETRS89} : 4270276
 - Z: 23.50 msnm
- Coordenadas y cota de salida:
 - X_{ETRS89} : 751557
 - Y_{ETRS89} : 4269725
 - Z: 7.25 msnm

4.6.2 ÁMBITO MODELADO Y MALLA 2D

En el caso de la situación futura el ámbito de modelación es el mismo que para la situación actual. Las superficies que definían el barranco Liriet cambian por las superficies que definen el encauzamiento proyectado.

Los tamaños máximos de malla continúan con valores de de 5 m y 2 m, en función de la superficie considerada:



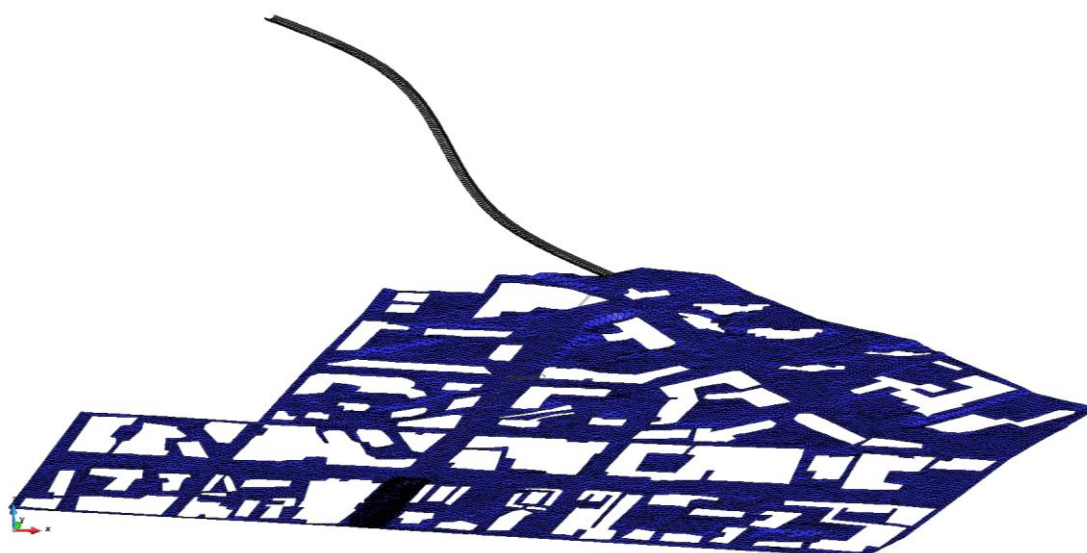
Tamaños máximo de malla definidos. Situación Futura

La malla generada para la situación futura tiene un total de 20242 elementos.

A continuación se muestra la malla de elementos triangulares no estructurados una vez ya aplicado el MDT para asignar las cotas dentro del casco urbano de Benidorm:



Malla del modelo hidráulico. Situación Futura



Vista 3D de la malla del modelo hidráulico

4.6.3 RUGOSIDAD

Para situación futura la rugosidad del casco urbano de Benidorm se mantendrá respecto a la situación actual.

La única modificación respecto al modelo en situación actual será la asignación de la rugosidad para el nuevo canal proyectado con un valor de $n = 0.045$.

Para la definición de este valor se ha aplicado el método de Cowan para un cauce artificial, excavado en buenas condiciones, uniforme, con algunas obstrucciones, vegetación media, y baja sinuosidad.

4.6.4 CONDICIONES DE CONTORNO E INICIALES

Las condiciones de contorno e iniciales se mantienen igual respecto a la situación actual.

4.6.5 ESTRUCTURAS

Los marcos en situación futura simplemente son prolongados hasta el nuevo punto de entrada definido, manteniendo el resto de características. Las nuevas características que definen los marcos en situación futura son las siguientes:

- Coordenadas y cota de inicio:
 - X_{ETRS89} : 751555
 - Y_{ETRS89} : 4269725
 - Z : 7.30 msnm
- Coordenadas y cota de salida:
 - X_{ETRS89} : 751504
 - Y_{ETRS89} : 4269245
 - Z : 2 msnm
- Rugosidad, definida con el número de manning dentro de los marcos: $n = 0.020$
- Dimensiones básicas:
 - Tipo de sección: rectangular
 - Ancho = 2.50 m
 - Alto = 1.60 m

4.7 RESULTADOS EN SITUACIÓN FUTURA

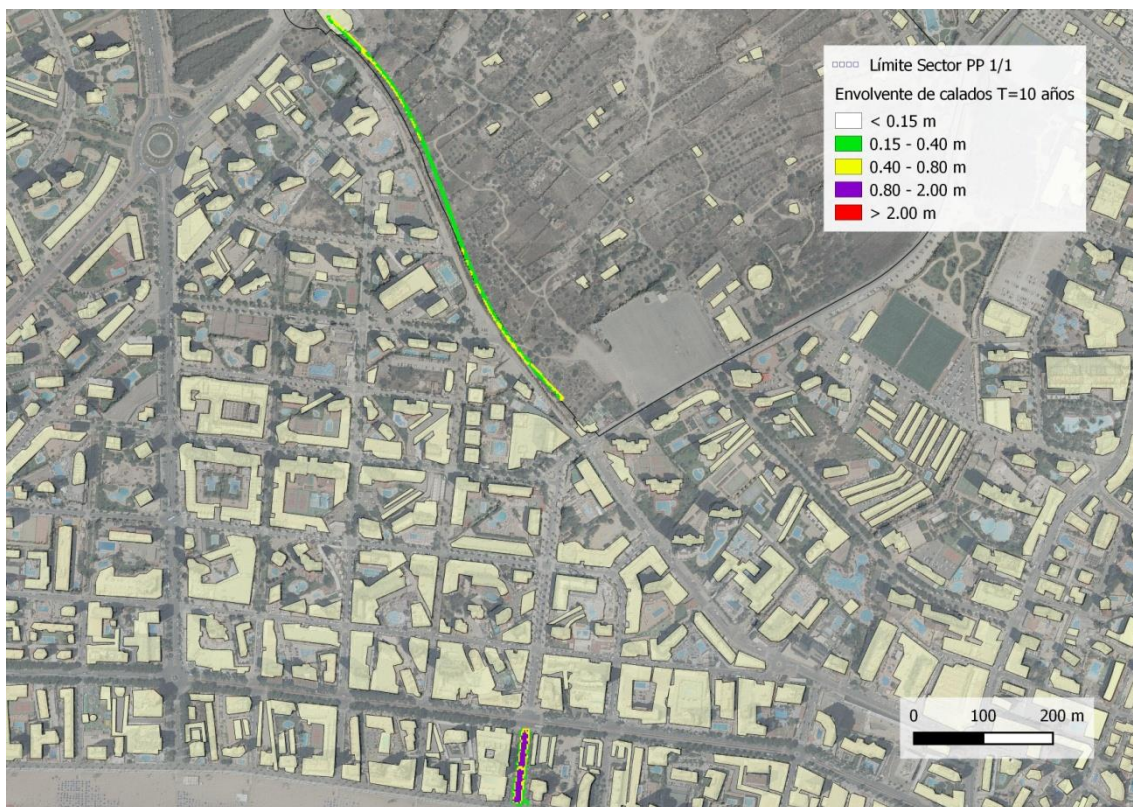
A continuación se muestran los resultados obtenidos con el modelo hidráulico en situación futura.

4.7.1 T= 10 AÑOS

Para T=10 años gracias al encauzamiento proyectado no se producen desbordamientos en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón tienen capacidad suficiente para que no existan desbordamientos a la entrada de los mismos.

A la salida de los colectores, el encauzamiento situado en la desembocadura tiene capacidad suficiente para desaguar hacia la playa el hidrograma procedente de los marcos de hormigón.



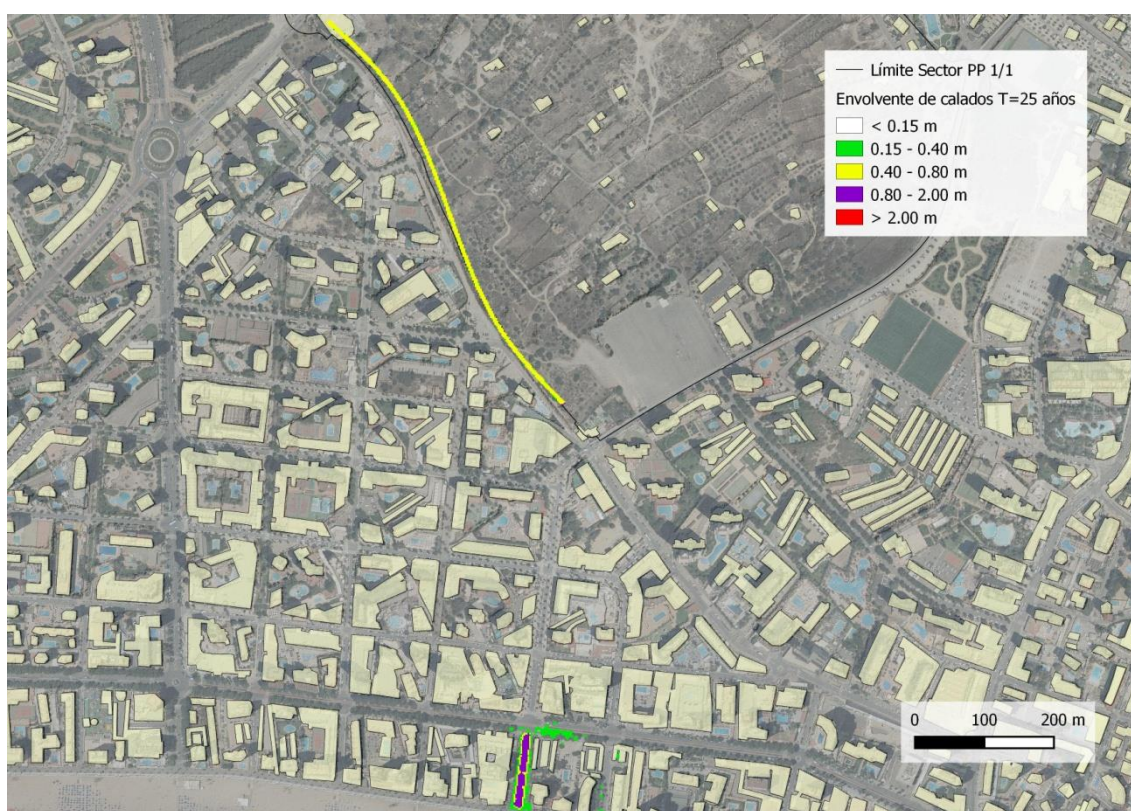
Envolverte de calados para T= 10 años. Situación Futura

4.7.2 T=25 AÑOS

Para T=25 años gracias al encauzamiento proyectado no se producen desbordamientos en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón tienen capacidad suficiente para que no existan desbordamientos a la entrada de los mismos.

A la salida de los colectores, el encauzamiento situado en la desembocadura tiene capacidad suficiente para desaguar hacia la playa el hidrograma procedente de los marcos de hormigón.



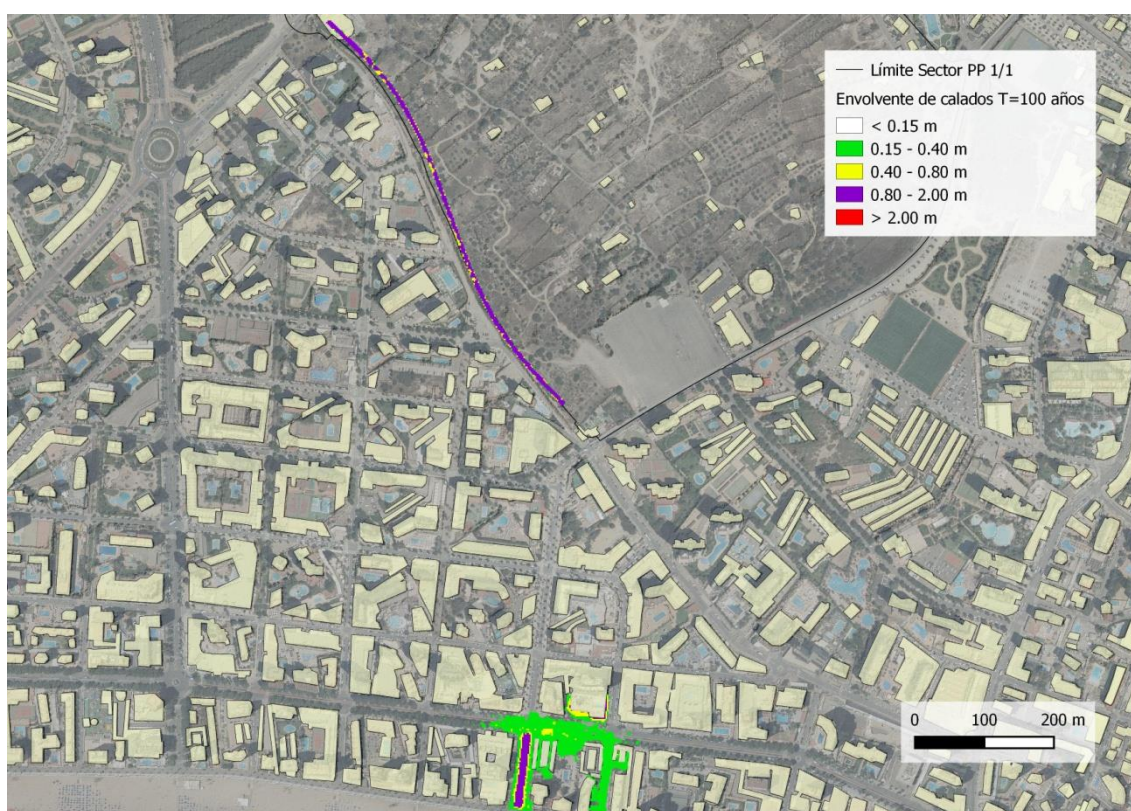
Envolvente de calados para T= 25 años. Situación Futura

4.7.3 T=100 AÑOS

Para T=100 años gracias al encauzamiento proyectado no se producen desbordamientos en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón tienen capacidad suficiente para que no existan desbordamientos a la entrada de los mismos.

A la salida de los colectores, en el encauzamiento situado en la desembocadura tiene su capacidad agotada, provocando desbordamientos de pequeña magnitud (calados <40 cm), especialmente hacia la margen izquierda.



Envoltorio de calados para T= 100 años. Situación Futura

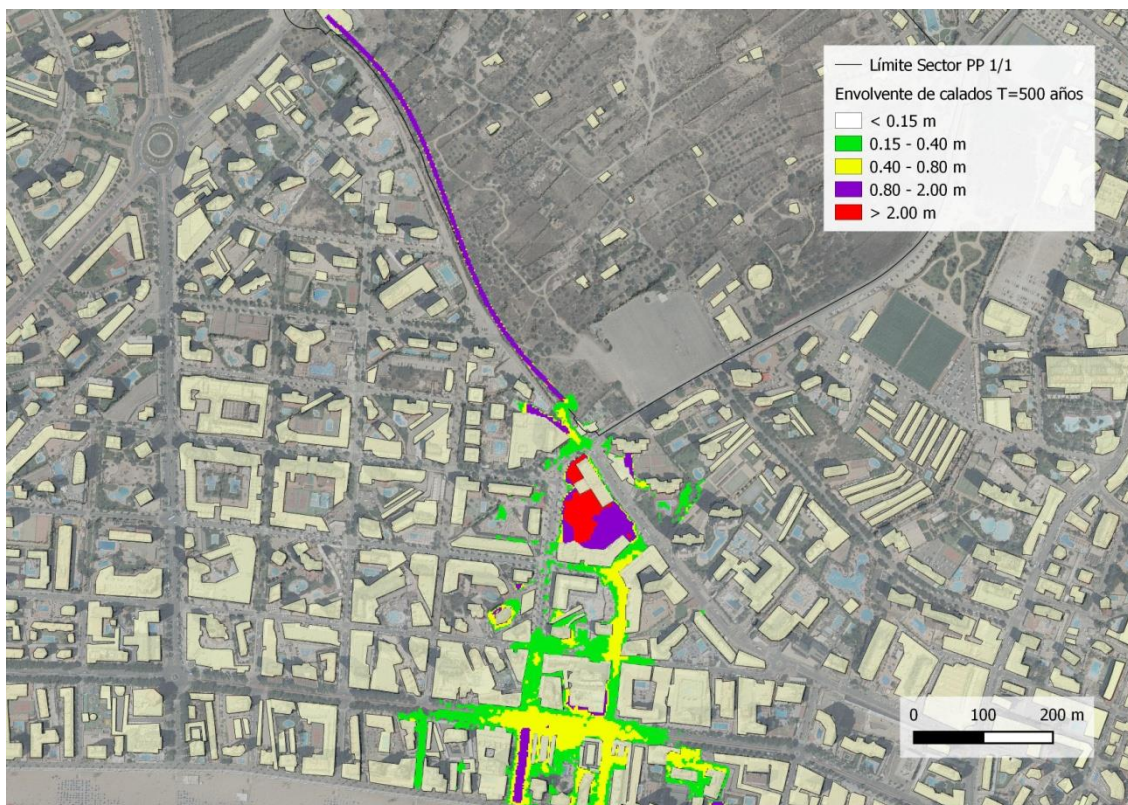
4.7.4 T=500 AÑOS

Para T=500 años gracias al encauzamiento proyectado no se producen desbordamientos en el tramo que discurre paralelo al sector.

Los marcos de hormigón agotan su capacidad de desagüe, provocando desbordamientos a la entrada de los mismos que afectan al casco urbano de Benidorm.

A la salida de los colectores, el encauzamiento situado en la desembocadura tiene su capacidad agotada y se producen desbordamientos generalizados por ambas márgenes a los cuales se unen los desbordamientos producidos aguas arriba a la entrada de los marcos.

Las principales calles afectadas por los desbordamientos son la avenida Filipinas, avenida de Almería, avenida del Mediterráneo y calles adyacentes.



Envolvente de calados para T= 500 años. Situación Futura

4.7.5 DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO (DPH)

A los efectos de estas determinaciones, se estará a lo dispuesto en el Texto Consolidado (última modificación de 29 de diciembre de 2016), del Real Decreto 849/1986 por el que se aprobaba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (que desarrollaba los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley de Aguas 29/1985), y que pasó a denominarse “Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio”, según estableció el artículo 1 único del Real Decreto 9/2008.

En el artículo 4 de dicho Texto Consolidado se define el Dominio Público Hidráulico, como determinado a partir del cauce natural, del siguiente modo:

“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 ese 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.”

En ese mismo Texto Consolidado, en su artículo 6.2.b, se alude a la Zona de Policía como la constituida por una franja lateral de 100 metros de anchura en las que se condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen.



Dominio Público Hidráulico y márgenes del río con las zonas de policía y servidumbre.

En nuestro caso, y dejándonos del lado de la seguridad, se tomará el periodo de retorno 10 años como el que define la Máxima Crecida Ordinaria (MCO):



Dominio Público Hidráulico (DPH). Situación Futura

4.7.6 ZONA DE FLUJO PREFERENTE

La Zona de Flujo Preferente (ZFP) se define como la zona constituida por la unión de la zona o zonas donde se concentra preferentemente el flujo durante las avenidas, o vía de intenso desagüe (VID), y de la zona donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños (ZGD), 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 (ZGD), sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas durante la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:

- Calado > 1 m
- Velocidad > 1 m/s
- (Calado x Velocidad) > 0.5 m²/s

Se entiende por vía de intenso desagüe (VID) la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelevación mayor que 0.3 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente.

En relación a las simulaciones realizadas para el Sector PP 1/1, se puede afirmar lo siguiente:

- La ZFP, debido a que no existen desbordamientos en el nuevo encauzamiento, ocupa la totalidad de la envolvente de calados obtenida para T=100 años en el tramo que discurre por el nuevo sector.
- En el canal de la desembocadura los desbordamientos son de pequeña magnitud, por lo que la ZFP se mantiene dentro del área encauzada.

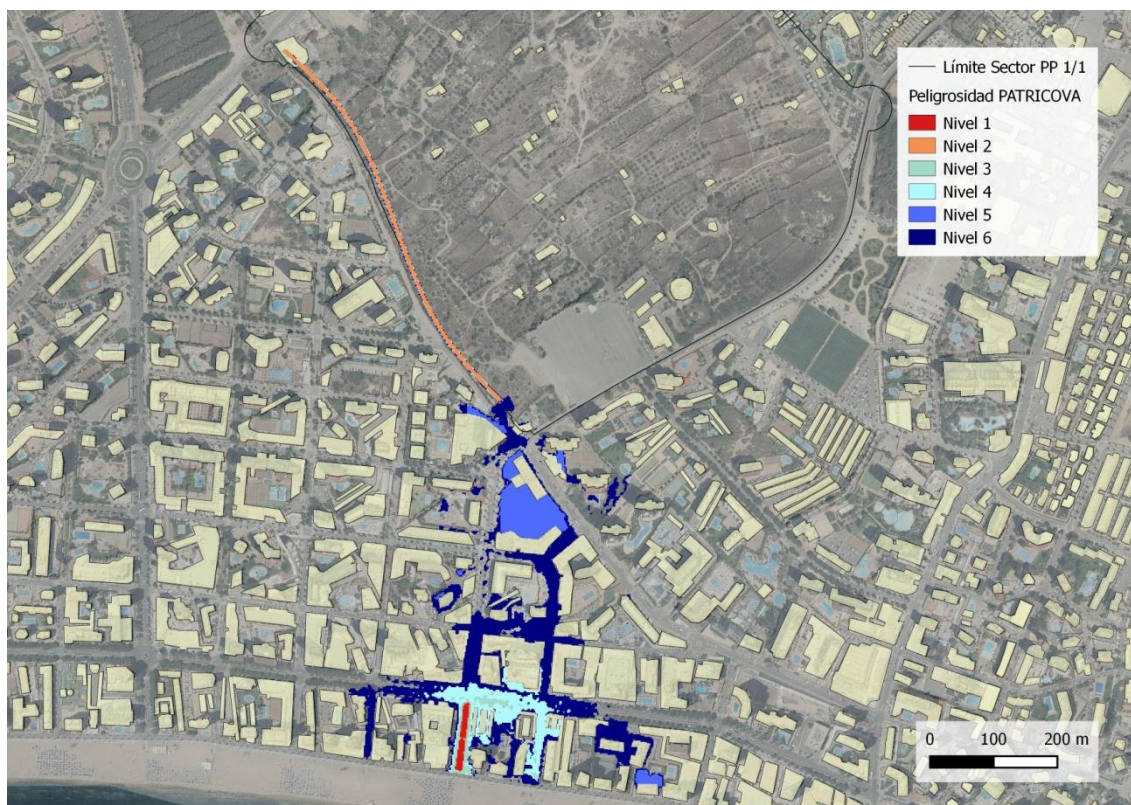
A continuación se muestra la ZFP obtenida para la situación actual:



Zona de Flujo Preferente (ZFP). Situación Futura

4.7.7 PELIGROSIDAD PATRICOVA

Siguiendo los criterios y la metodología definida anteriormente para la situación actual a continuación se muestra la peligrosidad PATRICOVA para la situación futura:



Niveles de peligrosidad PATRICOVA. Situación Futura

4.8 ANÁLISIS DE AFECCIONES (PATRICOVA)

El análisis de afección a terceros se realizará atendiendo a los criterios establecidos por artículo 9 del PATRICOVA, partiendo de los GRIDs de envolventes de calados máximos y velocidades máximas en situación actual y futura. En nuestro caso se tomarán las situaciones simuladas con puertas cerradas para poder obtener diferencias comparables.

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

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

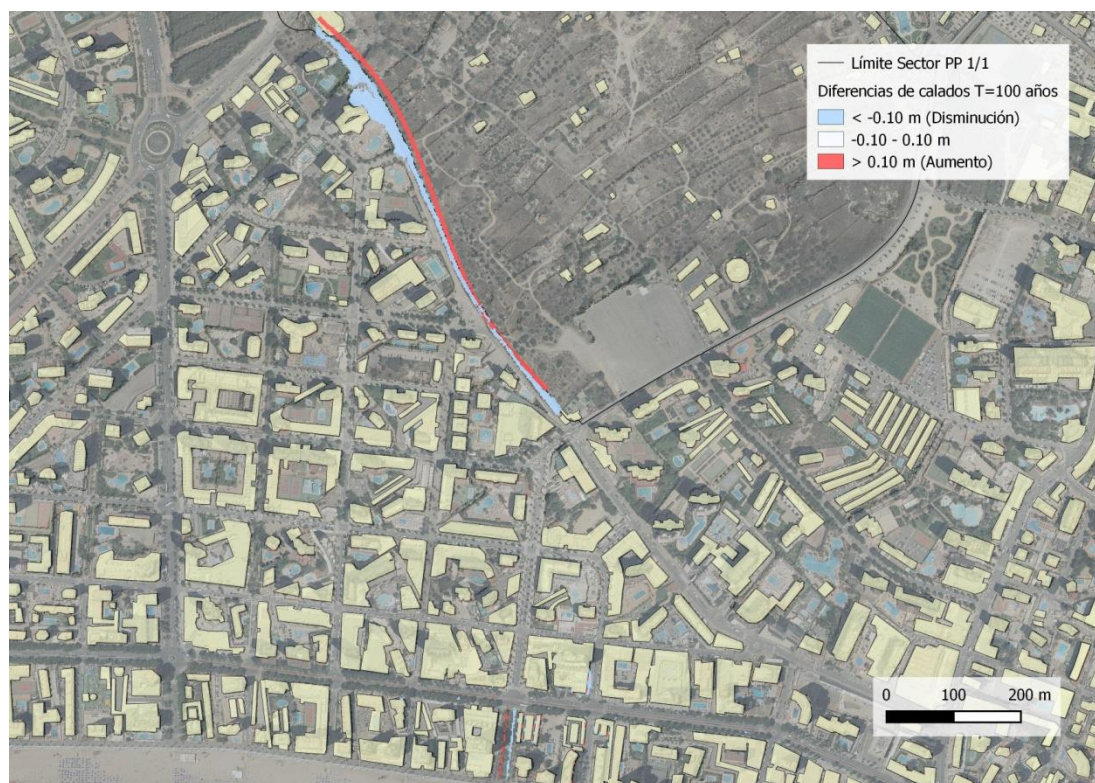
*2. Se considera que existe un **incremento significativo** de la peligrosidad de inundación en la zona de peligrosidad cuando se produce un **aumento del calado máximo o de la velocidad de más de un diez por ciento (10%) y de más de diez centímetros (10 cm)** para cualquier periodo de retorno entre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

El primer paso será la obtención de las diferencias de calados (mediante análisis celda a celda) para la localización de las diferencias existentes. Posteriormente se analizarán dichas diferencias en función de las zonas de peligrosidad obtenidas a partir de los niveles de peligrosidad PATRICOVA.

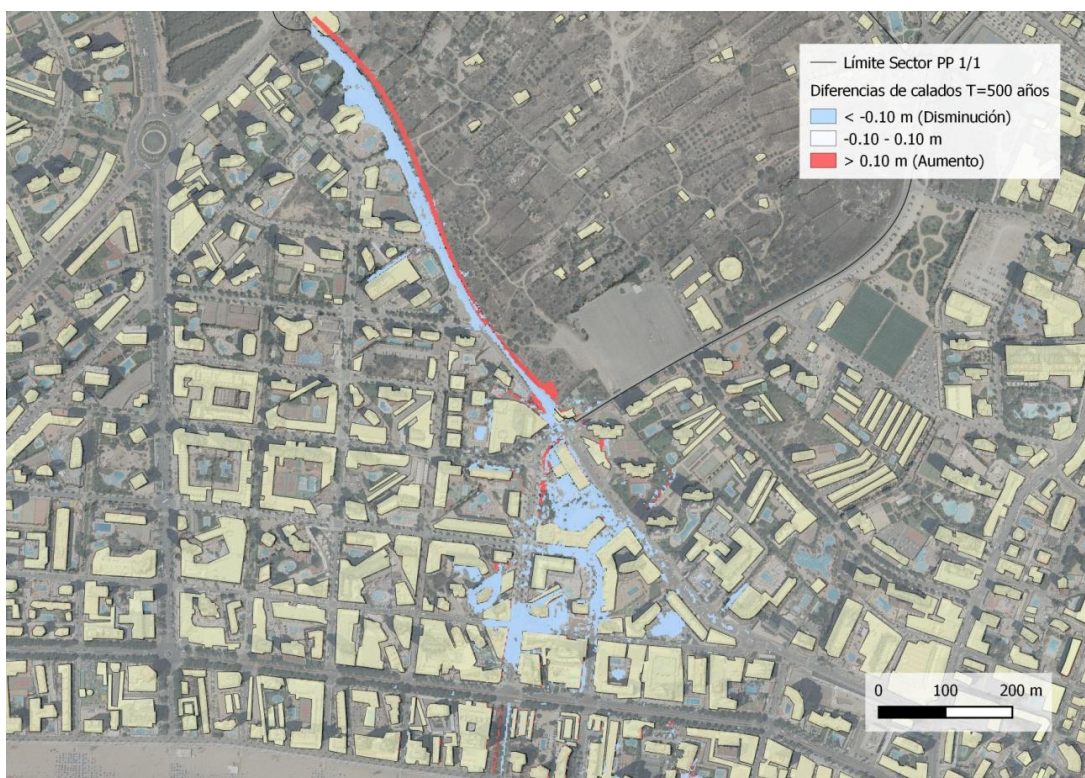
Las siguientes figuras muestran estas diferencias para los distintos períodos de retorno considerados:



Diferencias de calados para T= 25 años



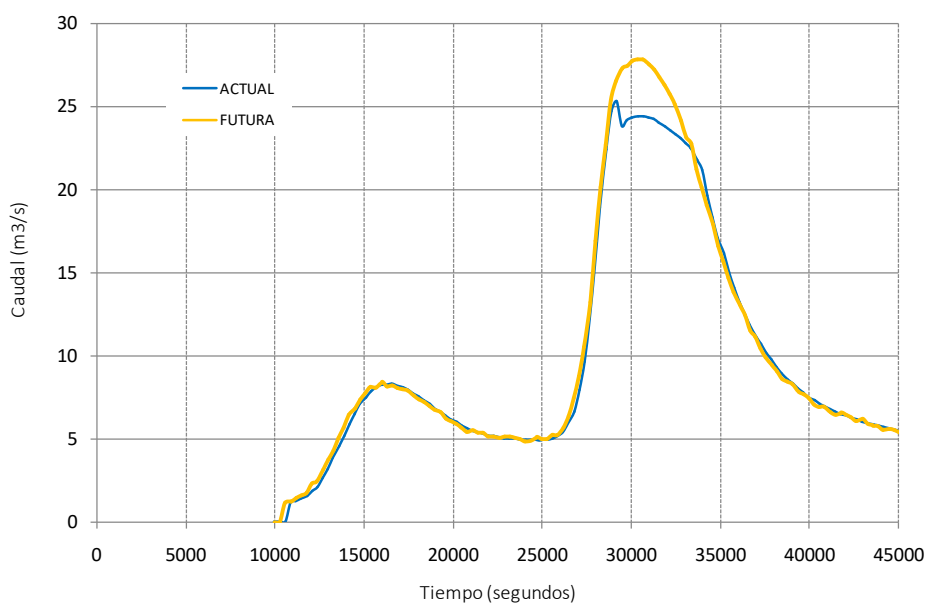
Diferencias de calados para T= 100 años



Diferencias de calados para T= 500 años

En el caso de las diferencias para T=500 años se aprecia como los desbordamientos de la zona urbana disminuyen ligeramente de caudal. La causa se encuentra en que la capacidad de los marcos aumenta en situación futura debido a que la pendiente total se ve incrementada al ser el punto de entrada trasladado a una cota mayor.

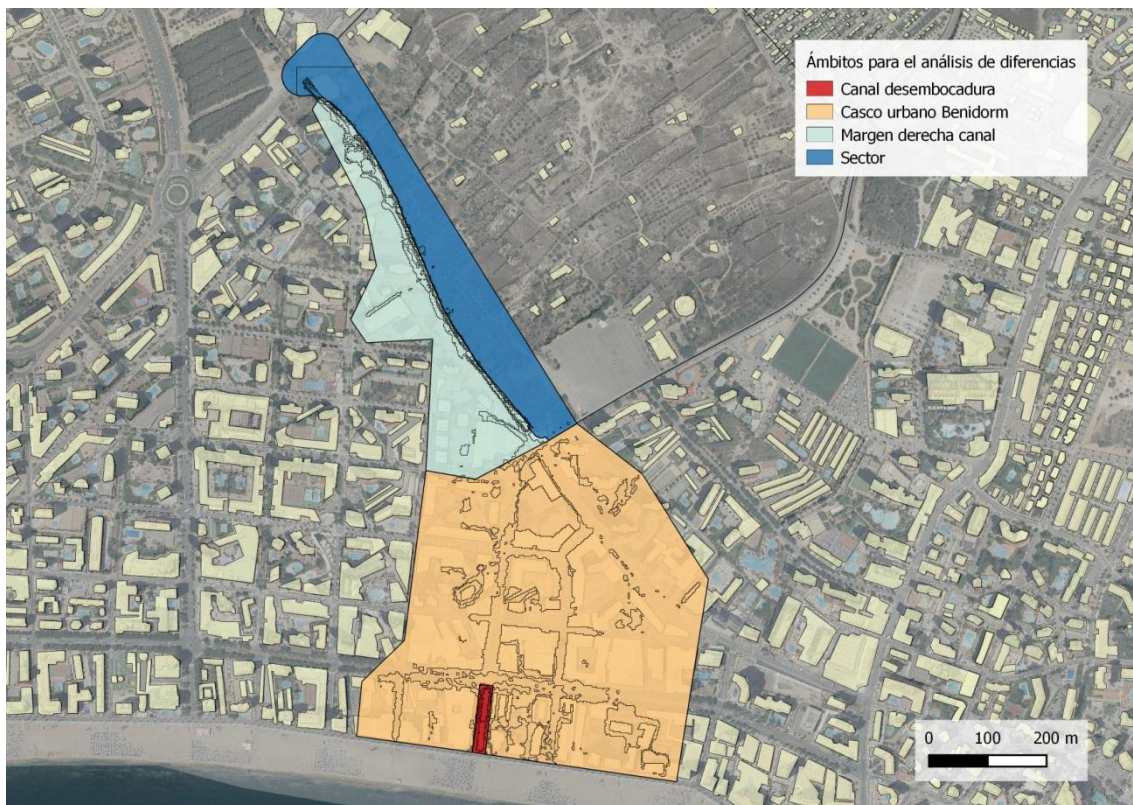
Capacidad descarga marcos Liriet - T=500 años



Descarga por los marcos de hormigón. T= 500 años

Si bien en general (analizando la totalidad de la extensión del modelo), se observa que la situación final propuesta generan un efecto positivo sobre el casco urbano de Benidorm (disminución de calados), existen localizaciones puntuales en las que se observan incrementos positivos de calados que serán analizados a continuación.

Para poder realizar el análisis en primer lugar es necesario identificar los ámbitos sobre los cuales realizar el análisis del incremento significativo de la peligrosidad según el artículo 9 del PATRICOVA. Dado que el área de estudio es amplia se procedió a la identificación de varios ámbitos de análisis. La siguiente imagen muestra los ámbitos donde se realizará el análisis de diferencias por zonas de peligrosidad:



Ámbitos para el análisis de diferencias

Definidos los ámbitos de análisis se determinaron las zonas de peligrosidad para cada uno de ellos sobre los cuales se realizará la comparativa de calados.

A continuación se muestra una valoración cuantitativa de los incrementos obtenidos de las modelaciones hidráulicas para T=25 años, T=100 años y T=500 años considerando las envolventes de calados obtenidas:

ÁMBITO: SECTOR													
		T=25 años				T=100 años				T=500 años			
Variable	Nivel Peligro	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)
Promedio de los calados máximos (m)	0	0,00	0,03	0,03	#¡DIV/0!	0,00	0,05	0,05	#####	0,00	0,10	0,10	4799,02%
	1	1,06	0,00	-1,06	-100,00%	1,54	0,00	-1,54	-100,00%	2,43	0,01	-2,42	-99,78%
	2	0,54	0,06	-0,48	-88,30%	0,99	0,10	-0,89	-89,64%	1,86	0,19	-1,66	-89,52%
	3	0,33	0,11	-0,22	-67,34%	0,62	0,19	-0,44	-70,05%	1,28	0,34	-0,94	-73,36%
	4	0,03	0,16	0,14	502,49%	0,33	0,27	-0,06	-17,18%	1,03	0,49	-0,53	-51,89%
	5	0,00	0,12	0,12	4570,45%	0,03	0,19	0,16	550,83%	1,09	0,50	-0,59	-53,88%
	6	0,00	0,16	0,16	25397,71%	0,02	0,28	0,26	1702,26%	0,37	0,53	0,15	41,18%

Análisis de diferencias de calados. Ámbito: Sector

ÁMBITO: MARGEN DERECHA CANAL													
		T=25 años				T=100 años				T=500 años			
Variable	Nivel Peligro	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)
Promedio de los calados máximos (m)	0	0,00	0,00	0,00	4968,71%	0,00	0,00	0,00	3658,41%	0,00	0,00	0,00	-17,71%
	1	1,02	0,10	-0,92	-89,89%	1,39	0,17	-1,23	-87,83%	2,08	0,32	-1,76	-84,48%
	2	0,65	0,08	-0,56	-87,11%	0,98	0,13	-0,85	-86,57%	1,60	0,27	-1,33	-82,89%
	3	0,33	0,03	-0,30	-90,13%	0,57	0,05	-0,52	-90,72%	1,08	0,10	-0,98	-90,58%
	4	0,06	0,02	-0,04	-64,34%	0,30	0,03	-0,26	-88,44%	0,78	0,08	-0,71	-90,39%
	5	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,01	0,00	0,00	-55,40%	1,04	0,78	-0,26	-25,19%
	6	0,00	0,01	0,01	678,59%	0,01	0,01	0,00	4,42%	0,36	0,10	-0,26	-71,03%

Análisis de diferencias de calados. Ámbito: Margen derecha canal

ÁMBITO: CASCO URBANO BENIDORM													
		T=25 años				T=100 años				T=500 años			
Variable	Nivel Peligro	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)
Promedio de los calados máximos (m)	0	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,00	0,00	0,00	1205,66%	0,01	0,01	0,00	-31,48%
	1	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!
	2	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,94	0,84	-0,10	-10,59%	1,29	1,15	-0,15	-11,29%
	3	0,20	0,18	-0,02	-8,00%	0,38	0,36	-0,02	-4,77%	0,62	0,59	-0,04	-5,86%
	4	0,06	0,05	-0,01	-12,06%	0,26	0,25	-0,02	-5,70%	0,54	0,50	-0,03	-6,34%
	5	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	2,01	1,85	-0,16	-7,99%
	6	0,00	0,00	0,00	-25,26%	0,01	0,01	0,00	-9,04%	0,35	0,27	-0,09	-24,44%

Análisis de diferencias de calados. Ámbito: Cascor urbano Benidorm

ÁMBITO: CANAL DESEMBOCADURA													
Variable	Nivel Peligro	T=25 años				T=100 años				T=500 años			
		Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)	Actual	Futura	Δ (m)	Δ (%)
Promedio de los calados máximos (m)	0	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,12	0,15	0,03	26,96%
	1	1,04	1,02	-0,02	-1,56%	1,19	1,18	-0,02	-1,55%	1,38	1,36	-0,02	-1,44%
	2	0,72	0,70	-0,02	-2,75%	0,88	0,86	-0,02	-2,61%	1,07	1,05	-0,02	-2,25%
	3	0,34	0,34	0,01	2,33%	0,49	0,49	0,01	1,06%	0,67	0,67	0,00	0,54%
	4	0,09	0,11	0,01	15,56%	0,28	0,29	0,01	4,27%	0,49	0,50	0,01	1,34%
	5	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!	0,00	0,00	0,00	#¡DIV/0!
	6	0,00	0,01	0,01	1942,86%	0,07	0,11	0,04	49,88%	0,27	0,30	0,03	12,06%

Análisis de diferencias de calados. Ámbito: Canal desembocadura

El motivo de que para una peligrosidad nivel 0 continúen apareciendo calados mayores a 0 es debido a que son calados menores a 15 cm, y por lo tanto no se encuentran clasificados dentro de los niveles definidos por la Normativa PATRICOVA.

De las tablas anteriores se observa como en todos los casos fuera del sector los incrementos de calados son siempre inferiores a 10 cm, y, por lo tanto, **NO existen afecciones significativas a terceros según criterios PATRICOVA.**

Los incrementos de calados mayores a 10 cm dentro del ámbito del sector se deben a que el encauzamiento proyectado ocupa nuevos terrenos paralelos al antiguo cauce.

5 CONCLUSIONES

La actuación analizada en este documento (al igual que el documento de la versión preliminar de septiembre de 2019) define y estudia el encauzamiento del Barranco de Liriet en el tramo comprendido en el Sector PP 1/1 “Ensanche Levante”, entre las avenidas de la Comunidad Valenciana y Almirante Bernat de Sarriá con el fin de eliminar los riesgos de inundación detectados en la zona siguiendo los criterios indicados en el PLAN DIRECTOR DE DEFENSA CONTRA LAS AVENIDAS EN LA COMARCA DE LA MARINA BAJA.

En el presente estudio se han analizado por separado las escorrentías generadas por los nuevos usos del suelo del sector PP 1/1 y las escorrentías procedentes del barranco Liriet. Esta simplificación es posible ya que la solución propuesta independiza ambos problemas para periodos de retorno de hasta T=500 años:

- Parque inundable con capacidad de retención de las escorrentías generadas por el sector PP 1/1 frente a eventos de T=500 años.
- Encauzamiento en el barranco Liriet (compatible con el estudio de soluciones del PDMB) con capacidad de desagüe para eventos de T=500 años.

A continuación se realiza un resumen con las principales conclusiones obtenidas del estudio:

SITUACIÓN ACTUAL

Los resultados obtenidos en la modelización hidráulica realizada para el presente estudio son compatibles con los resultados ofrecidos por el Plan Director de la Marina Baja (PDMB).

La situación actual se caracteriza por la ausencia de desbordamientos en el tramo en estudio del barranco de Liriet. Tan solo se producen desbordamientos significativos a partir del periodo de retorno de 500 años donde la capacidad de desagüe de los marcos de hormigón se encuentra agotada.

En la zona de desembocadura de los marcos de hormigón (situada fuera del ámbito del sector) se producen desbordamientos menores a 40cm para un T=100 años.

Para eventos de frecuencia menor (T=500 años), los desbordamientos a la entrada de los marcos de hormigón afectan al casco urbano de Benidorm, afectando principalmente a la avenida Filipinas, avenida de Almería, avenida del Mediterráneo y calles adyacentes.

SITUACIÓN FUTURA. SOLUCIÓN PROPUESTA:

Como solución al problema de inundabilidad del sector PP 1/1 se propone el encauzamiento del barranco de Liriet permitiendo mejorar su capacidad de drenaje y evitar desbordamientos para periodos de retorno hasta T=500 años.

Las dimensiones del encauzamiento son las previstas en el estudio de soluciones del PDMB.

Con el nuevo encauzamiento se consigue evitar los desbordamientos del barranco de Lliriet en el tramo que discurre por el sector PP 1/1 para periodos de retorno de hasta T=500 años.

ANÁLISIS DE AFECCIÓN A TERCEROS

Analizadas las diferencias de calados generadas entre la situación actual y futura se puede concluir que fuera del ámbito del sector los incrementos de calados son siempre inferiores a 10 cm, y, por lo tanto, **NO existen afecciones significativas a terceros** según criterios PATRICOVA.

AFECCIÓN AL RÉGIMEN DE ESCORRENTÍAS:

A la vista de los resultados del análisis hidrológico, parece claro que los nuevos usos del suelo propuestos generan un incremento de caudal y volumen respecto a la situación actual.

Como medida correctora se propone el diseño de un gran parque central inundable con capacidad de retención de hasta 79100 m³, correspondiente al periodo de retorno T=500 años.

Para conseguir dicho volumen será necesario que el parque tenga una profundidad media de 0.90 m, medidos desde la cota más baja del contorno que lo define.

Gracias a este parque central inundable se evitará la afección a terceros aguas abajo, mejorando incluso la situación actual existente respecto al régimen de escorrentías vertiente al casco urbano de Benidorm.

En Benidorm, diciembre de 2021

Fdo.: Jose Ramón García Pastor
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

6 PLANOS

1. Localización
2. Situación Actual.
 - 2.1. Envolvente de calados máximos. T=25 años
 - 2.2. Envolvente de calados máximos. T=100 años
 - 2.3. Envolvente de calados máximos. T=500 años
 - 2.4. Peligrosidad PATRICOVA
 - 2.5. DPH y ZFP
3. Situación Futura.
 - 3.1. Descripción
 - 3.2. Envolvente de calados máximos. T=25 años
 - 3.3. Envolvente de calados máximos. T=100 años
 - 3.4. Envolvente de calados máximos. T=500 años
 - 3.5. Peligrosidad PATRICOVA
 - 3.6. DPH y ZFP
4. Análisis de diferencias.
 - 4.1. Diferencias de calados. Futura – Actual. T=25 años
 - 4.2. Diferencias de calados. Futura – Actual. T=100 años
 - 4.3. Diferencias de calados. Futura – Actual. T=500 años